



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

**FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFÍA**

**DINÁMICA AMBIENTAL DE LOS
INCENDIOS FORESTALES EN LOS
TUXTLAS. ESTUDIO DE CASO EJIDO
MECAYAPAN, VER., MÉXICO.**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN GEOGRAFÍA**

PRESENTA:

PAULA GARCÍA LÓPEZ



ASESOR DE TESIS:

MTRO. JOSÉ MANUEL ESPINOZA RODRÍGUEZ

CIUDAD UNIVERSITARIA. CD.MX. 2022



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.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México por ser el pilar de mi formación académica y ser mi segunda casa para formarme personalmente.

Al proyecto PAPIIT No. IA300521: “Configuración territorial de las redes sociales involucradas en el manejo del fuego en las reservas de la biosfera mexicanas con presencia de selva alta perennifolia”, por el apoyo para el presente trabajo.

A la CONAFOR (Enlace estatal Veracruz) y la CONANP (Dirección de Operación Regional y Dirección de la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas) por proporcionar los datos de incidencia de incendios.

Al Mtro. José Manuel, gracias, por ser mi asesor, por sus enseñanzas en cada una de las materias que imparte, por sus comentarios y sugerencias para realizar este trabajo. Al Dr. Christoph Neger, gracias por sus consejos y los aportes que hizo a este trabajo, por su confianza, gracias. A la Dra. Lilia gracias por su tiempo para adentrarme en el mundo del análisis satelital y por sus aportaciones para la realización de esta tesis. A la Dra. Leticia y al Mtro. Enrique, gracias, por su tiempo y sus comentarios para mejorar este trabajo.

A mi mamá por el gran apoyo que me brinda, por su esfuerzo, sus consejos, los ánimos y el gran amor que me da, gracias mamá, te amo. A mi hermano, porque sin él, este no hubiera sido mi camino. A las personas que ya no están en este mundo, pero siguen presentes en mis pensamientos, gracias por ser parte de mi vida, por las porras que siempre me brindaron, por los consejos y las enseñanzas de vida que me dieron y por darme un hogar en el que tuve una buena vida. A los caninos que día y noche siempre están haciéndome compañía. A toda mi familia, gracias por todo.

A Donna Laura por ser amiga incondicional, porque a pesar de los años sigue celebrando mis logros y aconsejándome para ser mejor cada día, te quiero siempre. A Ricardo por haber sido un gran compañero de vida, por apoyar mis decisiones y por el gran apoyo que siempre me brinda. A mis amigos de prepa 5, Icel y Daniel gracias por estar desde tiempos inmemorables, por permanecer y seguir haciendo buenos recuerdos, a Fanny porque las risas contigo nunca faltan, a Giovanni, Andrea, Juana, Mireya, Chino, gracias por las vivencias y aprendizajes, gracias por estar. A mis amigos y compañeros de la licenciatura, las enseñanzas que me dejaron y las experiencias que tuve a lo largo de la carrera con cada uno, gracias.

Contenido

Introducción	5
Planteamiento del problema	5
Justificación	6
Hipótesis	6
Objetivo general	7
Objetivos particulares	7
Estructura de la tesis	7
Capítulo 1. Marco de referencia	8
1.1 Dinámica ambiental de los incendios forestales	8
1.2 El estudio de los incendios forestales desde la Geografía.....	11
1.3 Estudios de los incendios forestales a partir de las imágenes satelitales.....	13
1.4 El ejido.....	15
1.4.1 Definición del ejido.....	15
1.4.2 Conformación del ejido.....	16
1.4.3 Los ejidos en México.....	17
Capítulo 2. Área de Estudio	19
2.1 Descripción de los aspectos físicos de la zona de estudio.....	19
2.1.1 Localización.....	19
2.1.2 Clima	21
2.1.3 Vegetación.....	22
2.1.4 Fauna	24
2.2 Población	25
2.3 Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas	26
2.4 Incendios registrados en la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas.....	28
Capítulo 3. Materiales y Método	30
3.1 Insumos de información.....	30
3.1.1 Imágenes Landsat 8.....	30
3.1.2 Puntos de calor FIRMS.....	34
3.2 Procesamiento de las imágenes satelitales.....	34
3.2.1 Aplicación de máscara de nubes.....	35
3.2.2 Calibración radiométrica.....	35
3.3 Índices espectrales para la delimitación de áreas quemadas.....	36

