



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS DE LA SOSTENIBILIDAD

**PLAGA FORESTAL POR ESCARABAJOS DESCORTEZADORES Y EL
MARCO LEGAL PARA SU CONTROL: EL CASO DE LA RESERVA DE
LA BIOSFERA MARIPOSA MONARCA**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS DE LA SOSTENIBILIDAD

PRESENTA:
ALFREDO RAFAEL CAMARILLO LUNA

DIRECTOR DE TESIS:
DR. DIEGO RAFAEL PÉREZ SALICRUP
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD, UNAM

COMITÉ ASESOR:
DRA. MARISOL ANGLÉS HERNÁNDEZ
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES JURÍDICAS, UNAM
DRA. MARÍA ISABEL RAMÍREZ RAMÍREZ
CENTRO DE INVESTIGACIONES EN GEOGRAFÍA AMBIENTAL, UNAM

Morelia, Mich. Octubre de 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Coordinación de Estudios de Posgrado
Ciencias de la Sostenibilidad
Oficio: CEP/PCS/600/18
Asunto: Asignación de Jurado

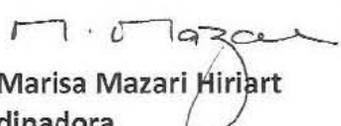
Lic. Ivonne Ramírez Wence
Directora General de Administración Escolar
Universidad Nacional Autónoma de México
Presente

Me permito informar a usted, que el Comité Académico del Programa de Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad, en su trigésimo séptima sesión del 12 de junio del presente año, aprobó el jurado para la presentación del examen para obtener el grado de **MAESTRO EN CIENCIAS DE LA SOSTENIBILIDAD**, del alumno **CAMARILLO LUNA ALFREDO RAFAEL** con número de cuenta **516017923** con la tesis titulada "Plaga forestal por escarabajos descortezadores y el marco legal para su control: el caso de la reserva de la Biósfera Mariposa Monarca", bajo la dirección del Dr. Diego Rafael Pérez Salicrup.

PRESIDENTE:	DRA. EK DEL VAL DE GORTARI
VOCAL:	DRA. MARIANA VALLEJO RAMOS
SECRETARIO:	DRA. MARÍA ISABEL RAMÍREZ RAMÍREZ
SUPLENTE 1:	DRA. MARISOL ANGLÉS HERNÁNDEZ
SUPLENTE 2:	DR. DIEGO RAFAEL PÉREZ SALICRUP

ATENTAMENTE,

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, Cd. Mx., 24 de septiembre de 2018.


Dra. Marisa Mazari Hiriart
Coordinadora
Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad, UNAM

AGRADECIMIENTOS

A la UNAM.

Al Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad, UNAM.

AL fondo CONACyT por la beca otorgada para mis estudios de Maestría.

Al proyecto IN209716 "Sinergias de disturbios naturales y humanos en bosques montanos en el oriente de Michoacán", financiado por el Programa de Apoyos de Investigación e Innovación Tecnológica, Universidad Nacional Autónoma de México, y al proyecto "Efecto de perturbaciones naturales y humanas en bosques de coníferas de la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca: Implicaciones para el manejo del fuego", financiado por el fondo SEP-CONACYT proyecto 154434.

Al Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, y al laboratorio de Ecología del Manejo de los Recursos Forestales a cargo del Dr. Diego R. Pérez Salicrup, por brindarme la infraestructura y las herramientas necesarias para realizar la investigación.

A la Dirección de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, por otorgar las autorizaciones requeridas para realizar el trabajo de campo y proveer de la información necesaria.

A los integrantes del Comité de Protección y Restauración del Concejo Forestal Regional IV Oriente, y ejidatarios de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, por brindar información indispensable para este trabajo.

A mis compañeros de laboratorio, en especial a Karla, Katia, Eduardo y Rubén, quienes resolvieron muchas de mis dudas. De igual forma un profundo agradecimiento a Leonardo Martínez y Teodoro Carlón, quienes siempre mostraron paciencia y disposición para atender las múltiples consultas que constantemente les realice para la elaboración de este trabajo.

A mi comité asesor Dr. Diego R. Pérez Salicrup, Dra. María Isabel Ramírez Ramírez y Dra. Marisol Anglés Hernández, por su apoyo, paciencia y asesoría en la realización de este trabajo de investigación. Y a mi comité externo, la Dra. Ek del Val y la Dra. Mariana Vallejo por aceptar ser las revisoras de este trabajo y sus valiosas aportaciones.

DEDICATORIA

A Sofia y Darío.

AGRADECIMIENTOS PERSONALES

A mis padres y hermanos, por su amor, confianza y apoyo constante, sin ellos jamás hubiera podido continuar.

A Jael y Víctor por su motivación y hospitalidad.

A mis tíos Sergio y Marisol, por sus ejemplo y cariñosas atenciones.

A mi tía Flor, por el amor compartido, siempre estás en aquellas pequeñas cosas.

ÍNDICE

1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN	2
3. MÉTODOS	10
3.1. Área de estudio	10
3.2. Análisis espacial de la actividad de saneamiento por plaga de descortezadores.....	13
3.3. Análisis del marco legal establecido para la atención de plaga por insectos descortezadores.....	16
3.4. Percepción del fenómeno de la plaga y de la normatividad para su atención	17
4. RESULTADOS.....	19
4.1. Actividad de saneamiento por plaga de descortezadores, 2009 – 2015	19
4.2. Marco legal de atención a plaga por descortezadores	27
4.3. Percepciones del fenómeno de la plaga y de la normatividad para su gestión.....	35
5. DISCUSIÓN	38
6. CONCLUSIÓN.....	44
7. BIBLIOGRAFÍA	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplos de organismos de la subfamilia <i>Scolytinae</i>	3
Figura 2. El ciclo adaptativo de los sistemas socio-ecológicos.....	8
Figura 3. Ubicación y zonificación de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca.....	11
Figura 4. Áreas verificadas por actividad de saneamiento en la RBMM.....	15
Figura 5. Porcentaje de volumen (m ³) de madera saneada en la RBMM, por entidad federativa	20
Figura 6. Relación de metros cúbicos de madera saneada por zona de la RBMM y entidad federativa.....	20
Figura 7. Relación de volumen de madera afectada (m ³) por municipio en la RBMM (2009-2015)	21
Figura 8. Relación de especies de descortezador identificadas como causantes de los brotes de infestación en la RBMM.....	22
Figura 9. Porcentaje de árboles por género saneados en la RBMM por plaga de descortezadores.....	22
Figura 10. Número total de árboles por especie del género <i>Pinus</i> saneados en la RBMM.....	23
Figura 11. Distribución y volúmenes de madera saneada en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca periodo de 2009 – 2015 y formación arbórea.....	24
Figura 12. Distribución altitudinal de la actividad de saneamiento en la RBMM	25
Figura 13. Relación anual de meses con algún grado de sequía y volumen de madera saneado por descortezadores en la RBMM	26
Figura 14. Volumen (m ³) anual de madera saneada por plaga de descortezadores en la RBMM.....	27
Figura 15. Gráfica que muestra la moda de las respuestas por tema y gremio	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diagrama de metodología	10
Tabla 2. Número de notificaciones de saneamiento en la RBMM, polígonos a los que hacen referencia y áreas verificadas.	13
Tabla 3. Temas evaluados en el cuestionario y número de reactivos por tema.	17
Tabla 4. Valores de la escala empleada para el análisis del cuestionario	18
Tabla 5. Relación de dependencias encargadas de la sanidad forestal y las leyes expedidas.....	28
Tabla 6. Pasos establecidos y tiempos de acción y respuesta en los temas de sanidad forestal.....	34
Tabla 7. Moda de respuestas al cuestionario de cada gremio, por tema y reactivo	37

1. RESUMEN

El reciente aumento en la frecuencia y severidad de infestaciones por escarabajos descortezadores en bosques de norte y centro América se ha relacionado con los cambios climáticos globales que afectan al planeta. En México, los descortezadores son la principal plaga forestal y las acciones de saneamiento para su control son determinadas por un marco legal específico. La efectividad de éste depende de las consideraciones ecológicas en su diseño y de su aceptación social. El sistema socio-ecológico del área natural protegida Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, ha sido recurrentemente afectado por esta plaga. El objetivo de esta investigación fue identificar las características espacio-temporales que ha tenido la actividad de saneamiento por descortezadores en dicha reserva, identificar elementos relevantes en la gestión de la plaga así como conocer, a escala regional, la percepción del marco legal, por parte de los actores involucrados. Para ello, mediante herramientas de información geográfica, se analizaron los registros georreferenciados de autorizaciones de saneamiento por plaga de descortezadores en el periodo 2009-2015. Se documentó la normatividad mexicana sobre la gestión de la plaga y se identificaron los actores involucrados y sus competencias. Posteriormente se aplicó un cuestionario para evaluar la percepción que estos actores tienen sobre la plaga y la normatividad establecida para su control. Los resultados muestran que el 82% del volumen de madera saneada durante el periodo de observación (35 406 m³) pertenece a la zona núcleo de la reserva; de este volumen el 97% corresponde al estado de Michoacán, principalmente a los municipios de Angangueo y Ocampo. Se aprecia una disminución gradual en la actividad de saneamiento en el tiempo analizado. La actividad de saneamiento podría estar influenciada por factores socio-económicos locales y por lo tanto no representar el impacto real de la plaga en el área de estudio. La normatividad aunque ha mostrado avances en aspectos técnicos, no establece un periodo de tiempo para la emisión de autorizaciones de saneamiento que garanticen la pronta acción. Se encontró que los dueños de los predios desconocen la normatividad y que los técnicos forestales la consideran ineficiente, sólo los funcionarios públicos la perciben adecuada. Lo establecido en el marco legal para el control de la plaga puede funcionar como una alternativa para evadir las restricciones de realizar aprovechamiento forestal en la zona núcleo de la reserva de la biosfera, al permitir la extracción de los recursos maderables tratados por infestaciones de descortezadores.

2. INTRODUCCIÓN

El aumento en el número y severidad de eventos de infestación por escarabajos descortezadores en las últimas dos décadas, han derivado en el declive de miles de hectáreas de bosques de coníferas en el norte y centro del continente americano, incluidas algunas regiones de nuestro país (Burton, 2010; INE, 1979; Salinas-Moreno *et al.*, 2010; Billings *et al.*, 2004). Este hecho ha sido asociado a alteraciones climáticas relacionadas con el calentamiento global (Pérez-Miranda, 2013; Sáenz-Romero *et al.*, 2015; Rubin-Aguirre *et al.*, 2015). Las afectaciones por algunas especies escarabajos descortezadores del género *Dendroctonus* han generado que en nuestro país sea considerada la principal plaga forestal.

El término plaga, es un concepto antrópico que se encuentra estrechamente relacionado con la actividad productiva más que con las implicaciones ecológicas, por lo tanto, en la concepción economicista actual se entiende por plaga a cualquier organismo que afecte la cantidad o calidad de producción agropecuaria generando pérdidas económicas a los productores (Pérez, 2012). Con relación a los recursos forestales, la NOM-019-SEMARNAT-2006 define el término plaga como "cualquier especie, raza, biotipo vegetal o animal o agente patógeno dañino que ponga en riesgo los recursos forestales, el medio ambiente, los ecosistemas o sus componentes" (SEMARNAT, 2008). En México la atención a la plaga por descortezadores se encuentra regulada por un marco legal, entendido como el conjunto de leyes, reglamentos y acuerdos jurídicos, que establece las acciones y la distribución de competencias en la prevención y contención de los brotes de infestación por descortezadores. En la normatividad se establece como un foco de infección de plaga por escarabajos descortezadores, a tres o más árboles con presencia de poblaciones bien establecidas de descortezadores en cualquier etapa de desarrollo, en una superficie menor a mil metros cuadrados (SEMARNAT, 2018).

Los descortezadores son un grupo de coleópteros (escarabajos) de la subfamilia *Scolytinae* (Familia *Coleoptera*, Orden *Curculionidae*), los cuales pueden causar la muerte de los árboles al excavar galerías debajo de la corteza para alimentarse de los tejidos encargados del transporte de agua y nutrientes en el árbol (xilema y floema), reproducirse y depositar sus huevecillos (Cibrián *et al.*, 1995; Christiansen *et al.*, 1987; Hulcr *et al.*, 2015). Una de

las consecuencias de esa actividad es que la corteza de los árboles se afloja y se puede caer completamente, por ello su nombre común (Atkinson, 2012). Estos insectos en estado adulto, son escarabajos pequeños que miden entre 3 y 9 mm según la especie (Figura 1).

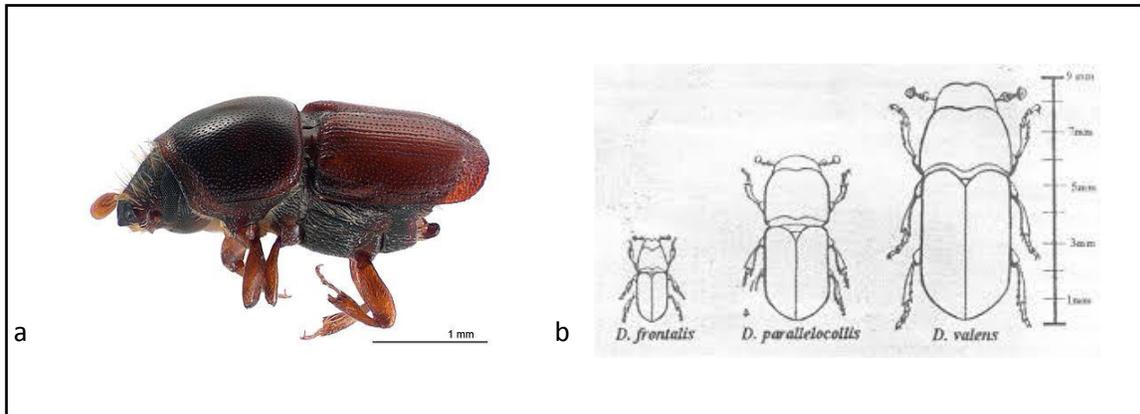


Figura 1. Ejemplos de organismos de la subfamilia Scolytinae

a) Fotografía lateral de *Scolytus multistriatus*, tomado de www.naturalista.mx/taxa/53550-Scolytus. b) Diferentes medidas de descortezadores del género *Dendroctonus*, tomado de Cibrián et al. 1995.

Durante su desarrollo presentan metamorfosis, abarcando los estados de huevo, larva, pupa y adulto, pudiendo presentar de una a ocho generaciones por año, dependiendo de la especie y de la ubicación geográfica (Sánchez-Martínez *et al.*, 2007). En México se reportan principalmente dos épocas reproductivas de estos insectos: época fría-seca (octubre-enero) y época caliente-seca (febrero-mayo) (INE, 1979). La subfamilia *Scolytinae* es el grupo más relevante de los escarabajos que afectan a las coníferas y ha evolucionado principalmente en los bosques de México y Norteamérica (Cibrián *et al.*, 1995; Christiansen *et al.*, 1987). Algunas de las especies de esta subfamilia se clasifican como “agresivas o primarias”, y “no agresivas o secundarias”, distinguiéndose entre sí porque las primarias tienen la capacidad, mediante la liberación de semioquímicos, de adoptar conductas gregarias y lograr infestaciones masivas con el potencial de superar las defensas de las especies de coníferas, y logran colonizar árboles sanos hasta provocar su muerte; mientras que las especies secundarias se limitan a infestar árboles que presentan debilitamiento avanzado y su ataque no provoca la muerte del arbolado por sí mismo (Vázquez Collazo *et al.*, 2006; Salinas-Moreno *et al.*, 2010). En la mayoría de los casos, los escarabajos descortezadores tienen densidades poblacionales bajas, por lo que pueden incluso desempeñar funciones ecológicas importantes al inducir la selección natural, al

provocar el declive del arbolado más susceptible a estrés, el reciclaje de nutrientes y permitir la sucesión vegetal (Stark, 1982). Sin embargo, el potencial de las especies primarias para desarrollar poblaciones epidémicas, capaces provocar la muerte de árboles sanos, puede alterar drásticamente el estado y la función de los ecosistemas forestales en grandes áreas (Christiansen *et al.*, 1987). Los brotes en Estados Unidos y Canadá, ocurridos en las dos últimas décadas, son los más grandes y severos de los que se tiene registro (Bentz *et al.*, 2010), estos brotes se han relacionado con episodios atípicos de sequía y aumento de temperatura (Creeden *et al.*, 2014).

Los reportes de infestaciones por descortezadores en México datan desde 1903, acrecentándose en la década de 1950, lo que detonó de manera considerable el número de registros por focos de infestación en la década de 1960 (Islas-Salas, 1980). En 1979 se reportaban afectaciones de magnitud importantes (en algunos casos se registró el volumen de madera afectado y en otros área afectada) en los estados de Guerrero (10 mil ha), Oaxaca (100 mil m³) y Michoacán (33 516 m³); de igual forma en Nuevo León y Chiapas se reportaron afectaciones importantes aunque no se precisaron unidades de afectación (INE, 1979). En el periodo de los años 1994 al 2000 se reportaron un total de 28,223 ha afectadas por descortezadores en el país (FAO, 2005). Además, se cuenta con información que ha permitido identificar a los géneros *Dendroctonus* y *Scolytus* como los de mayor importancia en México (Napoles *et al.*, 1997). Algunas especies de estos géneros han sido documentadas en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca (CONANP, 2001; Hernández-Ortiz, 2013), las cuales, a pesar de ser especies nativas, pueden aumentar rápidamente el tamaño de sus poblaciones y afectar drásticamente las masas forestales de coníferas. El género *Dendroctonus* se presenta en todos los sistemas montañosos del país (Salinas-Moreno *et al.*, 2004). A pesar de los pronósticos de cambio climático y sus impactos en los bosques templados, los estudios sobre la distribución espacio-temporal de infestaciones por escarabajos descortezadores son escasos en México (del-Val y Sáenz-Romero, 2017).