3.3.1 Delta NBR.....	36
3.3.2 BAIM.....	37
3.4 Elaboración de cartografía.....	38
3.5 Entrevistas.....	39
Capítulo 4. Resultados.....	40
4.1 Análisis de áreas quemadas identificadas.....	40
4.2 Entrevistas.....	56
Conclusiones.....	61
Referencias.....	65
Anexo.....	74
1. Estructura de las entrevistas.....	74

Índice de figuras

Figura 1. Localización.....	19
Figura 2. Ejidos del Municipio de Mecayapan (RAN, 2019).....	20
Figura 3. Clima.....	21
Figura 4. Cobertura de suelo y vegetación.....	22
Figura 5. Bosque de pino, ubicado al norte del ejido Mecayapan.....	23
Figura 6. Imagen satelital LANSAT del 30 de abril de 2019 con combinación de bandas 7, 5, 4.....	33
Figura 7. Aplicación del BAIM a la imagen Landsat 8 del 30 de abril de 2019, las áreas que se observan en color blanco corresponden a superficies quemadas.....	38
Figura 8. Superposición de puntos de calor y áreas quemadas delimitadas con BAIM en la imagen de 30 de abril de 2019.....	40
Figura 9. Puntos de calor FIRMS 2016 - 2020.....	41
Figura 10. Áreas quemadas 2016 - 2020.....	42
Figura 11. Áreas quemadas y puntos de calor, 2016.....	45
Figura 12. Áreas quemadas y puntos de calor, 2017.....	47
Figura 13. Áreas quemadas y puntos de calor, 2018.....	50
Figura 14. Áreas quemadas y puntos de calor, 2019.....	52
Figura 15. Áreas quemadas y puntos de calor, 2020.....	55
Figura 16. Actores involucrados en la gestión del riesgo de incendios forestales en la RBTL en la actualidad (2019/2020).....	57

Figura 17. Bosque de pino ubicado al norte del municipio Mecayapan, afectado por un incendio forestal.....	62
------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Índice de tablas

Tabla 1. Aplicaciones de bandas Landsat 8.....	31
Tabla 2. Fechas de imágenes satelitales seleccionadas, path/row 23/47	34
Tabla 3. Total ha de áreas quemadas por año.....	43
Tabla 4. Total de áreas quemadas en Mecayapan, 2016	44
Tabla 5. Total áreas quemadas, 2017	48
Tabla 6. Total ha de áreas quemadas, 2018	49
Tabla 7. Total áreas quemadas, 2019	53
Tabla 8. Total áreas quemadas, 2020	54

Introducción

Desde el principio de los tiempos los incendios forestales de origen natural han estado presentes en la naturaleza, el hombre ha utilizado el fuego como herramienta desde hace miles de años con el fin de gestionar el territorio. Sin embargo, con el aumento de la población y por lo tanto la demanda de recursos naturales y que las épocas de sequías son cada vez más intensas, dichos fenómenos se han acentuado y se han vuelto más frecuentes, particularmente los provocados por el hombre afectando miles de hectáreas, haciendo más vulnerables a los ecosistemas (FAO, 2001; Nasi et al., 2001).