Debido a la importancia de la problemática que representan las plagas forestales en los bosques de clima templado en nuestro país, se cuenta con un marco legal regulatorio para su atención. Las acciones para la contención de la plaga no pueden ser decididas por el dueño o poseedor del predio afectado, debido a que para implementar cualquier medida de sanidad, es necesaria la autorización de las instituciones que regulan el manejo forestal y la supervisión de las instancias encargadas de los aspectos operativos (Sánchez-Martínez et al., 2007). Por lo tanto, el establecimiento del marco legal adecuado representa un aspecto social relevante en la manera en que la plaga se comporta en los bosques, ya que las relaciones en la sociedad determinan, muchas veces, el nexo entre sociedad y naturaleza. Técnicamente, las normas ambientales se ocupan de regular dichas relaciones (Brañes, 2000).

En consecuencia, el análisis de la normatividad es necesario ya que algunas políticas gubernamentales bien intencionadas pueden resultar en la indeseada aceleración de la degradación de los recursos naturales, pese al interés de los usuarios de tener un manejo sostenible de ellos (Ostrom, 2009). Asimismo, lo establecido en las políticas y legislación para prevención de afectaciones por el calentamiento global, pueden no reflejarse en las prácticas y programas de manejo forestal (FAO, 2012). El establecimiento de la normatividad ambiental representa un proceso de cambio que consiste en definir bajo qué condiciones técnicas es admisible llevar a cabo actividades concretas (Azuela, 2006). Este es el caso de las normas oficiales, las cuales determinan las condiciones técnicas en las que se debe realizar el combate y control de plaga por insectos descortezadores. Las Normas Oficiales Mexicanas (NOMs) son expedidas por el poder ejecutivo (presidente de la república) mediante el ejercicio de la Facultad Reglamentaria, con la finalidad de precisar las leyes que emanan del congreso, para su exacta observancia en la esfera administrativa (Huerta, 1998). Las NOMs, por lo tanto, son normas jurídicas generales que actúan como un acto administrativo, y que son creadas por la administración pública (Huerta, 1998). De las diferentes plagas y enfermedades forestales presentes en nuestro país, la normatividad para el control de descortezadores es la única que cuenta con una norma oficial mexicana propia (NOM-019-SEMARNAT-2006). La aplicación de la norma tiene vigencia en toda la república y es obligatoria para los dueños de los predios. Las acciones únicamente deben realizarse previa notificación de la autoridad correspondiente y bajo la supervisión de

instancias federales. Por lo tanto, el marco legal establecido representa una manera directa de intervención en esta problemática forestal, toda vez que el cruce entre lo ambiental y lo social pasa necesariamente por el ámbito jurídico. No obstante, la aplicación y eficiencia de la legislación radica, en gran medida, en la manera en que esta normatividad es aceptada, pues la aplicación y perdurabilidad de cualquier norma ambiental depende principalmente del modo en que es percibida por los actores involucrados, más que en su capacidad de satisfacer la opinión los especialistas (Azuela, 2006). La aplicación efectiva de la normatividad ambiental tiene gran relevancia en la adaptación a las nuevas condiciones en el manejo de los recursos naturales al establecerse una Área Natural Protegida en predios donde el centro de la actividad económica es el aprovechamiento de los recursos naturales.

En México, el modelo de ANP con categoría de Reserva de la Biosfera se comenzó a utilizar en 1975, y una de sus características principales es que busca incorporar en su manejo la problemática socioeconómica de las comunidades que las habitan (Halfpter, 1984). La Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca (RBMM) es el sitio de hibernación de la mariposa monarca (*Danaus plexippus*) durante su ciclo migratorio (CONANP, 2001). La protección de dicho ciclo es objeto de acuerdos internacionales ente Canadá, Estados Unidos y México (Comisión para la Cooperación Ambiental, 2008). La pérdida de cobertura forestal en la RBMM es considerada una de las principales amenazas al ciclo migratorio de la mariposa monarca (Brower *et al.*, 2012) ya que a pesar de los decretos que se han emitido para proteger el hábitat de hibernación de la monarca en México, la pérdida de los bosques que le sirven de refugio invernal no se ha frenado (Ramírez *et al.*, 2015). En el año 2006 se reportó que en los 20 años previos se tenía una pérdida de 10,500 ha de bosque, lo que representa un quinto de la superficie de la RBMM (Ramírez *et al.*, 2006) y se reporta una tasa anual de pérdida de cubierta forestal de entre 2.28 y 1.61% (Navarrete *et al.*, 2011). Una de las causas que se ha identificado para explicar ésta pérdida es que, pese a tener en consideración las necesidades de los habitantes de la zona, el establecimiento de una ANP implica la imposición de medidas que impiden o restringen algunas actividades encaminadas al aprovechamiento de los recursos naturales, lo que genera resistencia y conflictos con los pobladores (Brenner, 2009).

La RBMM fue establecida en terrenos que en su mayoría son de propiedad privada comunitaria (llamada propiedad social), con una población fundamentalmente rural caracterizada por altos niveles de pobreza, cuyas actividades económicas han sido históricamente la agricultura, la cría de ganado de autoconsumo y el aprovechamiento forestal (Champo-Jiménez *et al.*, 2012). El efecto de la restricción de estas actividades económicas asociada a la creación del ANP, se ha manifestado, en algunos casos, en el aumento de la tala clandestina (Merino-Perez y Hernandez, 2004), y consecuentemente en el mal manejo forestal. De acuerdo con su Programa de Manejo, en la RBMM se encuentran especies primarias de los géneros *Dendroctonus* y *Scolytus*, consideradas como las principales plagas que afectan la integridad de sus bosques. Para los árboles de oyamel (*Abies religiosa*), se reportan las especies *Scolytus mundus*, *S. aztecus* y *Pseudohylesinus variegatus*; y para los árboles de pino (*Pinus spp.*) las especies de escarabajo *Dendroctonus mexicanus*, *D. adjunctus*, *D. parallellocollis* y *D. valens*. (CONANP, 2001). Aunado a esto, es necesario considerar los pronósticos de afectación por el cambio climático, ya que en la RBMM se ha proyectado una tendencia al aumento de temperatura y periodos prolongados de aridez en las próximas décadas (Islas-Báez *et al.*, 2015; Pérez-Miranda, 2013; Sáenz-Romero *et al.*, 2015), generando potencialmente estrés en el arbolado, y favoreciendo el desarrollo de plagas.

La problemática generada por la infestación de escarabajos descortezadores en la RBMM presenta características, que hacen necesario su abordaje desde un enfoque que permita la integración de los subsistemas social y ecológico. Los Sistemas Socio-Ecológicos (SSE) son definidos como un entramado de relaciones sociales en torno a recursos, donde interactúan las variables sociales y ecológicas (Ostrom, 2009) y son considerados la unidad analítica del desarrollo sostenible (Gallopín, 2006). Los SSE son considerados sistemas adaptativos complejos (Urquiza y Cadenas, 2015), debido a la gran cantidad de variables que influyen en ellos. Estas variables convergen en un número menor de procesos de control, algunos de ellos son determinantes para que el sistema mantenga la capacidad de auto-organización o resiliencia después de un disturbio. A estos procesos se les denomina procesos críticos.

El ciclo adaptativo en los sistemas socio-ecológicos es un modelo que se ha propuesto para explicar los cambios no lineales en las estructuras y funciones de los sistemas que tienen

lugar por sus dinámicas internas y las influencias externas (Walker *et al.*, 2006). Estos ciclos se caracterizan por presentar cuatro etapas: crecimiento (r), conservación (k), liberación (Ω) y reorganización (α) (Figura 2). Estas cuatro etapas, se agrupan en dos fases, una de ellas identificada como la fase de sucesión ecológica ($r-k$) y fase denominada destrucción creativa ($\Omega-\alpha$). La primera se caracteriza por ser un proceso lento y un tanto predecible, la segunda en cambio, puede ocurrir rápidamente y es muy impredecible (Holling, 2001). Ésta última, es de gran relevancia, ya que en ella es cuando el sistema presenta mayor susceptibilidad al cambio y a las intervenciones (Allen *et al.*, 2014).

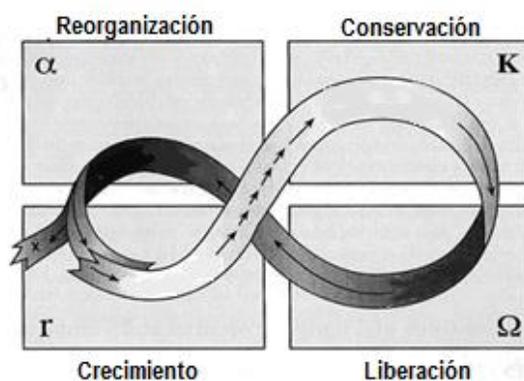


Figura 2. El ciclo adaptativo de los sistemas socio-ecológicos. Fuente: Holling (2001)

Muchos sistemas parecen adecuarse a estas cuatro fases del ciclo adaptativo, incluidos los SSE (Walker *et al.*, 2006). Por ello, mediante la comprensión de los ciclos adaptativos, parece posible identificar puntos en los que un sistema es capaz de aceptar un cambio positivo y fomentar la resiliencia y por lo tanto la sostenibilidad de un SSE (Holling, 2000). El marco legal es un producto emergente de un sistema social complejo: el sistema legal. Éste comprende una multitud de actores e instituciones que interactúan y se modifican con el tiempo (Ruhl, 2012). Particularmente, las leyes administrativas son una variable crucial para que las sociedades se adaptan y transformen en respuesta a los cambios en los vínculos socio-ecológicos (Armitage, 2013). En el contexto de los SSE, el establecimiento de un marco legal puede constituir un proceso crítico, ya que en él convergen los actores involucrados, normalizando sus acciones para la gestión de la plaga por descortezadores. De esta manera, presenta el potencial para fomentar o inhibir mejoras en las condiciones ambientales y sociales.

El reto que plantea la problemática ambiental que representa la plaga por descortezadores en la RBMM ante un probable escenario cambiante, es anticipar las acciones necesarias para contrarrestar los efectos adversos. En este sentido, el establecimiento de un marco legal efectivo debe basarse en los principios generales de conservación de los recursos naturales, pero adaptado a las condiciones locales para lograr la aceptación de los actores involucrados. De igual forma dadas las complejas y específicas interacciones ecológicas que existen entre los insectos descortezadores y sus árboles hospederos, se vuelve indispensable fortalecer el conocimiento local de los efectos atribuidos a la plaga, para la toma de decisiones.

Argumentando que las interacciones entre los distintos elementos deben ser estudiados de manera conjunta para tener una mayor comprensión de la problemática, en la gestión de la plaga por descortezadores en la RBMM, esta investigación tiene como objetivo general caracterizar la actividad de saneamiento en la RBMM, analizar las normas gubernamentales y la percepción social sobre la gestión de la plaga.

Por ello teniendo como base la hipótesis de que la distribución e impacto por infestación de descortezadores se ha modificado espacialmente por efecto del cambio climático, esta investigación tiene como objetivos particulares (1) caracterizar espacialmente la actividad de saneamiento por descortezadores en la RBMM, (2) reconocer las especies de descortezadores que reportan mayor presencia y las especies hospederas afectadas por la plaga; y (3) identificar tendencias de aumento o disminución en la actividad de saneamiento y su relación con el tiempo atmosférico y la altitud. Bajo la hipótesis de que el marco legal debe ser modificado para adaptarse a las condiciones emergentes que supone un escenario cambiante, se plantea además (4) identificar modificaciones en la normatividad relevantes en la gestión de plaga por descortezadores y (5) evaluar, la percepción de los personajes del gremio forestal con relación a la plaga y a la normatividad establecida para el control de los brotes de plaga.

3. MÉTODOS

La metodología se realizó en cuatro etapas (Tabla 1).

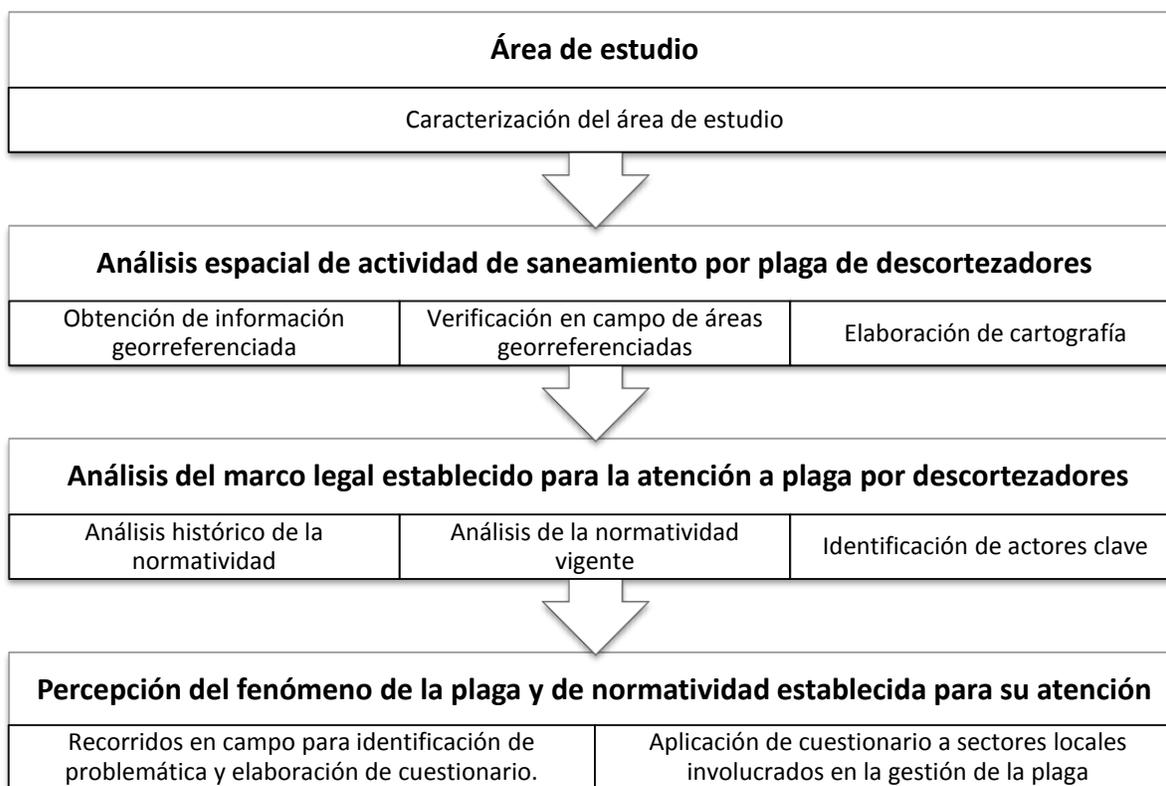


Tabla 1. Diagrama de metodología

3.1. Área de estudio

La RBMM se localiza en las montañas del Eje Neovolcánico Transversal en los estados de México y Michoacán (Figura 3), su superficie se encuentra distribuida en diez municipios: Donato Guerra, San José del Rincón (antes perteneciente al municipio de San Felipe del Progreso), Temascalcingo y Villa de Allende en el Estado de México; y Angangueo, Aporo, Contepec, Ocampo, Senguio y Zitácuaro en el estado de Michoacán (SEMARNAP, 2000). Las coordenadas geográficas extremas son: 19°59'42'' y 19°18'32'' latitud Norte; y 100°06'39'' y 100°22'26'' longitud Oeste (Navarrete *et al.*, 2011).

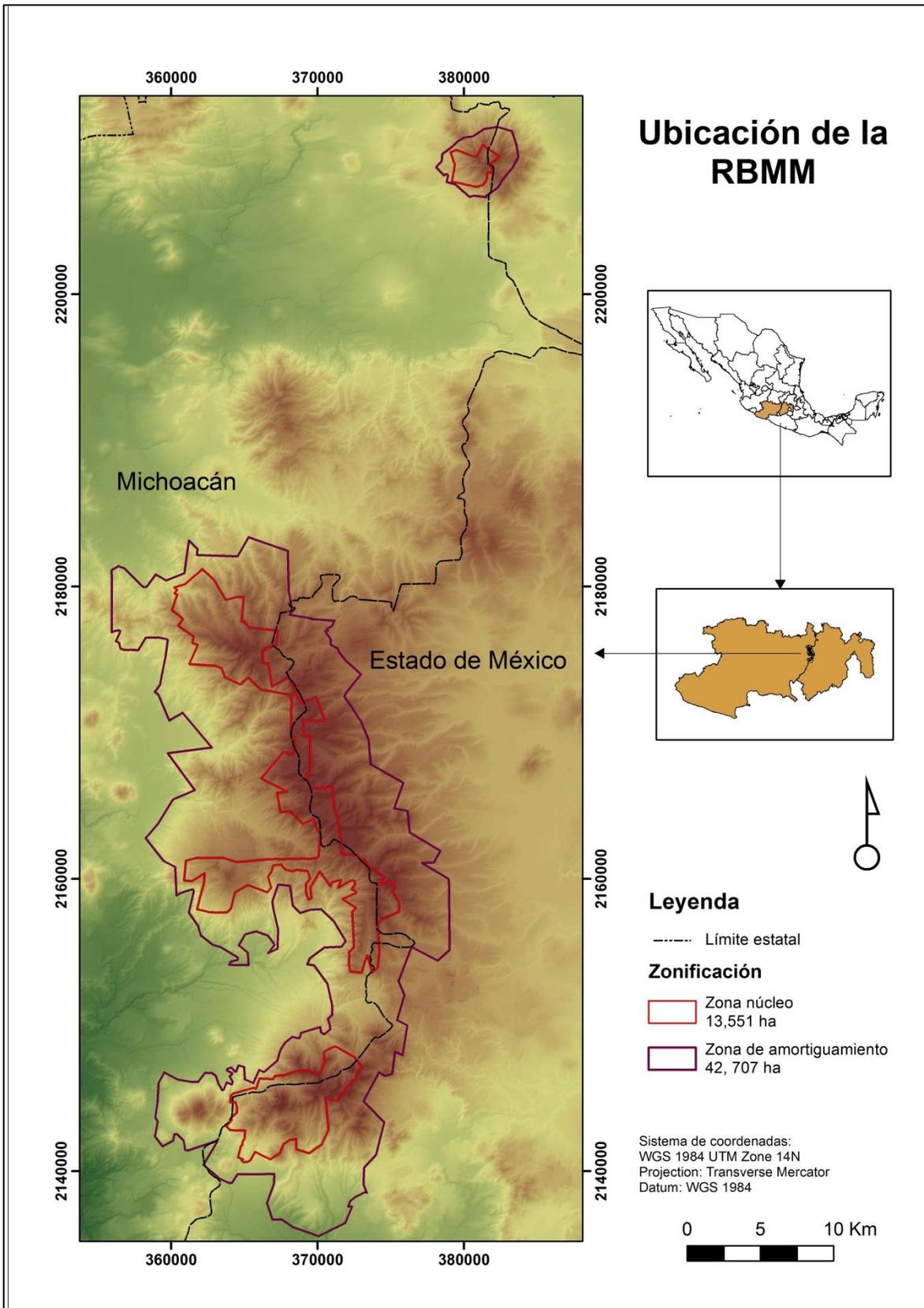


Figura 3. Ubicación y zonificación de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca

La RBMM se encuentra principalmente en predios de propiedad comunal (régimen social o propiedad colectiva), distribuida en núcleos agrarios, de los cuales cincuenta y siete son ejidos, trece comunidades indígenas, una propiedad federal, una propiedad estatal, y algunos predios en régimen de pequeña propiedad (CONANP, 2001).