En el mundo ocurren en promedio más de 100,000 incendios forestales cada año que afectan a más de 1.5 millones de hectáreas de superficie terrestre (National Geographic, 2010). Mientras que en México tan sólo en 2019 se reportaron 7,410 incendios, de los cuales en el estado de Veracruz se registraron 230 (CONAFOR, 2020). De los 230 incendios que se reportaron en Veracruz, 29 incendios ocurrieron en la región de Los Tuxtlas afectando 1,685.25 hectáreas, de los cuales 11 se presentaron en el municipio de Mecayapan con una superficie afectada de 173 hectáreas (Protección Civil, 2020).

Las imágenes satelitales permiten identificar los incendios activos, así como las áreas quemadas, gracias a que las imágenes se pueden obtener en formato digital pueden ser procesadas en diferentes softwares y conectarse con otras bases de datos para la generación de cartografía (Nasi et al., 2001; Chuvieco, 2009)

La presente investigación pretende hacer un análisis de la dinámica ambiental de los incendios forestales en el ejido de Mecayapan, integrando la información obtenida de imágenes satelitales y los registros de incendios forestales.

Planteamiento del problema

Los incendios forestales son un fenómeno que se inicia de manera natural (por descargas eléctricas o erupciones volcánicas) o son iniciados por el hombre. En la actualidad, la mayoría de los incendios forestales son provocados por la actividad humana (CONAFOR, 2010). En México, según la Comisión Nacional Forestal, se registra un promedio de ocho mil incendios al año en los ecosistemas terrestres del país (Pérez, 2019).

Las principales consecuencias de los incendios forestales son la pérdida de la cobertura vegetal, la muerte de fauna y la pérdida del hábitat de ciertas especies, así como el desplazamiento de fauna y la pérdida de recursos para los pobladores cercanos (Ramírez, 2014). Cabe destacar que los incendios forestales también son benéficos para

algunos ecosistemas, dependiendo de la adaptación del ecosistema al fuego, ya que proporciona nutrientes al suelo y permite una mejor regeneración del bosque (Moscovich et al., s/f).

La Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas (RBLT), donde se encuentran algunos de los últimos remanentes de bosques tropicales del país, se ha visto afectada en las últimas décadas por la deforestación, perdiendo el 60% de su cobertura forestal (Von Thaden et al., 2020). Si bien los incendios forestales no son la principal causa de la deforestación, son parte de una problemática ambiental, dependiendo de la magnitud del incendio y la sensibilidad del ecosistema. En este caso, los bosques tropicales son sensibles al fuego, ya que la vegetación original tarda siglos en recuperarse (CONAFOR, 2010).

En los últimos diez años dentro de la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas, se han reportado más de 500 incendios que han afectado un aproximado de 4,089 hectáreas de las 155 mil hectáreas que tiene la reserva (Protección Civil, 2020). Mecayapan es el municipio (dentro de la RBLT) en el que se han reportado más incendios forestales al año en los últimos años, durante el periodo de sequías que va de marzo a junio (Protección Civil, 2020).

Justificación

Estudiar la dinámica ambiental de los incendios forestales en el municipio de Mecayapan es de suma importancia, al ser los bosques tropicales ecosistemas sensibles al fuego, ya que la vegetación original tarda siglos en recuperarse. Después de un incendio de gran magnitud es necesario conocer la transformación que ha tenido el ecosistema a causa de los incendios forestales para identificar las áreas que han sido más afectadas por los incendios forestales, plantear medidas de restauración del ecosistema si así lo requiere, así como la búsqueda de planes que integren a la población del municipio para evitar y combatir los incendios forestales, así como tener un mejor manejo del fuego dentro del municipio.

Hipótesis

En el periodo de 2016 a 2020 el ejido Mecayapan fue la zona en la con mayor incidencia de incendios forestales, en el municipio de Mecayapan, en la temporada seca que va de marzo a junio, principalmente en la zona del ejido que pertenece a la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas, tanto en ecosistemas sensibles al fuego como la selva alta perennifolia, como en ecosistemas adaptados al fuego, como los bosques de pino.