La región presenta una densidad poblacional elevada y altos niveles de pobreza (Merino, 1999). Según el último censo poblacional realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en el año 2010 se registró una población total de 480 954 habitantes en los municipios en que se encuentra la RBMM, y de ellos 27 346 habitan dentro del área de la RBMM. Entre estos habitantes se incluyen poblaciones con ascendencia de las culturas matlatzinca, mazahua, otomí (CONANP, 2001) y población que no se asocia a ningún grupo originario.

Las principales actividades económicas que realizan los habitantes de la RBMM son la extracción forestal, la agricultura y la cría de ganado menor (CONANP, 2001). En los últimos años se ha desarrollado el turismo como una actividad económica alternativa, la cual representa una fuente ingresos económicos y generación de empleos temporales. No obstante, las ganancias económicas derivadas de esta última actividad son limitadas y en algunos casos ha generado desigualdades sociales y conflictos entre la población (Brenner y San-German, 2012), ya que la implementación de las políticas de turismo no se han consolidado debido a la falta de comunicación y de participación de los distintos órdenes de gobiernos y sectores sociales (Esquivel-Ríos *et al.*, 2014).

Los suelos presentes en la RBMM son principalmente andosoles, acrisoles y luvisoles, considerados como inadecuados para la agricultura, pero aptos para el desarrollo de las actividades forestales (Ramírez *et al.*, 2007). La vegetación arbórea que predomina en la zona es el bosque de coníferas, con tres principales tipos de bosques de coníferas, con la siguiente distribución potencial, con base al gradiente altitudinal: Bosque de Oyamel, dominado por *Abies religiosa*, y que cubre 12.7% de la reserva en elevaciones superiores a los 3 150 msnm; bosque de Pino-Oyamel que cubre 26.8% de la RBMM entre los 2 850 y los 3 150 msnm; y bosque de Pino, dominado por *Pinus pseudostrabus*, cubriendo el 32.8% de la reserva, y ubicado por debajo de los 2 850 msnm, estos bosques en algunas áreas se encuentran en codominancia con especies de los géneros *Cupressus* y *Quercus* (CONANP, 2001; Sáenz-Ceja, 2015).

3.2. Análisis espacial de la actividad de saneamiento por plaga de descortezadores

Mediante la Plataforma Nacional de Transparencia del Gobierno Federal (www.infomex.org.com.mx), solicité a la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) los registros georreferenciados de las autorizaciones de saneamiento forestal por plaga de descortezadores en la RBMM, el volumen de manera afectada por la plaga, especies hospederas afectadas y especies de descortezadores reportadas, asociadas a los registros de sanidad. La información fue proporcionada en archivos Excel, con registros completos de las anualidades del periodo 2009-2015.

Las series de coordenadas proporcionadas por la CONAFOR se encontraban agrupadas en conjuntos. Cada conjunto contenía un número determinado de coordenadas numeradas de manera ascendente. Con la numeración de cada conjunto tracé, en el programa ArcMap 10.2., los polígonos correspondientes a las áreas de los rodales donde fue autorizada la actividad de saneamiento forestal, por plaga de descortezadores.

Al compilar y analizar los datos georreferenciados proporcionados por la CONAFOR sobre las áreas saneadas en la RBMM, obtuve una base de datos depurada con 2 542 coordenadas Geográficas y 523 en formato UTM, que hacen referencia a 320 rodales saneados, documentados en sesenta y seis notificaciones, correspondientes a las anualidades 2009-2015 (Tabla 2).

Tabla 2. Número de notificaciones de saneamiento en la RBMM, polígonos a los que hacen referencia y áreas verificadas.

Año	Notificaciones	Polígonos	Áreas verificadas
2009	14	30	-
2010	4	5	-
2011	12	47	-
2012	10	50	-
2013	14	51	5
2014	4	31	4
2015	8	106	5
Total	66	320	14

Posteriormente los polígonos generados fueron sobrepuestos a los mapas digitales de entidades federativas, municipios, comunidades y ejidos para identificar espacialmente las áreas con mayor afectación por presencia de brotes de infestación por escarabajos descortezadores en la RBMM.

Para obtener una sola proyección de la RBMM que permitiera visualizar la actividad de saneamiento de todos los años analizados, y evitar la superposición de las áreas saneadas en los diferentes años, generé centroides de cada uno de los polígonos. Éstos fueron relacionados con el volumen de madera afectada durante cada evento de infestación, para después sobreponerlos al mapa de distribución potencial de vegetación de bosques de coníferas de la RBMM, elaborada por Sáenz-Ceja, (2015), y observar el tipo de bosque donde ha sido más frecuente la actividad de saneamiento.

De igual forma los centroides fueron sobrepuestos al mapa de elevación de la RBMM, para identificar alguna tendencia altitudinal en la distribución de la actividad de saneamiento. Identifiqué los municipios y áreas con mayor actividad de saneamiento por plaga de descortezadores. La información de estos municipios, la relacioné con el volumen de madera saneado y el número de meses al año con algún grado de sequía, de acuerdo al índice del Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 2017), el cual considera temperatura, precipitación y salud vegetal.

Una vez identificados los predios en las que se presentó mayor actividad de saneamiento, realicé visitas a campo para verificar la existencia de evidencias (tocones¹) de actividad de saneamiento. Durante los recorridos para la identificación de brotes de plaga, los prestadores de servicio técnico forestales acuden en compañía de personal de alguna dependencia gubernamental competente, para que éste último determine cuáles son los árboles infestados que deben ser tratados. Los árboles seleccionados son marcados con un martillo, cuya marca identifica al prestador de servicios técnico responsable de realizar las actividades de saneamiento. Dicha actividad consiste en el derribo y descortezado del arbolado infestado por la plaga. Por ello verifiqué que dentro de las áreas registradas como saneadas existieran tocones con marcas de martillo y corroboré con propietarios de los predios si identificaban las áreas registradas por la CONAFOR como rodales saneados. Para esta tarea seleccioné áreas de los años 2013, 2014 y 2015, por ser los años en que

¹ Parte del tronco de un árbol que queda unida a la raíz cuando lo cortan en pie.

podría encontrar evidencia reciente de la actividad de saneamiento y aumentar la posibilidad de que los propietarios recordaran con precisión las áreas saneadas. Por cada ejido seleccioné únicamente polígonos de un año en particular y que no se superpusieran con los de otros años. Los polígonos de las áreas seleccionadas fueron ingresados en un geoposicionador satelital (Garmin, modelo: gpsmap 64s), para delimitar las áreas que posteriormente verifiqué en campo. Se visitaron tres ejidos de los cuatro en los que concentra la mayor actividad de saneamiento por plaga de descortezadores, donde recorrí por lo menos el 15% del número total de áreas con registro de saneamiento por cada ejido en el año correspondiente. En total, verifiqué 14 áreas con registro de saneamiento: cinco en el Ejido Cerro Prieto saneadas en el año 2013, cuatro en Ejido Santa Ana del año 2014 y cinco en el Ejido Los Remedios del año 2015, (Figura 4).

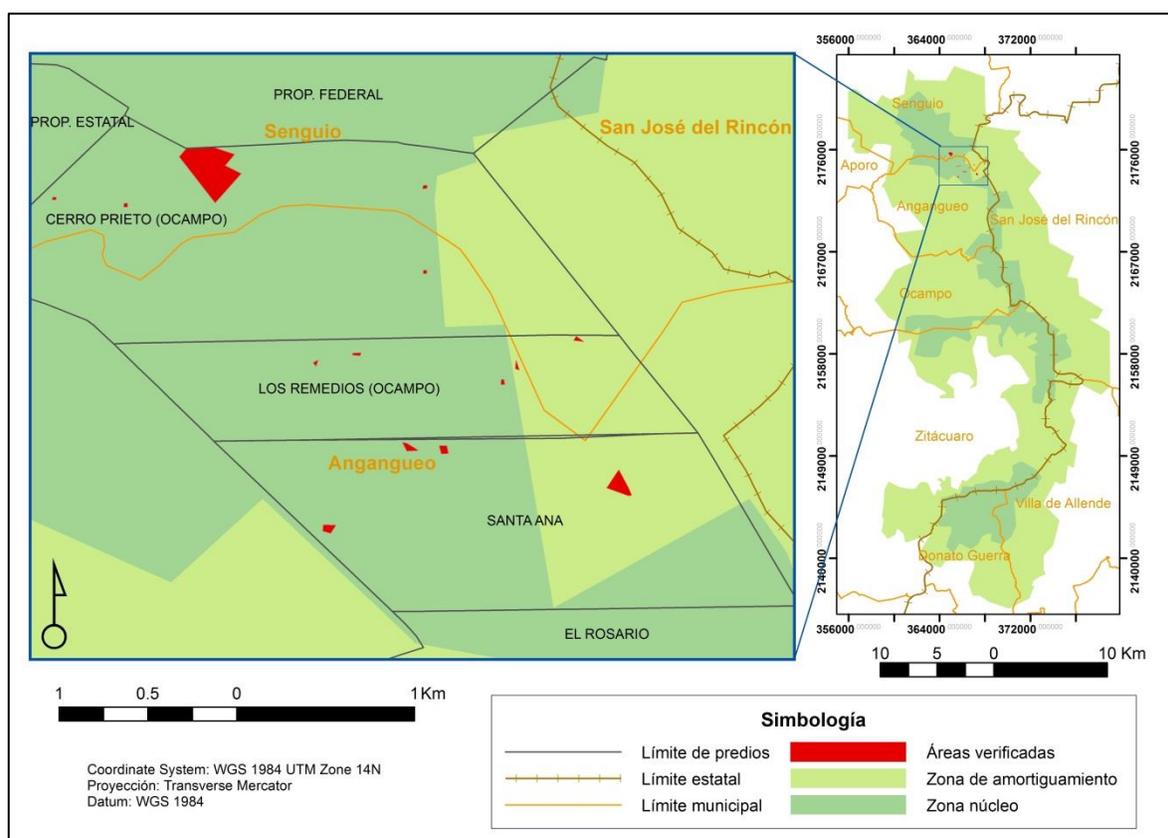


Figura 4. Áreas verificadas por actividad de saneamiento en la RBMM

Finalmente, una vez realizados los recorridos en campo y verificada la confiabilidad de la información, se procedió a la elaboración de cartografía de la actividad de saneamiento de la RBMM con base a los registros de sanidad proporcionados por la CONAFOR.

3.3. Análisis del marco legal establecido para la atención de plaga por insectos descortezadores

Realicé una investigación documental de las diferentes disposiciones en las cuales fueron establecidas las medidas de sanidad forestal. Para dicho fin, revisé las leyes forestales que han sido expedidas en el país (Ley Forestal de 1926, 1943, 1948, 1960, 1986, 1992 y 2003), así como su reglamentación en los casos en que se contaba con ella. Los documentos fueron consultados en el portal digital del Diario Oficial de la Federación (<http://www.dof.gob.mx>). Esta revisión tuvo como finalidad identificar factores que consideramos relevantes en la elaboración de la normatividad, como la distribución de competencias, los actores involucrados y los cambios en la dinámica de la atención a la plaga por descortezadores que pudieran haber ocurrido a través del tiempo.

Posteriormente, realicé una revisión y análisis de la normatividad vigente para identificar a los actores e instituciones gubernamentales involucradas, así como su función en las acciones de contención de la plaga. De igual forma investigué los tiempos establecidos en el proceso de detección y control de los focos de infestación para compararlos con el periodo de tiempo que les lleva completar el ciclo de vida a las principales especies de descortezadores primarios identificadas en los registros de la CONAFOR, en la RBMM. Con esa finalidad, seleccioné la normatividad jurídica de mayor relevancia en el tema. Las disposiciones consultadas fueron las siguientes:

- Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Medio Ambiente (LGEEPA)
- Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Medio Ambiente en Materia de Áreas Naturales Protegidas (RLGEEPAANP)
- Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS)
- Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (RLGDFS)
- Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca (PMRBMM)
- Norma Oficial Mexicana (NOM-019-SEMARNAT-2006)
- Ley Federal de Sanidad Vegetal (LFSV), y
- Código Penal Federal (CPF).

Además, revisé documentos diversos expedidos por la SEMARNAT y la CONAFOR que se relacionan con la sanidad forestal e incluyen el control de plaga por descortezadores, así como textos científicos relacionados con el tema.

3.4. Percepción del fenómeno de la plaga y de la normatividad para su atención

Durante las visitas a campo para la verificación de actividad de saneamiento, sostuve conversaciones con los representantes ejidales que nos acompañaron a realizar los recorridos en sus predios. En estas charlas abordé de manera informal el tema de sanidad forestal para establecer un primer acercamiento sobre la percepción de la plaga en sus predios y las medidas que toman para contrarrestar su impacto. De esta manera logré identificar que algunos actores no conocen la normatividad y otros tienen una opinión negativa sobre la misma, estas ideas fueron empleadas para estructurar el cuestionario que posteriormente elaboré (Apéndice).

El cuestionario fue elaborado con base en las recomendaciones de Rojas-Soriano (2013), lo que incluye: tener claridad en las preguntas, evitar inducir las respuestas, evitar la formulación de preguntas incómodas, y usar palabras comprensibles para el público encuestado. Las preguntas formuladas tuvieron como objetivo conocer la percepción del público encuestado sobre el peligro que representa la plaga para los bosques en la región, así como del marco legal establecido para la gestión de plaga por descortezadores (Apéndice 1).

La elaboración del cuestionario se estructuró teniendo como base la escala Likert (Russel, 2006), la cual está integrado por reactivos, compuestos por enunciados que pueden ser preguntas, y opciones respuesta. Cada enunciado ofrece cinco opciones de respuesta de las cuales, dos son positivas y dos negativas, con distinta intensidad de atributo (muy positiva o positiva y negativa o muy negativa) y una opción de respuesta neutral. En la encuesta que apliqué, formulé nueve reactivos divididos en cinco temas (Tabla 3), el análisis de las respuestas lo realicé por temas y por reactivos.

Tabla 3. Temas evaluados en el cuestionario y número de reactivos por tema.

No. reactivos	Temas
2	Percepción del peligro que representa la plaga
2	Conocimiento de la normatividad establecida para la atención a descortezadores
2	Percepción sobre el procedimiento establecido
1	Percepción sobre los resultados de acuerdos en los consejos forestales
2	Viabilidad de la normatividad

Para el análisis de la encuesta, las respuestas a los enunciados fueron enumeradas del 1 al 5, donde 1 refleja la opción más negativa y cinco la opción más positiva, la opción tres representa la opción de respuesta neutral (Tabla 4). La escala empleada para el análisis de los datos es una escala ordinal, la cual tiene propiedades de magnitud e identidad, en donde los números representan una cualidad que mide y expresa si las observaciones tienen más o menos de esta cualidad que el resto de las observaciones (Orlandoni, 2010). El uso de este tipo de escala permite las operaciones estadísticas de mediana, moda y rango. Para el análisis de las respuestas utilicé la moda como medida de tendencia central, por ser la medida más representativa de los resultados.

Tabla 4. Valores de la escala empleada para el análisis del cuestionario, 2 y 4 representan valores intermedios

1	2	3	4	5
Muy negativo	Negativo	Neutral	Positivo	Muy positivo

Con la finalidad de obtener respuestas representativas fue necesario realizar una selección de informantes, los cuales fueron identificados en el marco legal y en las menciones de los dueños de los predios durante los recorridos en campo. Los actores identificados que tienen mayor relevancia en el tema de sanidad forestal son los siguientes: dueños de los predios, funcionarios públicos representantes de dependencias gubernamentales del sector ambiental y forestal (CONAFOR, SEMARNAT, CONANP, COFOM y PROBOSQUE), y prestadores de servicios técnicos forestales.

Para la aplicación del cuestionario acudí a una reunión del Comité de Protección Forestal Regional de la zona oriente del Estado de Michoacán, que incluye los municipios en los que se encuentra ubicada la RBMM en este estado. Aprovechando que a esta reunión asisten actores relacionados con el gremio forestal, como propietarios, técnicos forestales y representantes de las dependencias federales y estatales, allí mismo apliqué el cuestionario a 21 de los actores presentes.