Objetivo general

Analizar la dinámica ambiental de los incendios forestales en el ejido de Mecayapan dentro de la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas, Veracruz, en los últimos cinco años, del 2016 al 2020.

Objetivos particulares

1. Conocer la dinámica ambiental de los incendios forestales.
2. Caracterizar los elementos geográficos del ejido de Mecayapan que lo hacen ser parte de la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas.
3. Identificar las zonas más afectadas por incendios forestales en el ejido de Mecayapan, en el periodo de 2016 a 2020.
4. Conocer la gestión de los incendios forestales

Estructura de la tesis

El presente trabajo está estructurado en 4 capítulos, el capítulo 1 da el marco de referencia, en el cual se aborda cómo es el comportamiento de los incendios forestales, sus fuentes de origen, sus causas, sus consecuencias y los tipos que hay. También se realizó una investigación sobre los trabajos previos sobre incendios forestales y el uso de la teledetección para identificar áreas quemadas.

En el capítulo 2, área de estudio, se hace una descripción del medio físico del ejido Mecayapan, así como de su población. Se mencionan datos referentes a la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas, ya que parte del ejido forma parte de la misma y se mencionan los incendios que se han registrado previamente en la reserva.

En el capítulo 3, materiales y método, se describen los materiales que se utilizaron para el análisis de los incendios forestales ocurridos en el municipio y el ejido Mecayapan, así como el método que se llevó a cabo para obtener la delimitación de las áreas quemadas.

Finalmente, en el capítulo 4, se hace la interpretación de la cartografía obtenida, comparándola con los datos oficiales de la CONANP y CONAFOR. También se destacan las principales ideas obtenidas de las entrevistas realizadas a actores que participan en el combate a los incendios forestales.

Capítulo 1. Marco de referencia

1.1 Dinámica ambiental de los incendios forestales

Un incendio forestal es fuego, ya sea de origen natural o antrópico, extendiéndose sin control en los ecosistemas terrestres propagándose a través de la vegetación (Pausas, 2012). Los incendios forestales tienen distintas fuentes de origen, por causas naturales, como son los rayos o erupciones volcánicas, y los iniciados por el hombre ya sea de forma accidental o de manera intencionada (Pausas, 2012).

De acuerdo con CONAFOR (2019a), las causas de los incendios forestales son:

- Actividades agrícolas, uso del fuego en la preparación del terreno para la siembra de cultivos.
- Actividades pecuarias, para la renovación de los pastizales.
- Otras actividades productivas, como actividades relacionadas con la minería, industria y construcción.
- Transportes, accidentes vehiculares y aéreos por la quema de combustible.
- Intencional, vandalismo, litigios, cambio de uso de suelo.
- Fogatas, descuidos de visitantes y turistas.
- Limpia de derechos de vía, para eliminar la vegetación que se encuentra a orillas de la vialidad.
- Fumadores, por tirar colillas de cigarro encendidas cerca de áreas forestales.
- Quema de basureros, quema de basura en zonas aledañas a zonas forestales.
- Cazadores, fuego para ahuyentar a la fauna silvestre y cazarla.
- Festividades y rituales, uso de cohetes que caen encendidos en zonas forestales.
- Desconocidas, no se sabe el origen de la causa.

Como parte de las actividades agrícolas que son una causa de incendios forestales, el sistema agroforestal de tumba, roza y quema, implementado por los olmecas y los mayas en las zonas tropicales (Martínez y Rodríguez, 2008), sigue llevándose a cabo en la agricultura y en zonas de pastizales para la cría de ganado, como parte de las costumbres de la población de algunos estados (SEMARNAT, 2002).

Según datos de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2019) el 97% de los incendios forestales reportados son provocados por el hombre y sólo

el 3% por causas naturales; entre el 37% y 40% de los incendios forestales son causados por las quemadas agropecuarias consecuencia del mal manejo del fuego.