Además acompañé a prestadores de servicios técnicos forestales y dueños de los predios en dos recorridos de campo para verificar la presencia de brotes de infestación por descortezadores en la RBMM, en donde conversé con los participantes y se les pidió respondieran el cuestionario. El primer recorrido se realizó el municipio de Senguio, donde

apliqué un total de seis cuestionarios incluyendo a ejidatarios, vecindados y prestadores de servicios técnicos forestales. El segundo recorrido fue realizado en la Comunidad Indígena San Juan Xoconusco, Estado de México, donde apliqué el cuestionario a siete comuneros. En total apliqué 34 cuestionarios (13 funcionarios, 7 técnicos y 12 propietarios).

4. RESULTADOS

4.1. Actividad de saneamiento por plaga de descortezadores, 2009 – 2015

En la verificación de actividad de saneamiento en campo, realizada en los predios de los ejidos Cerro Prieto (Angangueo y Senguio), Santa Ana (Angangueo), y Los Remedios (Angangueo y Senguio), pude observar en todas las áreas a las que hacían referencia los 14 polígonos, la presencia de tocones con marcas de espejeo y martillo, características del marcaje de arbolado para su derribo en programas de aprovechamiento y saneamiento, en algunas áreas incluso permanecían abandonados trozos de troncos derribados y descortezados, en los que se apreciaba la formación de galerías. En todos los recorridos miembros del ejido que me acompañaron confirmaron que el derribo de los árboles se había realizado por saneamiento por brotes de escarabajos descortezadores. No obstante, en algunos casos fueron encontrados grupos de tocones con marcas de martillo en el los límites exteriores del polígono, con desplazamiento de ± 10 metros, los cuales tenían apariencia de tener el mismo tiempo de haber sido talados, que de igual forma fueron reconocidos por los dueños de los predios como derribados por saneamiento. Por lo que esta diferencia puede ser atribuido al error común en los GPSs.

Además, al recorrer los polígonos encontré que en las áreas señaladas como saneadas, no todos los árboles son talados, es decir, sólo algunos árboles dentro del polígono son derribados como medida de sanidad forestal. Por lo cual, la referencias de áreas afectadas como indicador de daño por la presencia de escarabajos descortezadores puede estar sobrestimada, ya que el área del polígono indica el sitio dentro del cual se realizó la actividad de saneamiento, y no el área total de arbolado derribado por saneamiento. Por esta razón, el volumen de madera afectado es una medida más precisa del impacto que han causado los brotes de infestación por descortezadores a la masa forestal de la RBMM.

Los 66 registros de autorizaciones de saneamiento forestal en la RBMM, del periodo 2009-2015, hacen referencia a un total de total de 42,711 metros cúbicos de madera saneada, de

los cuales 40,372 corresponden al estado de Michoacán y 2,338 al Estado de México (Figura 5).

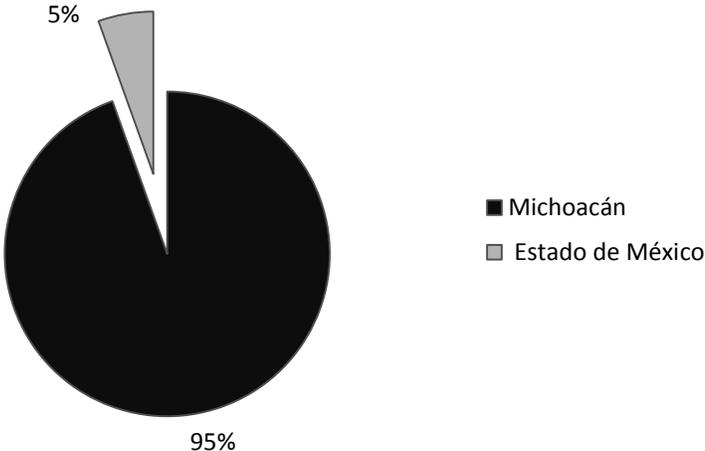


Figura 5. Porcentaje de volumen (m³) de madera saneada en la RBMM, por entidad federativa

La mayor parte de las labores de saneamiento por plaga de descortezadores se ha realizado en la zona núcleo de la RBMM. Según los registros de la CONAFOR del año 2009 al 2015, el 82% del total de la madera que ha sido tratada por plaga de descortezadores corresponde a áreas dentro de la zona núcleo de la RBMM, esto es 35 406 m³, de los cuales 97% (34 586 m³) corresponde al estado de Michoacán (Figura 6).

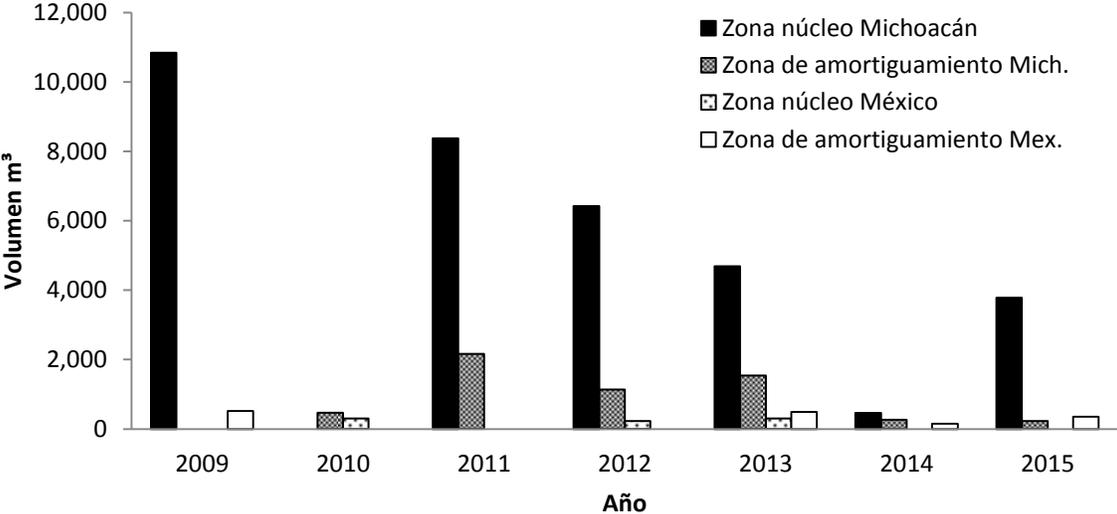


Figura 6. Relación de metros cúbicos de madera saneada por zona de la RBMM y entidad federativa

Con base en los volúmenes afectados por actividad de saneamiento, identifiqué que la mayor parte de actividad de saneamiento se ha presentado en los municipios de Ocampo,

Angangueo y Senguio, todos pertenecientes al estado de Michoacán. Los registros indican que el municipio de Ocampo es el que ha sido más afectado. Sin embargo, al proyectar las coordenadas en la cartografía encontré que ocho de las notificaciones reportadas en el municipio de Ocampo pertenecen a ejidos cuyas áreas saneadas están en el municipio de Angangueo. El volumen al que estas notificaciones hacen referencia es de 8 449 m³ de madera saneada, por ello, la mayor parte de la actividad de saneamiento se ha realizado en territorio del municipio de Angangueo (Figura 7).

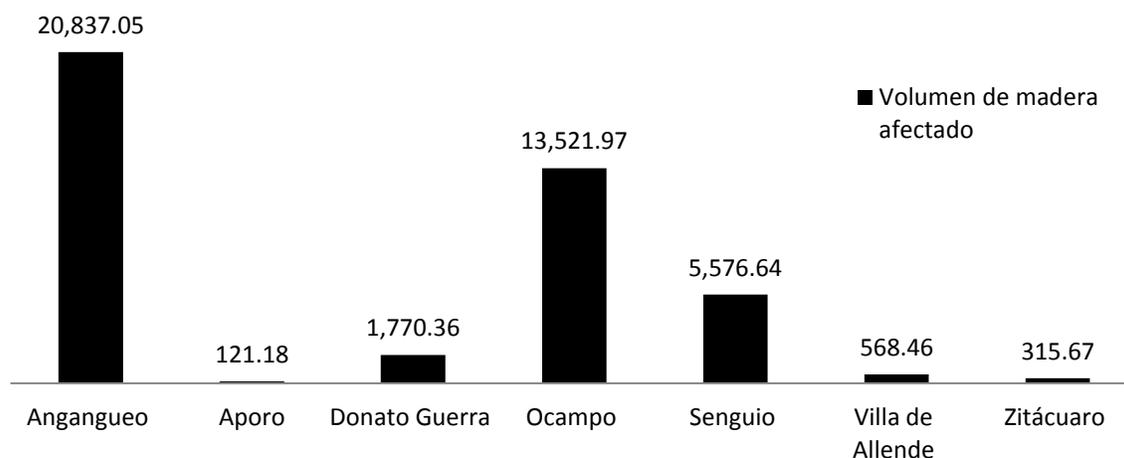


Figura 7. Relación de volumen de madera afectada (m³) por municipio en la RBMM (2009-2015)

De las especies de insectos descortezadores causantes de los focos de infestación, los reportes registran nueve especies, de las cuales las más importantes, por el número de registros y por ser especies primarias, son *Dendroctonus mexicanus* y *Scolytus mundus* (Figura 8).

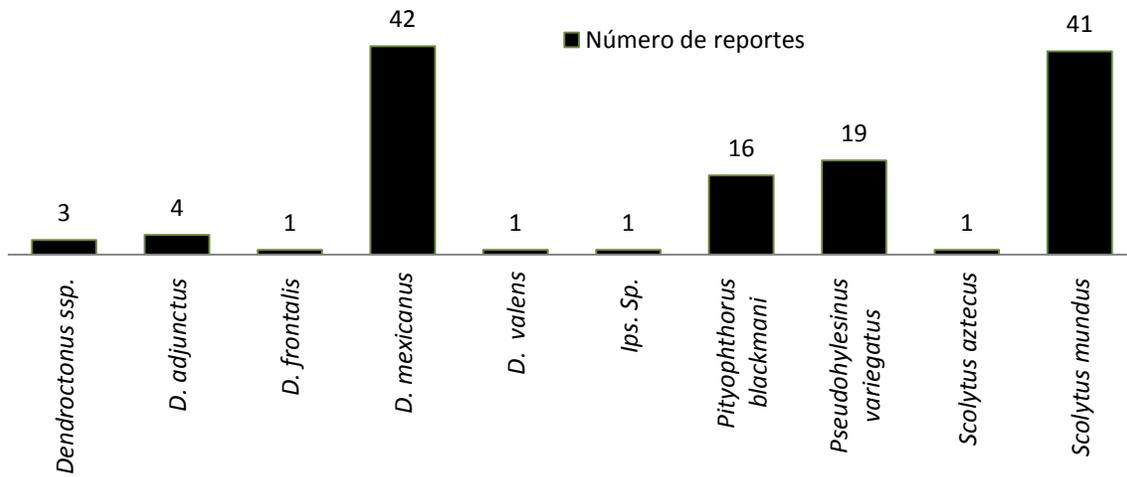


Figura 8. Relación de especies de descortezador identificadas como causantes de los brotes de infestación en la RBMM

En cuanto al número y especies de árboles afectados, encontré que el periodo de los siete años registrados, se han saneado un total de 27 412 árboles, de los cuales el 81% (22 210) son *Abies religiosa* (Figura 9). De las seis especies del género *Pinus* reportadas con afectación y saneamiento, *Pinus pseudostrobus* es la especie para la que se reporta el mayor número de árboles. Su afectación representa únicamente el 8% del total, con un registro de 2 287 árboles, de los cuales 1 042 corresponden a la zona núcleo. Para el género *Pinus*, la especie *pseudostrobus* es la que acumuló mayor número de árboles afectados por plaga que fueron autorizados para ser saneados (Figura 10).

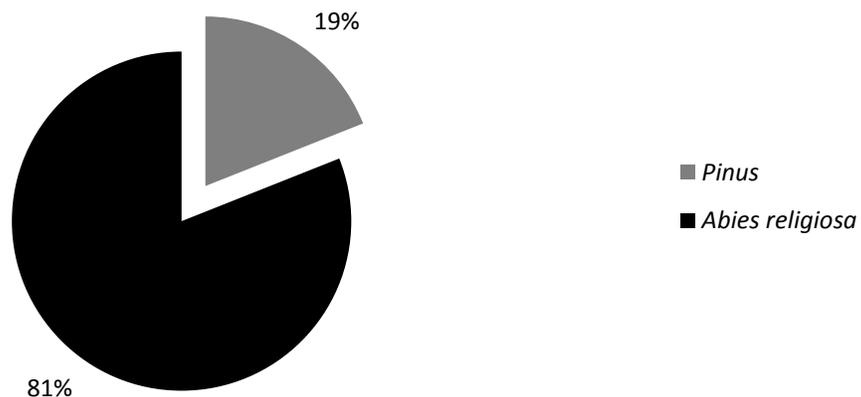


Figura 9. Porcentaje de árboles por género saneados en la RBMM por plaga de descortezadores

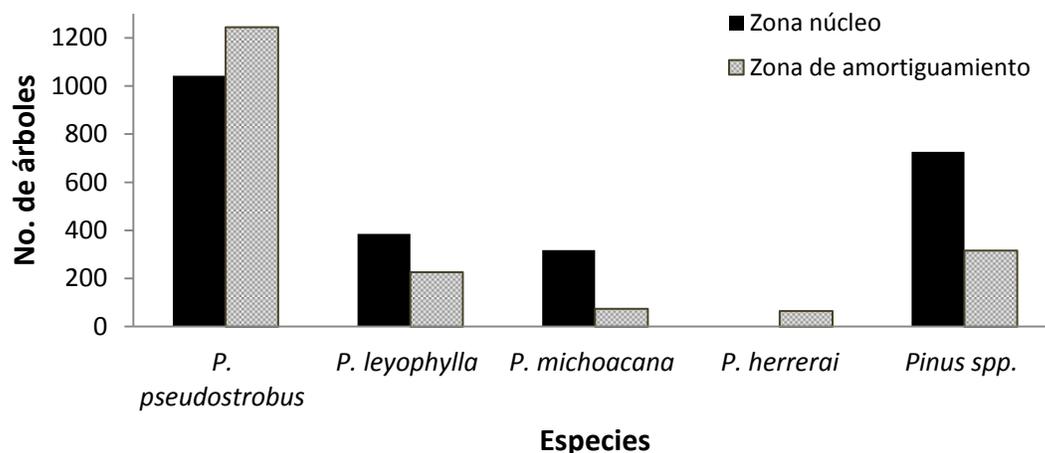


Figura 10. Número total de árboles por especie del género *Pinus* saneados en la RBMM de 2009 a 2015

De igual forma, se observa que es la zona noroeste de la RBMM en donde se concentra la actividad de saneamiento, principalmente en los ejidos Cerro Prieto, Los Remedios, Santa Ana y El Rosario. Al sobreponer los centroides de las áreas saneadas sobre el mapa de potencial arbóreo identifiqué que la actividad de saneamiento ocurre con mayor frecuencia en bosques dominados por oyamel y oyamel en codominancia con pino (Figura 11).

Al proyectar en la cartografía los centroides de los polígonos saneados fue posible identificar, que la mayor parte de la actividad de saneamiento ha tenido lugar en altitudes que van de los 3 000 a los 3 500 msnm, (75%), concentrándose principalmente en altitudes de 3000 a 3250 msnm (55%), en zonas más cercanas a altitudes inferiores a los 3 000 msnm (Figura 12).

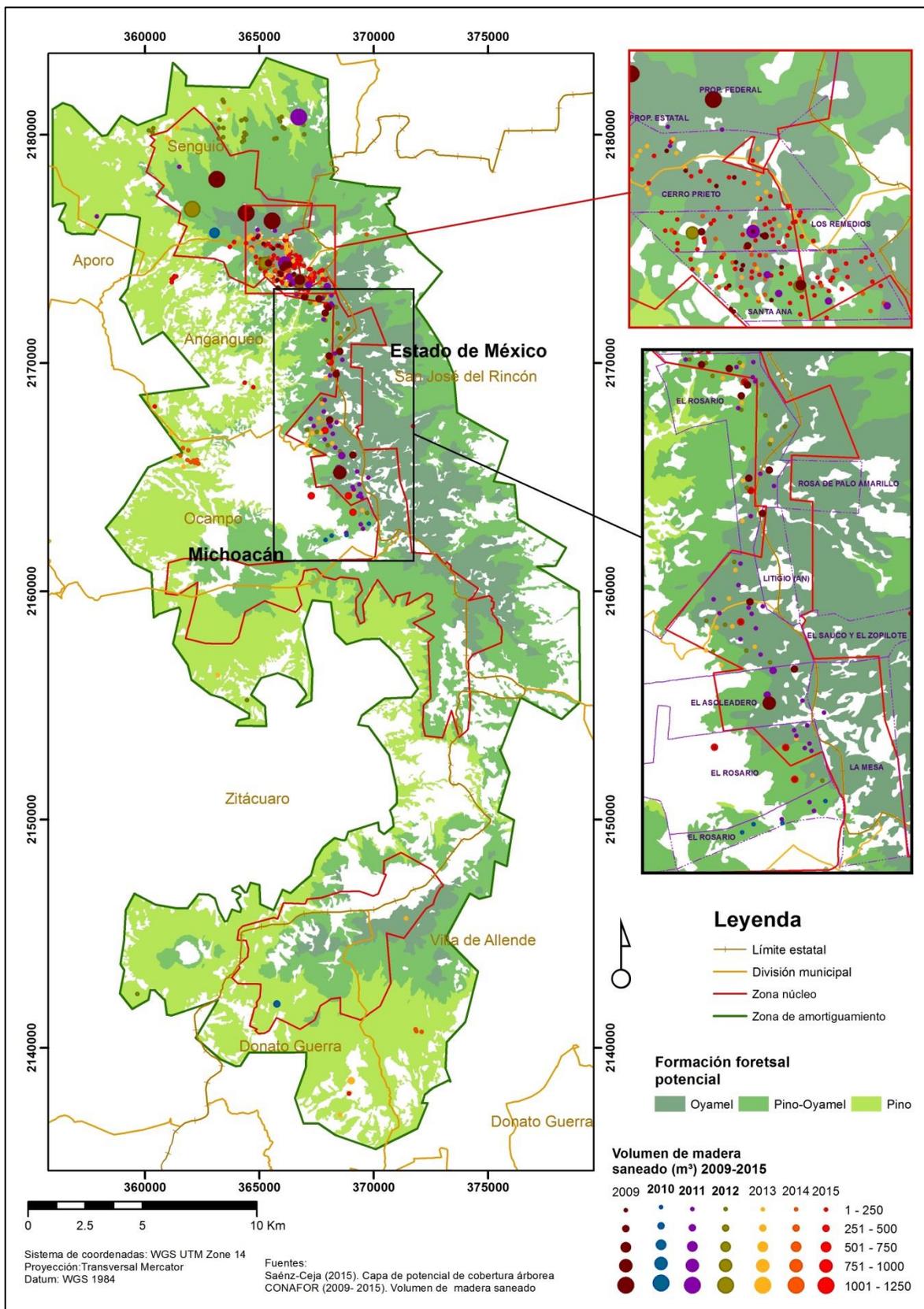


Figura 11. Distribución y volúmenes de madera saneada en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca periodo de 2009 – 2015 y formación arbórea