De acuerdo con la forma en que se comporta el fuego hay tres tipos de incendios: incendios superficiales, incendios subterráneos e incendios aéreos. Los incendios superficiales ocurren cuando el fuego se dispersa horizontalmente sobre la vegetación, alcanzando una altura de hasta un metro y medio; este tipo de incendio afecta a los combustibles vivos y muertos (CONAFOR, 2010), entendiendo como combustibles vivos todas las hierbas, arbustos, árboles o plantas que se encuentran debajo de las copas de estos, mientras que los combustibles muertos son los troncos, las ramas y las hojas que se sitúan en el suelo (Villers, 2006). Los incendios subterráneos son aquellos en donde el fuego se propaga bajo la superficie del terreno, en los cuales la materia orgánica y las raíces son las que se queman; generalmente no producen llamas y emiten poco humo. Por último, los incendios de copa o aéreos son los más peligrosos y destructivos; en ellos, las llamas escalan la vegetación hasta llegar a las copas de los árboles, consumiéndola toda (CONAFOR, 2010).

Los factores que intervienen en el comportamiento de un incendio forestal son conocidos como la gran tríada: combustibles + topografía + tiempo atmosférico (CONAFOR, 2010):

a) La cantidad de humedad, la condición y el tamaño, son componentes indispensables para comprender cómo se queman los combustibles (Villers, 2006).

b) La topografía, influye en el comportamiento del fuego de acuerdo con la configuración de la superficie terrestre como la pendiente o inclinación del terreno, la altitud o elevación y la orientación con respecto al sol (Villers, 2006).

c) El tiempo atmosférico es el factor de mayor influencia en el comportamiento del incendio, sus elementos son la temperatura, la humedad relativa y los vientos. Las altas temperaturas propician el inicio de un incendio y que el fuego se mantenga vivo; cuando la humedad relativa es menor al 30% favorece la propagación del incendio; la dirección y la velocidad de los vientos determinan el rumbo del incendio, si el viento cambia de dirección frecuentemente propicia brotes nuevos de fuego (CENAPRED, 2014).

Otro elemento que incide en el desarrollo de un incendio forestal es la temporada. En México en la zona centro, norte, noreste, sur y sureste la temporada inicia en enero y finaliza en junio; y en la zona noroeste la comienza en mayo y concluye en septiembre, en ambas zonas las temporadas coinciden con la época de sequías (CONAFOR, 2010). Otro

elemento que también puede tener influencia en el origen de un incendio forestal son los asentamientos humanos. Si el hombre tiene facilidad de acceso a una zona forestal, ésta es propensa a un incendio provocado por el hombre (CONAFOR, 2010).

Como sociedad hemos asociado al fuego como una amenaza, sin embargo, el fuego puede ser benéfico para la naturaleza, ya que ayuda a mantener la biodiversidad. Algunos ecosistemas se han adaptado al fuego, puesto que permite la incorporación de nutrientes, elimina plagas y malezas, favoreciendo el crecimiento de la vegetación (CONAFOR, 2010). Los incendios forestales también contribuyen a la renovación del pastizal siendo apetecible para el ganado y la fauna silvestre; favorecen la regeneración de ciertas especies y abaten el material combustible reduciendo el riesgo de incendios mayores (CENAPRED, 2014).

De acuerdo con el régimen de fuego que poseen los ecosistemas, es decir cuán beneficioso o dañino es el fuego en los biomas, se clasifican en tres categorías (CONAFOR, 2010):

- Ecosistemas dependientes del fuego: han desarrollado adaptaciones al fuego como cortezas gruesas para responder positivamente al fuego y permitir su propagación (Nájera, 2013).
- Ecosistemas independientes del fuego: son los ecosistemas fríos, húmedos o muy secos, con poca o casi ninguna vegetación, por lo que el fuego tiene un papel nulo o de muy poco impacto (Nájera, 2013).
- Ecosistemas sensibles al fuego: son aquellos que carecen de adaptaciones para responder a los incendios, por lo que un incendio de baja intensidad puede ser para estos ecosistemas de alta mortalidad (Nájera, 2013).

Las consecuencias de los incendios en los servicios ecosistémicos son: pérdida de vegetación que retiene el agua, por lo que no hay filtración al subsuelo hacia los mantos freáticos; los suelos son expuestos y susceptibles a la erosión, desaparece el hábitat de la fauna silvestre, por lo que esta es desplazada y las cadenas alimenticias pierden su equilibrio; el clima se ve alterado al haber menos vegetación que generen oxígeno, el efecto invernadero de la atmósfera aumenta por los gases liberados en el incendio; las plantas y árboles quedan desprotegidos ante plagas y enfermedades y se daña su capacidad de crecimiento, todo esto es una cadena de reacciones que contribuye al calentamiento global (CONAFOR, 2010).

Algunos de los efectos de los incendios forestales en la vida del hombre son: la pérdida de vidas humanas; la contaminación de suelos, agua y atmósfera; daños a la propiedad pública y privada como bosques, terrenos agrícolas y ganaderos, áreas de recreación, parques y reservas nacionales; pérdidas económicas en cultivos forestales, cosechas agrícolas, ganado, maquinaria e infraestructura utilizada en las actividades productivas (Castillo et al., 2003).

1.2 El estudio de los incendios forestales desde la Geografía

En México los estudios sobre incendios forestales se han hecho desde distintas perspectivas tales como la Ecología, la Geografía, la Biología, Ciencias de la Tierra y la Ingeniería, cada una de las cuales se enfoca en la información que desee estudiar. Por ejemplo, la Biología puede abordar a la vegetación dañada y la restauración del ecosistema, mientras que la Geografía se enfoca en la distribución de los incendios y los recursos afectados que son fundamentales para la población de la zona.

Dado que la Geografía es una ciencia multidisciplinar, permite tener una visión más amplia al estudiar una problemática ambiental. En el caso de los incendios forestales se analizan las variables que inciden en esta problemática, tales como ubicación del lugar, la vegetación, la topografía, el clima, la población, entre otras, haciendo un análisis integrado del paisaje (Álvarez, 2000).

Considerar a los incendios forestales como un fenómeno geográfico (Salas, 1994, citado en Álvarez, 2000) permite dejar claras las aportaciones que puede hacer la Geografía en el campo de la prevención y el combate de los incendios forestales, desde diversas perspectivas de actuación tales como: 1) cartografiar la ocurrencia de los incendios para identificar las zonas vulnerables al fuego; 2) analizar los efectos en el paisaje y adoptar medidas para combatir la erosión como producto de los incendios forestales y regenerar las zonas afectadas; 3) determinar áreas de riesgo a partir de la interacción de factores medioambientales y sociales así como su distribución en el espacio, siendo éstos importantes para las tareas de prevención de incendios forestales.

Las investigaciones que se han realizado en torno a los incendios forestales desde la ciencia geográfica han dado como resultado: la obtención de índices de peligro y riesgo de incendios. Trabajos relacionados con la predicción del comportamiento del fuego, valoración y cartografía del riesgo (Álvarez, 2000).

La Geografía se auxilia de herramientas de otras disciplinas para analizar los problemas ambientales. Los estudios más recientes hechos desde la perspectiva geográfica han utilizado: índices de áreas quemadas, generación de bases de datos, la realización de encuestas o entrevistas a la población de interés, el uso de técnicas de percepción remota, el uso de imágenes satelitales y la generación de cartografía con base en los resultados.