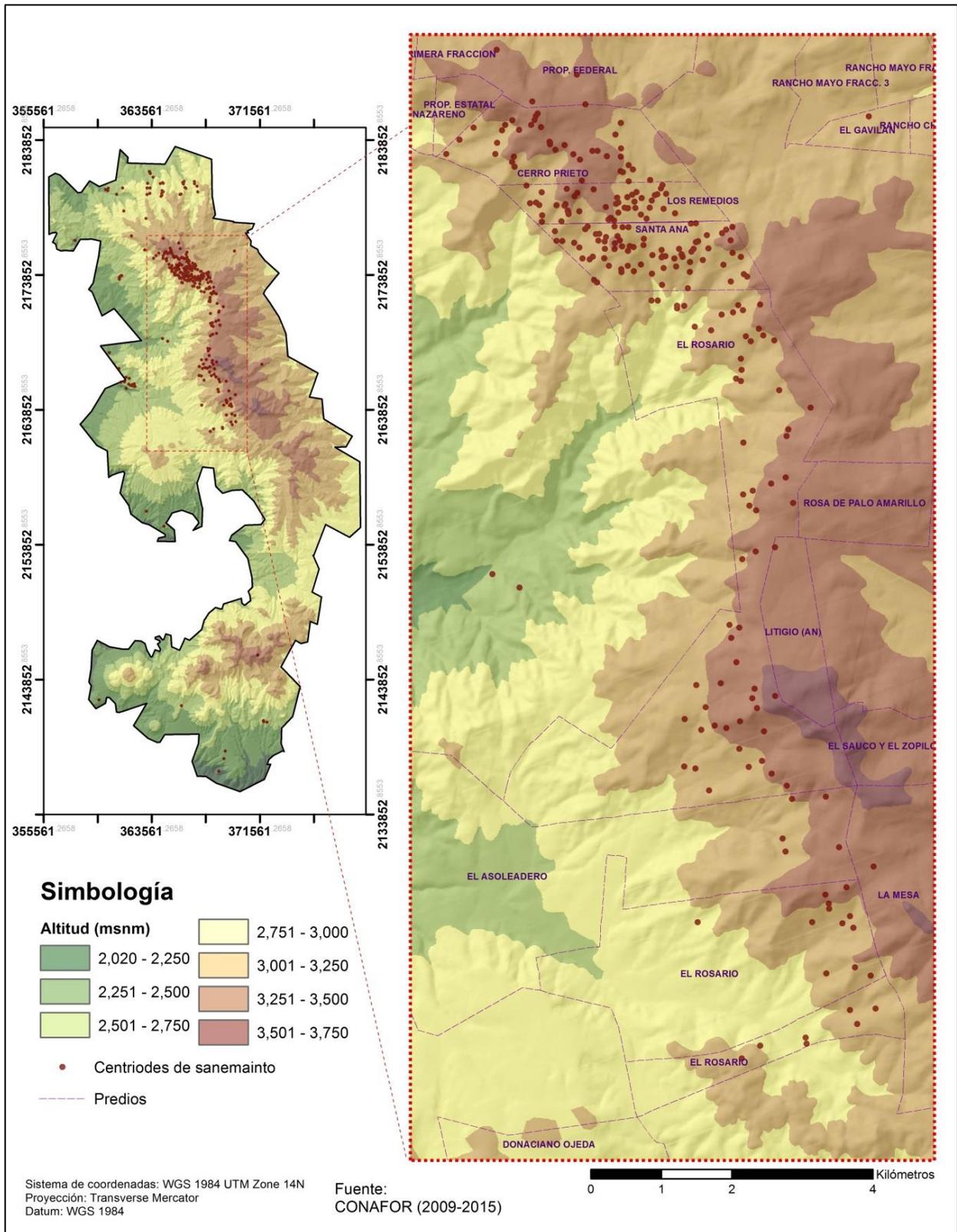


Figura 12. Distribución altitudinal de la actividad de saneamiento en la RBMM

El análisis de correlación entre el número anual de meses con algún grado de sequía, según el monitoreo de sequía generado por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 2017) para los municipios de Angangueo y Ocampo, y el volumen anual de madera afectada, presenta una asociación positiva, alta y significativa ($r= 0.698$, $P= 0.009$, $R^2= 48\%$), lo que implica que en años con más meses atípicamente secos, el volumen de madera saneada es mayor. Se destaca que los años 2012 y 2013, registran un volumen importante de madera afectada, pese al bajo y nulo reporte de meses con algún grado de sequía respectivamente registrado en los municipios antes mencionados (Figura 13).

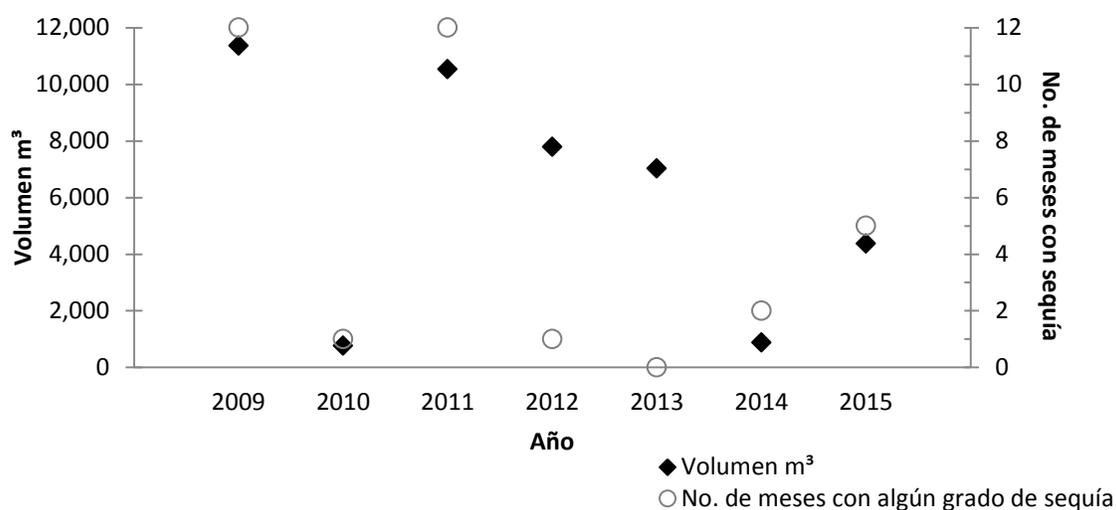


Figura 13. Relación anual de meses con algún grado de sequía y volumen de madera saneado por descortezadores en la RBMM

La correlación entre los años y el volumen de madera afectada, presenta una asociación negativa, débil y significativa ($r= -0.437$, $P= 0.044$, $R^2 = 19\%$), esto implica una tendencia a la disminución de la actividad de saneamiento en el periodo de tiempo analizado. La baja correlación se debe a que en los años 2010 y 2014 la actividad de saneamiento fue anormalmente menor que en el resto de los otros años (Figura 14).

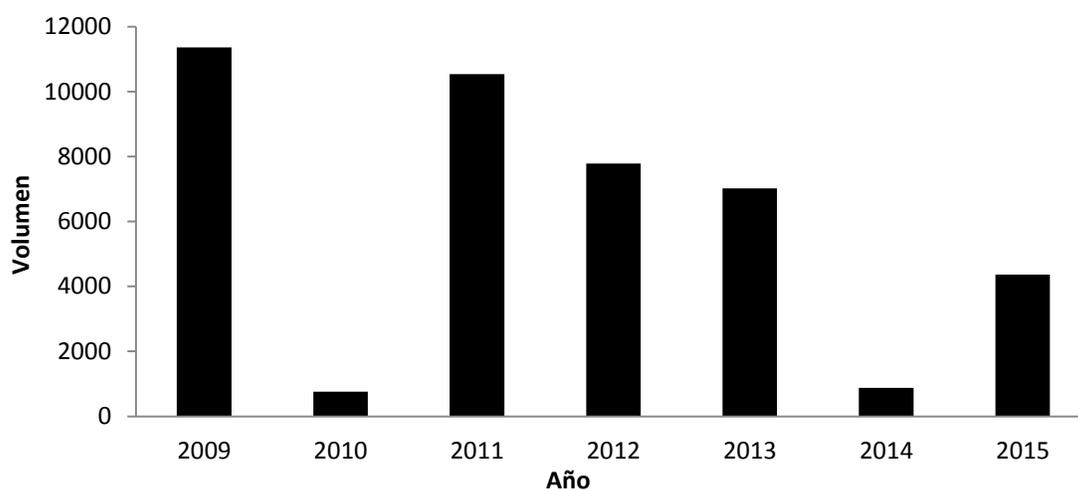


Figura 14. Volumen (m³) anual de madera saneada por plaga de descortezadores en la RBMM

4.2. Marco legal de atención a plaga por descortezadores

La gestión de plagas forestales en nuestro país ha estado estrechamente relacionada con la normatividad que ha regido las prácticas de silvicultura y conservación de los recursos forestales. El marco legal para el control de plagas por descortezadores tiene como sustento el artículo 27 constitucional, referente a la regulación, en beneficio social, del aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana. Derivado de este precepto, históricamente se han expedido siete leyes forestales², reglamentos y, más recientemente, una norma oficial mexicana.

El tema de atención a plagas forestales fue considerado en la promulgación de la primera Ley Forestal en 1926, y desde entonces, en la legislación, han sido cuatro las dependencias de orden federal las encargadas de establecer y supervisar las medidas de sanidad forestal en nuestro país, las cuales, en su mayoría han pertenecido al sector agrícola Secretaría de Agricultura y Fomento (SAF), Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG), Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) y Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA, aunque durante la gestión de esta entidad no se ha expedido ninguna ley); y recientemente se ha involucrado también el

² En junio de 2018, fue aprobada la promulgación de una nueva Ley Forestal.

sector ambiental, a través de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), (Tabla 5).

Tabla 5. Relación de dependencias encargadas de la sanidad forestal y las leyes expedidas

Año	Leyes Forestales						
	1926	1943	1948	1960	1986	1992	2003
Dependencia encargada	SAF	SAF	SAG*	SAG**	SARH	SARH	SEMARNAT

*Por medio de la Dirección Forestal General. **A través de la Subsecretaría de Recursos Forestales y Caza, y el Servicio Forestal.

Las leyes forestales promulgadas posteriormente a la de 1926, contaron con el instrumento jurídico reglamentario (Reglamento) que tiene por objeto proveer, en la esfera administrativa, el cumplimiento de la Ley Forestal de que se trate. Además, se cuenta con la Norma Oficial Mexicana que dictamina los lineamientos técnicos para el combate y control de plaga por descortezadores, publicada en el Diario Oficial de la Federación en el año 2000, durante la vigencia del marco legal de 1992³.

En relación a los actores obligados en el cumplimiento de la normatividad, la Ley Forestal en 1926 era muy ambigua al limitarse a mencionar que todos los habitantes y autoridades de la República estaban obligados a cooperar para eliminar las plagas forestales. En las tres normatividades subsecuentes (Ley Forestal de 1943, 1948 y 1960) se observan similitudes. En estos tres ordenamientos se señaló la obligación de los titulares (propietarios, poseedores, arrendatarios o concesionarios) de predios forestales, de dar aviso a la autoridad correspondiente de la presencia de plagas, para que ésta determinara las acciones a realizar. Además, el ordenamiento de 1960 estableció sanciones económicas por incumplimiento de este mandato.⁴ La Ley Forestal de 1943 incorporó la obligación de los titulares de los predios forestales plagados de cooperar en las labores de sanidad, mientras que las normatividades subsecuentes especificaron la obligación de los titulares de llevar a cabo tales actividades, aunque ante la posibilidad de que éstos se negaran o se vieran imposibilitados a realizarlas, se previó que la autoridad competente las realizaría, a cargo de los titulares, apropiándose de los productos saneados⁵ para resarcir los costos de las labores. De igual forma, los reglamentos de las leyes de 1943 y 1948 estipularon que los

³ En marzo de 2018 fue aprobada la propuesta de modificación a la norma oficial para el control y combate de plaga por descortezadores, que ahora se titula NOM-019-SEMARNAT-2017.

⁴ Multas de \$50.00 a \$20,000.00 pesos, dependiendo de la gravedad de la falta.

⁵ Trozas de madera de los árboles saneados que pudieran ser comercializadas.

productos saneados sólo podrían ser aprovechados cuando la autoridad competente dictaminara que no representaban un riesgo de propagación de la plaga. A su vez, la Ley Forestal de 1960 especificó que los productos saneados quedarían a beneficio del titular cuando éste realizara las labores de saneamiento. Cabe señalar que, la figura denominada “Profesionistas Técnicos Forestales” aparece en las disposiciones de 1943 y 1948, y en ellas, recayó en éstos la obligación de reportar el estado de sanidad, mediante estudios dasonómicos; así como de dar prioridad a los árboles plagados en sus cálculos de aprovechamiento. La normatividad 1948 despenalizó la explotación de recursos forestales para el control de plaga realizados sin autorización, no obstante, este precepto se eliminó en la normatividad de 1960 (SAGAR, 1948 y 1950).

El marco legal establecido en los años 1943 y 1948, planteó una estrategia para el combate de plagas forestales basada en la formación de personal técnico especializado en el tema y la investigación biológica para identificar a las especies plaga en nuestro país, a fin de establecer técnicas apropiadas para su combate y evitar su propagación. En la Ley Forestal de 1960, estos preceptos se modificaron para establecer que el recién creado Instituto Nacional de Investigaciones Forestales (INIF), realizaría las investigaciones pertinentes.

La SARH, creada en 1976, financió las memorias de la primera reunión de plagas y enfermedades forestales en México, donde se mencionó que desde 1960 el INIF realizaba investigaciones sobre control de plagas forestales, reportando prácticas deficientes para el control de plaga por descortezadores; por lo que se reportaban crecimientos sostenidos de brotes en los estados de Jalisco, Puebla, Estado de México y Michoacán, también se determinó que el 90% de los registros de plagas en el país, correspondía a descortezadores del género *Dendroctonus* (INE, 1979).

En las dos normatividades que precedieron a la de 2003 (1986 y 1992), se mantuvieron las obligaciones de los titulares de predios forestales de dar aviso sobre la presencia de plagas; así como de realizar las labores de saneamiento. También incluyeron sanciones por incumplimiento⁶. En la Ley Forestal de 1986, se incluyó la obligación de reforestar las áreas saneadas, y se precisó la facultad de la SARH para autorizar los cortes y el aprovechamiento por control de plagas. Y en la Ley Forestal de 1992, además, se especificó

⁶ Multas de 10 a 10,000 días de salario mínimo vigente, con suspensión o revocación de permiso de cualquier naturaleza (Ley Forestal de 1986) y multas por el equivalente a 50,000 días de salario mínimo con suspensión o revocación de permiso de cualquier naturaleza (Ley Forestal de 1992).

la necesidad de contar con una notificación emitida por la SARH para realizar las actividades de saneamiento, la cual, debía especificar el área y el volumen a tratar, el tratamiento que se debía emplear, los plazos en que se debería realizar el saneamiento y las acciones de restauración de las áreas afectadas.

La Ley Forestal de 1986, consideró que las actividades de saneamiento representaban un tipo de aprovechamiento especial, por lo cual, para la expedición de un permiso, era necesaria la elaboración de estudios técnicos. Además, se estableció la posibilidad de celebrar convenios con los gobiernos estatales para realizar actividades de saneamiento. El INIF pasó a formar parte del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), creado como el órgano auxiliar de la SARH en los aspectos científicos y tecnológicos forestales; aunque desapareció del marco legal el rubro de investigación en materia de sanidad forestal. Más adelante, en la Ley Forestal de 1992 se adicionaron preceptos que establecieron que la SARH, en coordinación con la Secretaría de Educación Pública, establecería programas de capacitación para la prevención y control de plagas forestales, dirigidos a titulares de predios forestales y técnicos forestales. En esta nueva disposición se destaca la integración del Conejo Técnico Consultivo Nacional Forestal, el cual, en materia de sanidad, fungiría como órgano consultivo en la elaboración de las normas oficiales para el control de plagas que elaborara la SARH. Asimismo, durante la vigencia de esta normatividad (hasta el año 2000) se publicó la Norma Oficial Mexicana NOM-019-RECNAT-1999 que establece los lineamientos técnicos para el combate y control de los insectos descortezadores de las coníferas, la cual cambió de nomenclatura y fue ratificada en el año 2003, para quedar como: NOM-019-SEMARNAT-1999.⁷

La inclusión de la NOM al marco legal se realizó después de la experimentación con métodos para el control y combate de plaga por descortezadores en nuestro país. El Instituto Nacional de Ecología (1979) reportó la experimentación con quemas controladas, combate químico, control biológico y extracciones rápidas. En ese estudio, las prácticas más efectivas fueron extracción rápida y aplicación de plaguicidas, las cuales fueron incluidas en la NOM, como métodos mecánico-físicos, los cuales consisten en: derribo,

⁷ Ello con base en el Acuerdo por el cual se reforma la nomenclatura de las normas oficiales mexicanas expedidas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, así como la ratificación de las mismas previo a su revisión quinquenal, publicado en el DOF el 23 de abril de 2003.

troceo y descortezado; derribo y extracción inmediata; derribo y abandono; extracción completa del árbol y; derribo, troceo y aplicación de insecticidas.

El 25 de febrero de 2003 fue publicada en el Diario Oficial de la Federación la ley forestal, denominada: Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS), (vigente hasta junio del 2018), cuyo reglamento se publicó dos años después, para establecer en su artículo 128 que la SEMARNAT establecerá las medidas fitosanitarias que se aplicarán para la prevención, combate y control de plagas y enfermedades que afectan los recursos y ecosistemas forestales, de conformidad con lo previsto en la Ley Federal de Sanidad Vegetal; la cual, determina en su artículo 4, que las medidas fitosanitarias se aplicarán para el combate de plagas que afectan a los recursos y materias primas forestales maderables y no maderables; y su artículo 19, refiere que las medidas fitosanitarias se determinarán en normas oficiales mexicanas y tienen la finalidad entre otras la de prevenir, confinar, excluir, combatir o erradicar las plagas que afectan a los vegetales, sus productos y subproductos.

Cabe señalar que, a partir de la expedición de la LGDFS los temas forestales dejaron de pertenecer al sector agropecuario, colocando al sector forestal en un esquema en el que se promueve mayoritariamente la conservación, al formar parte de las funciones de la SEMARNAT. Una de las innovaciones de la LGDFS es la creación de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), coordinada sectorialmente por la SEMARNAT. En materia de sanidad forestal la CONAFOR tiene las atribuciones de coordinar y evaluar los programas y acciones de saneamiento, diagnosticar, prevenir, combatir y controlar las plagas forestales, promover y apoyar la investigación para el combate de plagas forestales y participar en la elaboración de la NOMs.

Uno de los objetivos generales de la LGDFS es la prevención, control y combate de plagas forestales. Y en ella se establece que es competencia de la federación dictar las medidas de sanidad y ejecutar las acciones de saneamiento, así como expedir, avisos y permisos para el combate y control de plagas y considerando la opinión del Consejo Forestal Nacional, la elaboración de NOMs en materia forestal. Dado que ya existía la NOM-019-SEMARNAT-1999 sobre control de plagas a la que le correspondía una revisión quinquenal, fue publicado el proyecto de modificación y después de atender 14 comentarios de modificación, se actualizó. De manera que la nomenclatura de la norma quedó como sigue: NOM-019-SEMARNAT-2006, que establece los lineamientos técnicos de los métodos para el combate y control de insectos descortezadores, en la cual se incluyeron más especies de

descortezadores y de hospedantes. Posteriormente en el 2016 se publica el proyecto de modificación para esta norma, el cual después de atender 64 comentarios, fue actualizada para ser publicada en el Diario Oficial de la Federación en marzo de 2018, como: Norma Oficial Mexicana NOM-019-SEMARNAT-2017, Que establece los lineamientos técnicos para la prevención, combate y control de insectos descortezadores, la cual incluye modificaciones relacionadas con la prevención, al incluir recorridos sistematizados para la detección y prevención de la plaga, la colecta e identificación de especies plaga mediante el trapeo con semioquímicos y el astillado de la corteza como método de descortezado.

Con relación a las atribuciones de las entidades federativas y municipios, les corresponde coordinarse con la federación para realizar acciones de sanidad. No obstante, la LGDFS también establece la posibilidad de celebrar acuerdos, entre la federación y estos órdenes de gobierno, para que en su ámbito territorial asuman las funciones de programar y operar las tareas de control de plagas, así como otorgar avisos y permisos para el combate y control de plagas.

Con relación a los titulares de predios forestales, la LGDFS señala su obligación de dar aviso a la entidad correspondiente de la presencia de plagas en sus predios y de realizar las labores que la dependencia competente determine. En caso de negarse, la CONAFOR realizará las labores con cargo a los propietarios, con excepción de los casos en que los titulares soliciten el apoyo directo de la CONAFOR y ésta apruebe la solicitud.

En lo referente a los técnicos forestales, éstos deberán estar inscritos al Sistema Nacional de Capacitación y Asistencia Técnica para el Desarrollo Rural Sustentable y en materia de sanidad forestal les corresponde, planear y organizar las labores de saneamiento.

El incumplimiento en materia de sanidad es causa de multa que va desde los 40 a 3,000 unidades de medida y actualización; así como de sanciones administrativas que incluyen la suspensión temporal o definitiva de permisos de aprovechamiento forestal, dependiendo de la gravedad de la falta y de la reincidencia. De igual forma, realizar las labores de saneamiento sin autorización podría considerarse un delito ya que el Código Penal Federal⁸ establece sanciones que van de los seis meses a los nueve años de prisión, o por equivalente, de cien a tres mil unidades de medida y actualización, a quien derribe uno o unos árboles sin autorización, de igual forma a quienes transporten productos maderables, y

⁸ Artículos 418 y 419, respectivamente, CPF.

las penas pueden aumentar hasta tres años y hasta mil unidades de medida y actualización, si el delito se comete en un área natural protegida.

Con relación a la implicación que tiene la gestión de los focos de infestación de plaga de descortezadores en una ANP como la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca (RBMM), se observa que hay pocas diferencias, ya que el Programa de Manejo de la RBMM permite llevar a cabo las actividades de saneamiento establecidas en la normatividad, en las diferentes zonas y subzonas en las que está dividida el ANP; no obstante, como medidas de protección al sitio migratorio de la mariposa monarca, existen algunas acciones que quedan a consideración del personal de la RBMM, tales como, evitar las acciones de saneamiento en determinadas áreas durante la temporada de hibernación de la mariposa monarca y evitar algunos tratamiento fitosanitarios, como el uso de insecticidas para el control de residuos.

En la revisión de documentación relacionada con el tema de sanidad forestal identifiqué una controversia sobre la dependencia facultada para emitir las normas de sanidad forestal, ya que la LGDFS establece que será la SEMARNAT quien emita dichas normas;⁹ sin embargo, la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, es clara al establecer que corresponde a la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) la que elaborará las normas oficiales de sanidad vegetal¹⁰. Esta observación fue hecha por Brañes (2000), y a la fecha se mantiene, pero en los hechos ha sido la SEMARNAT quien regula esta materia.

Por otro lado, es importante referir que la CONAFOR emitió un manual de sanidad forestal, el cual señala que al momento de realizar el levantamiento de información geográfica se debe especificar, si se trata de puntos, líneas o polígonos e indicar la forma geométrica que corresponde al levantamiento de la información (CONAFOR, 2010). No obstante, este tipo de información no fue incluida en los archivos proporcionados por la CONAFOR, la cual fue utilizada en esta investigación para el mapeo de actividad de saneamiento en la RBMM.

⁹ LGDFS, artículo 112, párrafo III. “La Secretaría (SEMARNAT), expedirá las normas oficiales mexicanas para prevenir, controlar y combatir las plagas y las enfermedades forestales...” [...].”

¹⁰ LOAPF, artículo 35, párrafo IV. A la SAGARPA le corresponden los siguientes asuntos “[...] elaborar normas oficiales de sanidad animal y vegetal”.

En cuanto a los tiempos establecidos para realizar las actividades de sanidad, en la revisión de documentación encontré que Deschamps (2016) había analizado previamente el tema, elaborando un cuadro que resume el procedimiento (Tabla 6), la información contenida fue corroborada.

Tabla 6. Pasos establecidos y tiempos de acción y respuesta en los temas de sanidad forestal, modificado de (Deschamps, 2016).

	Pasos establecidos	Responsable	Periodo de tiempo especificado
1	Notificar a la SEMARNAT o a la autoridad competente del estado la presencia de brotes de plaga. (artículo 153 RLGDFS y artículo 114, LGDFS)	Titulares de predios forestales y responsables de la administración del ANP	24 horas después de la detección
2	Una vez que se tenga conocimiento de la plaga, deberá dar aviso a la SEMARNAT (artículo 147, RLGDFS)	CONAFOR	5 días naturales
3	Entregar a SEMARNAT el informe técnico (artículo 147, Reglamento LGDFS) ¹¹	CONAFOR	15 días naturales
4	Con base en el informe técnico, la SEMARNAT notificará y requerirá a las personas para que realicen los trabajos de sanidad forestal correspondientes (artículo 148, RLGDFS)	SEMARNAT	No
5	Las personas notificadas tendrán que iniciar los trabajos de saneamiento. Si no se realizan los trabajos, la CONAFOR los realizará con cargo a los obligados (Artículo 149, RLGDFS)	Personas notificadas	5 días hábiles (a partir de que surta efectos la notificación)
6	PROFEPA y CONAFOR dan seguimiento a la ejecución de notificaciones de saneamiento forestal (PNSF)	PROFEPA Y CONAFOR	----

En el entendido que la detección de la plaga se realice de manera oportuna, esto es en los primeros días en que se inició la infestación, los plazos máximos que se establecen en la normatividad son de 28 días, sin considerar el tiempo que tardaría la SEMARNAT en expedir la notificación para realizar las labores de saneamiento. No obstante, en el Diagnóstico Fitosanitario el Estado de Michoacán (2015), se estimó que el tiempo en que se

¹¹ Artículo 147 del RLGDFS: El informe técnico elaborado por la CONAFOR debe contener, información del titular y ubicación del predio, superficie afectada, superficie a tratar, volumen afectado, especie de la plaga, especies hospedantes, metodologías de control, responsable técnico que elaboró el informe.

realiza el proceso de gestión de la plaga es de sesenta días naturales, por lo que se acordó en reunión del Consejo Forestal Estatal, realizar algunas modificaciones al protocolo de atención a la plaga, modificaciones que básicamente consistieron en reducir los periodos de tiempo al hacer más eficientes los recorridos en campo al realizar la verificación y el marcaje del arbolado afectado en un mismo recorrido, en lugar de dos, como se había estado realizando y reducir los tiempos para la expedición de documentación. Con estas medidas se estimó reducir el tiempo de atención a la plaga de 60 a 16 días naturales (CTDSFM, 2015). Sin embargo durante los recorridos en campo y en las encuestas se mencionó que los acuerdos tomados en las reuniones del Consejo Forestal no habían mostrado tener resultados efectivos.

4.3. Percepciones del fenómeno de la plaga y de la normatividad para su gestión

En total se aplicaron 32 cuestionarios, de los cuales; 13 fueron respondidos por funcionarios públicos (representantes de dependencias federales, estatales y municipales), relacionados con el área forestal; 7 técnicos profesionistas forestales que laboran en la región oriente del Estado de Michoacán y en la RBMM y 12 por propietarios (ejidatarios y comuneros) pertenecientes a núcleos agrarios dentro del área de la RBMM.

Las modas de las respuestas fueron analizadas por gremio (funcionarios, técnicos y propietarios), y evaluadas de manera individual por cada reactivo y de manera general por el tema que evaluaban en conjunto los reactivos (Figura 15). De esta manera evalué nueve reactivos, los cuales integran cinco temas (Tabla 7).

Los resultados de los reactivos para evaluar la percepción de la amenaza que representa la plaga por descortezadores muestran que en general, quienes perciben a la plaga como una amenaza importante son los funcionarios públicos, los otros dos gremios reconocen la plaga como un problema, pero no como un problema muy grave. No obstante, la moda en las repuestas por reactivo se observa que todos los gremios perciben un aumento en los brotes de infestación por descortezadores en los últimos diez años (Tabla 7).

Con relación al conocimiento de la normatividad establecida se encontró el mayor contraste en las respuestas seleccionadas entre los gremios ya que la moda por tema los dueños de los predios indica un desconocimiento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y la Norma Oficial Mexicana NOM-019-SEMARNAT-2006, mientras que los Prestadores de Servicios Técnicos Forestales señalaron tener dominio de esta normatividad y los

funcionarios públicos mostraron en general, tener conocimiento de la normatividad (Figura 15); sin embargo este sector muestra tener poco conocimiento de la NOM-019 en el análisis de la moda por reactivos (Tabla 7).

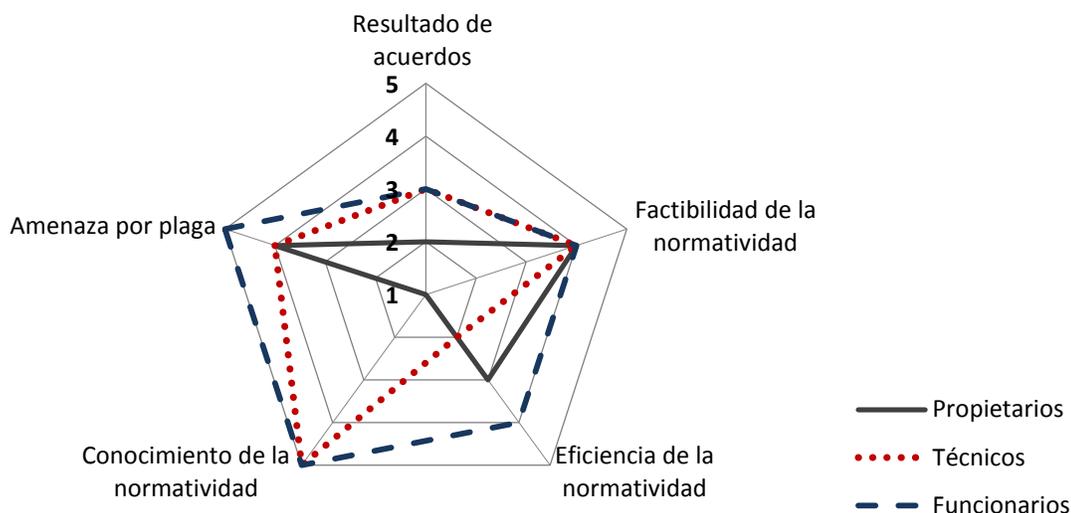


Figura 15. Gráfica que muestra la moda de las respuestas por tema y gremio

Ninguno de los gremios considera que la normatividad sea completamente eficiente. Los funcionarios son quienes mostraron una percepción más positiva de la eficiencia de la normatividad, pero no la mejor; mientras que los técnicos fueron quienes manifestaron tener una percepción negativa de la eficiencia de la normatividad, sin llegar a percibirla como totalmente negativa. Por su parte el gremio de los propietarios mantuvo una postura neutral en cuanto a su percepción de la eficiencia de la normatividad para el combate de la plaga (Figura 15). En el análisis de las repuestas por reactivo se destaca que los propietarios, son los únicos que perciben como muy adecuado el tiempo en obtener una autorización para saneamiento, mientras que los técnicos lo perciben como inadecuado (Tabla 7).

En lo que concierne a la evaluación de la percepción de lo factible que es cumplir la normatividad, pude encontrar que esta fue la categoría de mayor coincidencia en las modas de las respuestas al evaluarlas por tema (Figura 15), ya que los tres gremios perciben que es fácil obtener una autorización de sanidad y que las reglas establecidas pueden ser cumplidas, sin embargo ninguno de los gremios percibe lo establecido en la normatividad como muy factible. En el análisis por reactivos donde se cuestionó sobre su percepción para obtener una autorización de saneamiento, es posible observar que la moda de los técnicos

fue la respuesta neutral, al señalar que no existe diferencia en realizar este trámite con respecto a otros, lo cual indica que no perciben mayor dificultad para obtener una autorización, esta respuesta contrasta con su mala percepción del tiempo que toma obtener una notificación para sanear brotes de infestación (Tabla 7).

Los resultados del cuestionario indican que tanto funcionarios como prestadores de servicios técnicos profesionales, no perciben diferencia en las medidas para el control de plaga por descortezadores pese a los acuerdos alcanzados en las Reuniones de Consejo Forestal, mientras que los dueños de los predios señalan considerar que los acuerdo tomados han dado malos resultados (Tabla 7 y Figura 15) ¹².

Tabla 7. Moda de respuestas al cuestionario de cada gremio, por tema y reactivo

Temas	Reactivos formulados	Moda de respuesta por gremio		
		Propietarios	Técnicos	Funcionarios
Percepción de amenaza por plaga	La plaga por descortezadores en los 10 últimos años ha(aumentado)	4	4	4
	Considera que los descortezadores son (problema)	4	4	5
Conocimiento de la normatividad	Conocimiento de la LGDFS	1	5	5
	Conocimiento de la NOM-019	1	5	2
Eficiencia de la normatividad	Percepción de la efectividad del procedimiento establecido para el control de la plaga	3	2	4
	Percepción del tiempo que toma obtener una autorización para saneamiento	5	2	4
Factibilidad de la normatividad	Percepción de factibilidad de obtención de una autorización de saneamiento	4	3	4
	Factibilidad para el cumplimiento de la normatividad	4	4	4
Resultado de acuerdos	Resultado de acuerdos en los consejos forestales con relación al control de las plagas	2	3	3

¹² Escala: 1 muy negativo, 2 negativo, 3 neutral, 4 positivo y 5 muy positivo

5. DISCUSIÓN

Entre 2009- 2015 la mayor actividad de saneamiento se reportó de manera constante en la zona núcleo de la reserva, esto posiblemente se deba a que en las áreas de amortiguamiento, al estar permitido el aprovechamiento forestal, se extrae arbolado que manifiesta síntomas de plaga sin reportar su presencia para evitar trámites administrativos.¹³ Esto tendría el inconveniente de generar información limitada de la presencia de plagas fuera de la zona núcleo, donde el monitoreo de plaga también es importante, ya que el contar con manejo silvícola no es garantiza evitar brotes epidémicos por descortezadores (Sproull *et al.*, 2017; Vásquez *et al.*, 2007).

Los resultados de esta investigación permiten focalizar la problemática al identificar los municipios de Angangueo y Ocampo, del estado de Michoacán, como los que presentan mayor actividad de saneamiento. Los factores que generan esta incidencia pueden verse influenciados por las características geográficas locales. Algunos ejidatarios señalan que los predios de la zona núcleo donde se ha realizado la mayor actividad de saneamiento son más escarpados, lo que podría propiciar que su arbolado sea más propenso a ser afectados por la plaga al estar más expuestos a estrés hídrico, como lo muestra el estudio realizado por Barij *et al.*, 2007, donde encontró que la parte superior de una ladera boscosa es más seca que la parte baja. Este argumento coincide con lo encontrado ya que la zona noroeste de la RBMM, presenta inclinaciones más pronunciadas, y es en esa área donde se presenta mayor actividad de saneamiento. No obstante, no hay una clara relación entre la inclinación de ladera y la presencia de focos de infestación por descortezadores al menos no a escala de paisaje, pudiendo haber una relación a escala local (Simard *et al.*, 2012).

Al analizar los factores climáticos relacionados con la incidencia de la actividad de saneamiento, se encontró una correlación positiva y significativa entre en número de meses por año con algún grado de sequía y el volumen de madera afectado por plaga. Sin embargo, destaca la abrupta disminución de volumen de madera afectado por la plaga en los años 2010 y 2014. Esta anomalía puede explicarse porque en el año 2010 se registraron lluvias torrenciales que generaron deslaves y el derribo de arbolado adulto, probablemente algunos de estos árboles estaban afectados por descortezadores. Para el año 2014, la baja

¹³ Artículo 150 del RLGDFS, “Quienes aprovechen recursos forestales deberán suspender los trabajos de aprovechamiento forestal para ejecutar los trabajos de saneamiento...”

actividad de saneamiento se atribuye a la presencia de lluvias moderadas fuera de temporada (CONANP, 2014), y a que el año 2013 no se presentó en los municipios de Angangueo y Ocampo, ningún tipo de sequía, situación que pudo inhibir el desarrollo de la población de descortezadores en el siguiente año, ya que temporadas de sequía han sido asociado a transición de brotes endémicos a brotes epidémicos, al favorecer el desarrollo larvario de los descortezadores y aumentar el estrés hídrico de los árboles huéspedes, haciéndolos susceptibles a ser colonizados por descortezadores (Creeden *et al*, 2014). Sin embargo, no fue posible explicar la falta de correlación entre la sequía y el volumen de madera afectado en los años 2012 y 2013.

Con relación a la información oficial se encontraron algunas limitaciones, una de ellas es la falta de registro de las autorizaciones de saneamiento por plaga de descortezadores georreferenciada anteriores al año 2009. De igual forma, se destaca la escasa información con que se cuenta de la actividad de saneamiento en las zonas de amortiguamiento de la RBMM, donde está permitida la actividad silvícola y en general la poca certidumbre en la identificación de las especies plaga. Por ello, los resultados en este estudio pueden ser limitados en cuanto a la representación de la tendencia real de los efectos climáticos en el comportamiento de las poblaciones de descortezadores en el área de estudio, ya que el periodo de tiempo analizado es corto y pueden existir factores que rebasan las condiciones ecológicas y pueden influir en el otorgamiento de autorizaciones de saneamiento.

Aunque se registra una disminución gradual en el impacto por la plaga, es posible que esto no implique la inexistencia de amenaza por eventuales infestaciones epidémicas en la RBMM. Según los registros de sanidad de la Dirección de la RBMM, el evento más severo de plaga por descortezadores del cual se tiene registro ocurrió en el año 1998 (11,923 m³), el siguiente ocurrió en el año 2009 (11,364 m³), producto de una sequía en el año 2008. Estos registros coinciden con los periodos de oscilación de apariciones de brotes de plaga de diez años reportado por el Instituto Nacional de Ecología (INE, 1979). Probablemente esto se deba a que durante este periodo de tiempo, en la masa forestal, se acumula arbolado maduro y con diámetros gruesos, características que los hacen más susceptibles al ataque de descortezadores como lo indica el estudio realizado por Simard *et al.*, 2012. No obstante para las principales especies de descortezadores que han afectado el oeste de Estados Unidos y Canadá, se reportan ciclos de retorno de alrededor de 52 años (Bentz *et al.*, 2009), para comprender estas diferencias es necesario tener mayor conocimiento de la fenología de

las especies de descortezadores ya que actualmente sólo se conoce la fenología de seis de las treinta especies que tiene capacidad de causar la muerte de arbolado a escala de paisaje (Bentz y Jönsson, 2015). Ninguna de esas seis especies son las que afectan los bosques de nuestro país.

Con los elementos encontrados es posible suponer que el sistema socio-ecológico en el esquema del ciclo adaptativo descrito por Holling y Gunderson (2011), se encuentra en un estado de conservación (k), ya que los eventos severos de plaga podrían ser considerados como la etapa de liberación (Ω). Por lo tanto, la fase de liberación ha tenido lugar en periodos de alrededor de diez años. En este contexto es posible señalar que las recientes modificaciones a la NOM, justificadas en las revisiones quinquenales son parte del proceso de reorganización después de disturbios por la plaga, ya que aunque la gestión de la normatividad se da a escala federal, afecta a escala regional al SSE en la RBMM, en donde la implementación de la normatividad es crucial para que cumpla con su objetivo.

El análisis de la normatividad muestra que en el transcurso del tiempo han existido modificaciones importantes en la gestión de plaga, entre las que destaca que en las primeras disposiciones se incluyó la formación de personal técnico, posteriormente sólo menciona la capacitación de personal y actualmente se limita a promover y apoyar la investigación en materia de sanidad forestal. De igual forma se destaca que hasta el año 2000 la gestión de la plaga estuvo a cargo de dependencias de vocación agrícola, y actualmente se encuentra dentro del rubro de ambiental, lo cual puede considerarse como un avance. Con relación a la eficiencia ambiental de la normatividad, se encontró que la dependencia que se encarga de emitir las notificaciones (SEMARNAT) no es la misma que realiza las verificaciones en campo. En la RBMM, como resultado de acuerdos generados, son varias las dependencias gubernamentales que pueden intervenir para realizar las verificaciones de la presencia de la plaga (SEMARNAT, CONAFOR, CONANP, PROBOSQUE y COFOM), cuyo criterio para el dictamen recae en la discrecionalidad del personal que realiza el diagnóstico, este hecho toma mayor relevancia al considerar las dificultades que se presentan para la identificación de brotes de plaga y de las especies presentes. Los síntomas descritos en la NOM-019, por presencia de *S. mundus* en oyamel, también pueden presentarse por otros factores bióticos o abióticos, lo que puede generar confusión y dar como consecuencia dictámenes erróneos (Pérez Miranda y Arriola Padilla 2014). La especie de *P. pseudostrobus* es afectada principalmente por *D. mexicanus*; no obstante, *Dendroctonus*

mexicanus y *D. frontalis* poseen grandes similitudes morfológicas, por lo que es necesario la observación en microscopio de su genitalia para su identificación (Salinas-Moreno *et al.* 2004), proceso de corroboración que no se realiza. Por ello, es necesario considerar que la presencia de actividad de saneamiento podría no ser representativa de la realidad ecológica de la presencia y afectación por descortezadores en la RBMM, dado que los factores bióticos podrían no ser los únicos involucrados en la actividad de saneamiento.

La falta del establecimiento del periodo de tiempo que le debe tomar a la SEMARNAT emitir la notificación de sanidad correspondiente, una vez que se le ha entregado el informe técnico es crítica, ya que, puede darse en periodos de entre seis días hasta cuatro meses (Deschamps Ramírez 2016), por lo que se puede favorecer el desarrollo de los brotes de infección, ya que al ciclo de vida de *D. mexicanus* puede completarse en tan solo 42 días y *Scolytus mundus* alrededor de seis meses (Cibrián *et al.*, 1995). Por ello es necesario el establecimiento de un periodo de tiempo para emitir un dictamen a los informes técnicos y considerar la afirmativa ficta, cuando la notificación no sea entregada a tiempo. Lo cual implicaría considerar que la respuesta de la autoridad es en sentido afirmativo. Aunque es necesario tomar en cuenta que el derribo y extracción de productos maderables por control de plagas fue despenalizada en la legislación de 1948, en la siguiente legislación (1960) la despenalización fue derogada, lo que permite suponer que la despenalización de esta práctica no tuvo un resultado satisfactorio.

De igual forma, las técnicas incluidas en la NOM-019 implican el derribo del arbolado infestado para el control de la plaga que, si bien, ello tiene como finalidad evitar el desarrollo de los brotes de infestación, no deja de ser una contribución a la pérdida de masa forestal. Por ello es necesario explorar técnicas que eviten un impacto ambiental severo, como el uso de semioquímicos¹⁴ para la dispersión de los descortezadores o la inyecciones sistémicas¹⁵, técnicas que han mostrado efectividad en la contención de la plaga, sin la necesidad del derribo del arbolado (INE, 1979). Pero sería fundamental evaluar si la incorporación de estas técnicas podría tener consecuencias adversas, sobre todo considerando su uso en áreas protegidas.

¹⁴ Esta técnica es incorporada en la NOM-019-SEMARNAT-2017, y es definida como: sustancia química volátil que utilizan los organismos como señal de comunicación para guiar, atraer, repeler o alertar a otros individuos de la misma u otra especie.

¹⁵ Dicho tratamiento no ha sido incluido en la NOM, pese a su mención en el manual de sanidad forestal, publicado por la SEMARNAT-CONAFOR en el año 2010.

Otro elemento que debe tomarse en cuenta es que la normatividad permite la apropiación de los productos resultantes del saneamiento, cuando el dictamen estipula como técnica de control el derribo y extracción del arbolado plagado, y es el titular del predio quien realiza las labores de sanidad, esta particularidad, permite evadir las restricciones de aprovechamiento forestal en las zonas núcleo de la RBMM, representando un ingreso económico para los dueños de los predios por la venta de los productos maderables resultantes. Otro sector beneficiado con esta actividad, es el de los prestadores de servicios técnicos profesionales, por el cobro de honorarios por la gestión de las autorizaciones correspondientes para realizar las actividades de saneamiento. Esta realidad puede generar presión por parte de estos sectores ante las instituciones gubernamentales para que se realicen labores de saneamiento en brotes incipientes que bien podrían ser producto de la dinámica natural del ecosistema. La extracción de la madera tratada, es una fuente de empleo y de ingresos, característica que podría generar un sesgo en las políticas establecidas a favor de la dinámica de extracción en los focos de infestación, a pesar de la polémica que generan los probables daños ecológicos a largo plazo que esta política puede generar (Six *et al.* 2014, Stokstad, 2017).

En esta investigación hemos encontrado que las disposiciones legales para la gestión de plagas forestales existen desde hace 91 años. No obstante, la legislación no ha logrado arraigarse entre los dueños y poseedores de los predios forestales en la RBMM, quienes señalaron desconocer la normatividad establecida para tales fines. Esto puede deberse a que, en la práctica, la aplicación técnica y administrativa del marco legal recae en los prestadores de servicios técnicos profesionales, quienes en general, consideran que la normatividad establecida no cumple con su cometido (eficiencia), aunque señalaron que es posible atender los procedimientos establecidos (viabilidad). Esta situación nos permite suponer que en el tema de plaga por descortezadores ha generado, desde sus orígenes, un estado de gobernabilidad y no de gobernanza, términos que, a decir de Brenner *et al.*, (2010), encuentran sus diferencias en la manera en que se establecen las políticas públicas, ya que la gobernanza implica la generación de acuerdos y la participación ciudadana, mientras la gobernabilidad es establecida mediante un esquema en el que el Estado es el único facultado para tomar e imponer decisiones. La gobernanza y la anidación institucional en predios comunales tienen un papel determinante en la gestión de episodios epidémicos de plaga por descortezadores, este hecho fue constatado en la investigación

realizada por Sánchez Vilchis, 2015, en una comunidad de Oaxaca. Fritzsche *et al.* (2016) señalan que en el contexto de cambio climático global, la gobernanza es necesaria para reducir la vulnerabilidad de un sistema socio-ecológico. En este caso, es posible suponer que si los dueños de los predios son conscientes del daño potencial que puede representar la plaga para sus bosques y la necesidad de identificar los brotes de plaga con oportunidad para realizar las acciones de contención, no sólo colaborarían en el cumplimiento de la normatividad por temor a sanciones o por el posible beneficio económico derivado de la extracción de productos maderables, sino que probablemente, lo harían con la convicción de incidir en la protección de los bosques, situación elemental para la sustentabilidad del sistema socio-ecológico. Esta propuesta coincide con lo mencionado por Ruhl (2012), quien afirma que las normas legalmente establecidas e institucionalizadas deben ser un sólido respaldo para las normas informales, que en un escenario de condiciones imprevistas podrían resultar insuficientes para asumir los retos complejos de la gestión de los recursos naturales.

6. CONCLUSIÓN

Contrario a lo esperado, la actividad de control de plaga por descortezadores en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca ha disminuido gradualmente y no ha presentado cambios en su distribución. Dicha actividad se ha concentrado principalmente en el estado de Michoacán, en la zona núcleo del noroeste del bloque principal de la RBMM, afectando mayoritariamente la especie *Abies religiosa*, mientras que las zonas de amortiguamiento donde se distribuyen principalmente las especies de *Pinus* y se permiten las actividades de silvicultura, presentan poca actividad de saneamiento.

La información oficial podría no ofrecer la certidumbre necesaria para conocer el comportamiento de las especies de descortezadores en la RBMM, ya que existe la posibilidad de diagnósticos erróneos de las especies plaga identificadas en campo.

Se encontraron deficiencias en la normatividad, como el no establecer el tiempo que debe tomar a la autoridad emitir la notificación para dar inicio a las actividades de sanidad, una vez que la plaga ha sido reportada y verificada, esta situación puede permitir el desarrollo de los brotes de plaga y dificultar su control. También se encontró una falta de inclusión de técnicas que favorecen el control de la plaga sin la necesidad del derribo del arbolado afectado. Además, el marco legal establecido ofrece una alternativa para evadir las restricciones de aprovechamiento forestal en las zonas núcleo de la reserva de la biosfera.

La principal problemática en la aceptación del marco legal se presenta con los dueños de los predios, ya que señalan desconocer la normatividad, situación que manifiesta el poco arraigo de la reglamentación y la fuerte dependencia a los prestadores de servicios técnicos en la gestión de sus bosques, por lo que es necesaria una estrategia que permita la apropiación de las reglas establecidas entre la población objeto de la normatividad.

El marco legal ha mostrado avances importantes en cuanto a los aspectos técnicos al incluir nuevos métodos de control de la plaga, sin embargo aún es necesaria una mejor difusión de la normatividad entre el gremio forestal, especialmente entre los dueños de los predios para su uso como herramienta de adaptación ante un escenario climático cambiante en la RBMM y, en general, en el país.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Allen, C. R., Angeler, D. G., Garmestani, A. S., Gunderson, L. H., y Holling, C. S. (2014). Panarchy: Theory and Application. *Ecosystems*, 17(4), 578–589.
<http://doi.org/10.1007/s10021-013-9744-2>
- Ambiental, C. para la C. (2008). *Plan de América del Norte Para la Conservación de la Mariposa Monarca. Biological Conservation* (Vol. 85).
- Armitage, D. (2013). Resilience and administrative law. *Ecology and Society*, 18(2), 10–11.
<http://doi.org/10.5751/ES-05611-180211>
- Atkinson, T. H. (2012). Estado de conocimiento de la taxonomía de los escarabajos descortezadores y ambrosiales de México (Coleoptera : Curculionidae : Scolytinae). In *XVI Simposio Nacional de Parasitología Forestal* (pp. 13–27). Comisión Nacional Forestal.
- Azuela, A. (2006). *Visionarios y pragmáticos: una aproximación sociológica al derecho ambiental* (Fontamara). México: Instituto de Investigaciones Sociales (UNAM).
Recuperado de <http://books.google.com.ar/books?id=xpBNAAAAMAAJ>
- Barij, N., Stokes, A., Bogaard, T., y Van Beek, R. (2007). Does growing on a slope affect tree xylem structure and water relations? *Tree Physiology*, 27(5), 757–764.
<http://doi.org/10.1093/treephys/27.5.757>
- Bentz, B. J., y Jönsson, A. M. (2015). Modeling Bark Beetle Responses to Climate Change. *Bark Beetles: Biology and Ecology of Native and Invasive Species*, 533–553.
<http://doi.org/10.1016/B978-0-12-417156-5.00013-7>
- Bentz, B. J., Régnière, J., Fettig, C. J., Hansen, E. M., Hayes, J. L., Hicke, J. A., ... Seybold, S. J. (2010). Climate Change and Bark Beetles of the Western United States and Canada: Direct and Indirect Effects. *BioScience Articles*, 60(8), 602–613.
<http://doi.org/10.1525/bio.2010.60.8.6>
- Bentz, B., Logan, J., MacMahon, J., Allen, C. D., Ayres, M., Berg, E., ... Wood, D. (2009). Bark beetle outbreaks in western North America: Causes and consequences. *Bark Beetle Symposium*, (November), 42. Recuperado de https://www.fs.fed.us/rm/pubs_other/rmrs_2009_bentz_b001.pdf
- Billings, R., Clarke, S., Espino, V., Cordon, P., Meléndez, B., Campos, J., y Baeza, G. (2004). Gorgojo descortezador e incendios: una combinación desastrosa para los

- pinares de América Central. *Revista Internacional de Silvicultura e Industrias Forestales*, 55, 15–18.
- Brañes, B. R. (2000). *Manual de derecho ambiental mexicano* (2nd ed.). México D.F.: Fondo de Cultura Económica.
- Brenner, L. (2009). Aceptación de políticas de conservación ambiental : el caso de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca. *Economía, Sociedad y Territorio*, 30, 259–295.
- Brenner, L., y San-German, S. (2012). Gobernanza local para el “ecoturismo” en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, México. *Alteridades*, 22(44), 131–146. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/alte/v22n44/v22n44a9.pdf>
- Brenner, L., Vargas, D., y Río, D. (2010). Gobernabilidad y gobernanza ambiental en México. La experiencia de la Reserva de la Biosfera Sian Ka’an. *Polis*, 6(2), 115–154.
- Brower, L. P., Taylor, O. R., Williams, E. H., Slayback, D. A., Zubieta, R. R., y Ramírez, M. I. (2012). Decline of monarch butterflies overwintering in Mexico: Is the migratory phenomenon at risk? *Insect Conservation and Diversity*, 5(2), 95–100. <http://doi.org/10.1111/j.1752-4598.2011.00142.x>
- Burton, P. J. (2010). Striving for sustainability and resilience in the face of unprecedented change: The case of the mountain pine beetle outbreak in British Columbia. *Sustainability*, 2(8), 2403–2423. <http://doi.org/10.3390/su2082403>
- Champo-Jiménez, Omar Valderrama-Landeros, L., y España-Boquera, M. L. (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*, XVIII(2), 143–157. <http://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.09.074>
- Christiansen, E., Waring, R. H., y Berryman, A. A. (1987). Resistance of Conifers to Bark Beetle Attack : Searching for General Relationships. *Forest Ecology and Management*, 22, 89–106.
- Cibrián, D., Mendez, J. . T., Campos, H. ., Yates, I., y Flores, J. . (1995). *Insectos Forestales de México*. Mexico D.F: SARH Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre de México. USDA Forest Service, Natural Resources Canada. Comisión Forestal de América del Norte FAO.
- CONAFOR. (2010). Manual De Sanidad Forestal. *Gerencia de Sanidad Forestal*. México: Comisión Nacional Forestal. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

- CONANP. (2001). *Programa de Manejo Reserva De La Biosfera Mariposa Monarca*. México. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- CONANP, (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). (2014). *Presencia y actividades de control de plagas, en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca*. Zitácuaro, Michoacán, México.
- Creeden, E. P., Hicke, J. A., y Buotte, P. C. (2014). Climate, weather, and recent mountain pine beetle outbreaks in the western United States. *Forest Ecology and Management*, 312, 239–251. <http://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.09.051>
- CTDSFM, (Comité Técnico de Sanidad Forestal en Michoacán). (2015). *Diagnóstico fitosanitario forestal del estado de Michoacán*. Morelia, Michoacán: Comisión Forestal del Estado de Michoacán.
- del-Val, E., y Sáenz-Romero, C. (2017). Insectos descortezadores (coleoptera: curculionidae). *Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*, 20(2), 53–60. <http://doi.org/10.1016/j.recqb.2017.04.006>
- Deschamps Ramírez, P. (2016). *Plagas forestales: hacia una política pública que fomente la acción de las comunidades dueñas de los bosques*. Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible, A.C. (CCMSS).
- Esquivel-Ríos, S., Cruz-Jiménez, G., Cadena-Inostroza, C., y Zizumbo-Villarreal, L. (2014). El turismo como instrumento de política ambiental en el Santuario de la Mariposa Monarca El Rosario. *Economía, Sociedad y Territorio*, 14, 141–174. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&ypid=S1405-84212014000100006&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- FAO. (2005). *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2005, México*. Departamento Forestal. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- FAO. (2012). *Forest Management and Climate Change : stakeholder perceptions*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fritzsche, K., Schneiderbauer, S., Bubeck, P., Kienberger, S., Buth, M., Zebisch, M., & Kahlenborn, W. (2016). El libro de la Vulnerabilidad. *Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH*.
- Gallopín, G. C. (2006). Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. *Global Environmental Change*, 16(3), 293–303.

<http://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.004>

- Halfpiter, G. (1984). Las reservas de la biosfera: conservación de la naturaleza para el hombre. *Acta Zoológica Mexicana*. Recuperado de http://www1.inecol.edu.mx/azm/documentos/1_58/5-Halfpiter.pdf
- Hernández-Ortiz, E. (2013). *Daño de Scolytus mundus wood y Pseudohylesinus variegatus En bosque de Abies religiosa (Kunth Schltld. et. Champ) De la Reserva “Mariposa Monarca.” UACH*. Universidad Autónoma de Chapingo.
- Holling, C. S. (2000). Theories for sustainable futures. *Himalayan Journal of Sciences*, 2(3). <http://doi.org/10.3126/hjs.v2i3.222>
- Holling, C. S. (2001). Understanding the Complexity of Economic, Ecological, and Social Systems. *Ecosystems*, 4(1), 390–405. <http://doi.org/10.1007/s10021-001-0101-5>
- Huerta, C. O. (1998). Las normas oficiales mexicanas en el ordenamiento jurídico mexicano. *Boletín Mexicano de Derecho Comparado*, No. 92, 32.
- Hulcr, J., Atkinson, T. H., Cognato, A. I., Jordal, B. H., y McKenna, D. D. (2015). Morphology, Taxonomy, and Phylogenetics of Bark Beetles. In *Bark Beetles: Biology and Ecology of Native and Invasive Species* (pp. 41–84). Elsevier Inc. <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-417156-5.00002-2>
- INE. (1979). *Primera reunión sobre plagas y enfermedades forestales*. México D. F.: Instituto Nacional de Ecología.
- Islas-Báez, A., Pérez-Miranda, R., González-Hernández, A., Romero- Sánchez, M. E., y Velasco-Bautista, E. (2015). Riesgo del hábitat de la Mariposa Monarca (*Danaus plexippus*) ante escenarios de cambio climático. *Ra Ximhai*, 11(5), 49–59.
- Islas Salas, F. (1980). *Observaciones sobre la biología y el combate de los escarabajos descortezadores de los pinos: Dendroctonus adjunctus blf; D. mexicanus hpk. y D. frontalis zimm., en algunas regiones de la república mexicana*. *Bol.-Téc.-Inst. Nac.-Invest.-For.-No. 66 México* (Vol. 66).
- Merino-Pérez, L., y Hernandez, A. M. (2004). Destrucción de instituciones comunitarias y deterioro de los bosques en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, Michoaca, Mexico. *Revista Mexicana de Sociología*, 66(2), 261–309. <http://doi.org/10.2307/3541458>
- Merino, P. L. (1999). Reserva Especial de la Biosfera Mariposa Monarca. *Reunión de América Del Norte Sobre La Mariposa Monarca*, 14.

- Napoles, J., Rosales, S., Equihua, A., y Gonzalez, H. (1997). Lista de Scolytidae y Platypodida de Mexico (insecta:Coleoptera). *Acta Zoologica Mexicana*.
- Navarrete, J. L., Ramírez, I. M., y Pérez-Salicrup, D. R. (2011). Logging within protected areas: Spatial evaluation of the monarch butterfly biosphere reserve, Mexico. *Forest Ecology and Management*, 262(4), 646–654.
<http://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.04.033>
- Orlandoni Merli, G. (2010). Escalas de medición en Estadística. *TELOS. Revista de Estudios Interdisciplinarios En Ciencias Sociales*, 12(2), 243–247. [http://doi.org/V.12 No. 2](http://doi.org/V.12.No.2)
- Ostrom, E. (2009). A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological Systems. *Science*, 336(june), 1529–1531. <http://doi.org/10.1126/science.1226338>
- Pérez, M. R., Moreno, S. F., González, H. A., Báes, I. A., Arriola, R. R., y Arriola, P. V. J. (2013). *Impactos de Cambio Climático en Abies religiosa (Kunth) Schltdl. et Cham. y Scolytus mundus Wood en la Reserva de la Biosfrea Mariposa Monarca*. México D.F.: CENID-COMEF. INIFAP.
- Pérez Miranda, R., y Arriola Padilla, V. J. (2014). *Criterios de alerta para el control y manejo del descortezador Scolytus mundus Wood en bosques de oyamel*. INIFAP (Vol. 01).
- Pérez, N. (2004). *Manejo ecológico de plagas (CEDAR)*. La Habana, Cuba: Centro de Estudios de Desarrollo Agrario y Rural-CEDAR. Recuperado de <http://www.fcnym.unlp.edu.ar/catedras/ecoplagas/Bibliografia.pdf>
- Ramírez, M. I., Cuauhtémoc, S.-R., Gerald, E. R., y Salas-Canela, L. (2015). Threats to the availability of overwintering habitat in the Monarch Butterfly Biosphere Reserve: land use and climate change. In *Monarchs in a changing world: biology and conservation of an iconic insect* (Cornell Un, pp. 157–168). New York.
- Ramírez, M. I., Guerrero, M. R., y Zubieta, H. R. (2006). Serie cartográfica Monarca Volumen I. Vegetación y cobertura de suelo. México: Instituto Nacional de Ecología.
- Ramirez, M. I., Miranda, R., Zubieta, R., y Jimenez, M. (2007). Land Cover and Road Network Map for the Monarch Butterfly Biosphere Reserve in Mexico, 2003. *Journal of Maps*, 5647(April), 181–190. <http://doi.org/10.4113/jom.2007.60>
- Rojas-Soriano, R. (2013). *Guia Para Realizar Investigaciones Sociales*. (P. y Valdés, Ed.) (13th ed., Vol. 33). México. <http://doi.org/10.1073/pnas.0703993104>

- Rubin-Aguirre, A., Saenz-Romero, C., Lindig-Cisneros, R., Del-Rio-Mora, A. A., Tena-Morelos, C. A., Campos-Bolaños, R., y del-Val, E. (2015). Bark beetle pests in an altitudinal gradient of a Mexican managed forest. *Forest ecology and management*, 343(March), 73–79. <http://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.01.028>
- Ruhl, J. B. (2012). Panarchy and the law. *Ecology and Society*, 17(4). <http://doi.org/10.5751/ES-05402-170437>
- Russel, H. B. (2006). *Métodos de Investigación en Antropología. Abordajes Cualitativos y Cuantitativos* (2nd ed.). USA: AltaMira Press.
- Sáenz-Ceja, J. E. (2015). *Reconstrucción dendrocronológica de la historia de establecimiento de Pinus pseudostrobus y Abies religiosa en la RBMM*. UNAM.
- Sáenz-Romero, C., Rehfeldt, G. E., Duval, P., y Lindig-Cisneros, R. A. (2012). Abies religiosa habitat prediction in climatic change scenarios and implications for monarch butterfly conservation in Mexico. *Forest Ecology and Management*, 275(April), 98–106. <http://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.03.004>
- SAGAR, (Secretaría de Agricultura y Ganadería). (1948). Ley Forestal. *Diario Oficial de La Federación*.
- SAGAR, (Secretaría de Agricultura y Ganadería). Reglamento General de La Ley Forestal (1950). Ciudad de México. Recuperado de <http://www.dof.gob.mx/copias.php?acc=ajaxPaginas&paginas=todas&seccion=UNICA&edicion=198760&ed=MATUTINO&fecha=15/09/1950>
- Salinas-Moreno, Y., Mendoza, C. F. V., Zúñiga, G., Víctor, J., Ager, A. A., y Hayes, J. L. (2010). *Atlas de distribución geográfica de los descortezadores del género Dendroctonus (Curculionidae: Scolytinae)*. Jalisco, México: IPN-CONAFOR.
- Salinas-Moreno, Y., Mendoza, M. G., Barrios, M. A., Cisneros, R., Macías-Sámamo, J., y Zúñiga, G. (2004). Areography of the genus Dendroctonus (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in Mexico. *Journal of Biogeography*, 31(7), 1163–1177. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2004.01110.x>
- Sánchez-Martínez, G., Torres-Espinoza, L. M., Vázquez-Collazo, I., González-Gaona, E., y Narváez-Flores, R. (2007). *Monitoreo y manejo de insectos descortezadores de coníferas* (INIFAP, CI). Aguascalientes, Méx.
- Sánchez Vilchis, M. (2015). *Resiliencia del sistema socio-ambiental de Capulálpam de Méndez, Oaxaca, ante una plaga por descortezador de pino*. UNAM.

- SEMARNAP. Decreto por el que se declara área natural protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, la región denominada Mariposa Monarca, Diario Oficial de la Federación 5–29 (2000). Recuperado de <http://132.248.65.10/infjur/leg/docleg/fed/indices/2000/oct/26102000.pdf>
- SEMARNAT. (2008). Norma Oficial Mexicana NOM-019-SEMARNAT-2006, que establece los lineamientos técnicos de los métodos para el combate y control de insectos descortezadores. *Diario Oficial de La Federación*, 16.
- SEMARNAT. (2018). NOM-019-SEMARNAT-2017. *Diario Oficial De La Federacion*.
- Simard, M., Powell, E. N., Raffa, K. F., y Turner, M. G. (2012). What explains landscape patterns of tree mortality caused by bark beetle outbreaks in Greater Yellowstone? *Global Ecology and Biogeography*, 21(5), 556–567. <http://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2011.00710.x>
- Six, D., Biber, E., y Long, E. (2014). Management for Mountain Pine Beetle Outbreak Suppression: Does Relevant Science Support Current Policy? *Forests*, 5(1), 103–133. <http://doi.org/10.3390/f5010103>
- SMN, (Servicio Meteorológico Nacional). (2017). Monitoreo de sequía en México. Recuperado de <http://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-en-mexico>
- Sproull, G. J., Bukowski, M., McNutt, N., Zwijacz-Kozica, T., y Szwagrzyk, J. (2017). Landscape-level spruce mortality patterns and topographic forecasters of bark beetle outbreaks in managed and unmanaged forests of the Tatra Mountains. *Polish Journal of Ecology*, 65(1), 24–37. <http://doi.org/10.3161/15052249PJE2017.65.1.003>
- Stark, R. W. (1982). Generalized ecology and life cycles of bark beetles. *The Bark Beetles, Fuels, and Fire Bibliography*, 197, 21–45. Recuperado de <http://digitalcommons.usu.edu/barkbeetles/197>
- Stokstad, E. (2017). Last stands. *SCIENCE*, 358, 5.
- Urquiza, G. A., y Cadenas, H. (2015). Sistemas socio-ecológicos: elementos teóricos y conceptuales para la discusión en torno a vulnerabilidad hídrica. *L'Ordinaire Des Amériques*, 218(2015), online. <http://doi.org/10.4000/orde.1774>
- Vásquez Collzo, I., Sánchez Martínez, G., y Madrigal Huendo, S. (2007). Fluctuación poblacional de *Dendroctonus mexicanus* hopk. bajo dos condiciones de manejo forestal en Michoacán, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 21.

- Vázquez Collazo, I., Madrigal Huendo, S., Garcia Zarco, J., Perez Morales, A. liliana, y Villa Rodriguez, A. (2006). *Diagnóstico sanitario forestal en el estado de Michoacán. Campo Experimental Uruapan. INIFAP. Uruapan, Michoacán, México: Campo Experimental Uruapan. CIRPAC. INIFAP.*
- Walker, B., Gunderson, L., Kinzig, A., Folke, C., Carpenter, S., y Schultz, L. (2006). A handful of heuristics and some propositions for understanding resilience in social-ecological systems. *Ecology and Society*, 11(1). <http://doi.org/10.5751/ES-01530-110113>

APÉNDICE

Fecha: ____ / ____ / ____

Tipo de relación con el sector forestal:

Ejidatario/Comunero _____ Prestador de servicios técnico profesional _____

Funcionario público _____ Otro ____ Cuál: _____

Responda según los siguientes enunciados colocando una X en el recuadro con la respuesta que considere más adecuada.

1.- A decir de usted, la plaga por descortezadores en los 10 últimos años ha:

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Aumentado mucho | <input type="checkbox"/> Disminuido un poco |
| <input type="checkbox"/> Aumentado un poco | <input type="checkbox"/> Disminuido mucho |
| <input type="checkbox"/> Se mantiene igual | |

2.- Considera que los descortezadores son:

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Un problema grave | <input type="checkbox"/> Un problema menor |
| <input type="checkbox"/> Un problema | <input type="checkbox"/> No son un problema |
| <input type="checkbox"/> Un problema más | |

3.- ¿Conoce la Ley de Desarrollo Forestal Sustentable?

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Sí, la conozco, la he leído | <input type="checkbox"/> He oído hablar de ella |
| <input type="checkbox"/> He leído un poco de ella | <input type="checkbox"/> No la conozco |
| <input type="checkbox"/> Me la han explicado | |

4.- ¿Conoce la Norma oficial para el control y combate de insectos descortezadores?

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Sí, la he leído | <input type="checkbox"/> He oído hablar de ella |
| <input type="checkbox"/> He leído un poco de ella | <input type="checkbox"/> No la conozco |
| <input type="checkbox"/> Me la han explicado | |

5.- El procedimiento establecido para el control de descortezadores es:

- | | | |
|--|-------------------------------------|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Totalmente inadecuado | <input type="checkbox"/> Inadecuado | <input type="checkbox"/> Adecuado |
| | <input type="checkbox"/> No sé | <input type="checkbox"/> Muy adecuado |

6.- Obtener una autorización para realizar actividades de saneamiento es:

- | | |
|------------------------------------|--------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Muy Fácil | <input type="checkbox"/> Difícil |
| <input type="checkbox"/> Fácil | <input type="checkbox"/> Muy difícil |
| <input type="checkbox"/> Lo normal | |

7.- Opina que el tiempo en obtener una notificación para realizar los trabajos de saneamiento es:

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Adecuado | <input type="checkbox"/> Inadecuado |
| <input type="checkbox"/> Poco adecuado | <input type="checkbox"/> Muy inadecuado |
| <input type="checkbox"/> Normal | |

8.- Considera que los acuerdos tomados en los consejos forestales con relación al control de las plagas:

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Han dado muy malos resultados | <input type="checkbox"/> Han dado buenos resultados |
| <input type="checkbox"/> Han dado malos resultados | <input type="checkbox"/> Han dado muy buenos resultados |
| <input type="checkbox"/> No han hecho diferencia | |

9.- Cree que las reglas establecidas para atender las plagas por descortezadores:

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Son fáciles de cumplir | <input type="checkbox"/> Es difícil cumplirlas |
| <input type="checkbox"/> Se pueden cumplir | <input type="checkbox"/> No se pueden cumplir |
| <input type="checkbox"/> No sé | |

Comentarios: _____

¡GRACIAS!