En la última década se han hecho varios estudios geográficos sobre incendios forestales; en la mayoría se busca representar las áreas quemadas por medio de la cartografía para determinar el tamaño del daño causado por el incendio, obteniendo un mejor análisis de la problemática, ya que a través de la cartografía se tiene una mayor visualización del problema, para fortalecer las acciones de prevención y control de incendios forestales. Como ejemplo de esto se puede mencionar el trabajo de Martínez (2015), en el cual hace un análisis con apoyo de Sistemas de Información Geográfica para representar cartográficamente los incendios forestales ocurridos en el estado de Querétaro.

Díez (2007) y González (2020) enfocan sus estudios a la evaluación del peligro y la vulnerabilidad, respectivamente. Utilizaron índices y tasas para la elaboración de cartografía y modelos probabilísticos de susceptibilidad a incendios forestales e identifican las áreas de mayor y menor peligro a incendios forestales.

Las investigaciones de Espinoza (2015, 2020), se enfocan en la relación de los incendios con fenómenos como la sequía, La Niña y El Niño-Oscilación del Sur (ENOS). Esos estudios sirven para crear estrategias de conservación de la biodiversidad y de mitigación y adaptación frente a la variabilidad climática.

Espinoza (2015) en su trabajo Incendios Forestales en el estado de San Luis Potosí, México asociados a la sequía, menciona otras formas para estudiar los incendios forestales, las cuales consisten en los registros históricos del fuego. El inventario de los árboles quemados permite conocer los regímenes históricos del fuego y con el estudio de los anillos de los árboles se puede obtener información de eventos naturales o antropogénicos y la fecha en que ocurrieron dichos acontecimientos.

Perea, Meroño, y Aguilera (2009) y García (2019) hacen uso de imágenes satelitales y fotografías aéreas que, por cuyo procesamiento, se puede obtener una visión de la magnitud del incendio y el tipo de vegetación que fue afectada. Estos estudios se auxilian

de la percepción remota e índices que permiten el procesamiento de imágenes para una mejor interpretación y observación del tipo de vegetación afectada.

El presente trabajo se integra en esta línea de investigación abordando el estudio de los incendios forestales a partir del análisis de imágenes satelitales por medio de la percepción remota.

1.3 Estudios de los incendios forestales a partir de las imágenes satelitales

Hace algunos años la delimitación del área quemada y la evaluación del daño se llevaban a cabo mediante trabajo de campo recorriendo la zona afectada. Este proceso era lento y poco preciso (Chuvieco y Martín, 1998, citado en Jiménez, 2017).

La Teledetección o también conocida como Percepción Remota es una técnica que ha evolucionado en las últimas décadas gracias a la mejora que ha tenido la tecnología satelital (Secretaría de Marina (SEMAR), 2009), técnica que permite adquirir información de un objeto o área sin estar en contacto físico con el objeto o área.

Todos los elementos que componen a la naturaleza tienen una respuesta espectral que se denomina firma espectral o signatura espectral. Con la teledetección se pueden ver las variaciones espectrales, espaciales y temporales de las ondas electromagnéticas. El principal objetivo de la teledetección es identificar los materiales de la superficie terrestre y los fenómenos que ocurren en la misma por medio de la firma espectral (Sacristán, 2005).

De acuerdo con Chuvieco (2008), un sistema de teledetección espacial se compone de seis elementos que son: 1) Una fuente de energía, la más importante es el Sol, aunque también puede hacerse teledetección a partir de la energía emitida por los mismos objetos observados; 2) Cubierta terrestre, que se encuentra formada por distintas masas de vegetación, suelos, agua o construcciones humanas que reciben la energía del Sol y la reflejan o emiten de acuerdo con sus características físicas; 3) Sistema sensor, compuesto por el sensor y la plataforma que lo alberga (satélites, aviones, etc.), donde la misión del primero es captar la energía proveniente de la cubierta terrestre, codificarla, grabarla o enviarla directamente al sistema de recepción; 4) Sistema de recepción, en el cual se recibe la información transmitida por la plataforma, se graba en un formato apropiado y, después de haberle aplicado las debidas correcciones, se distribuye a los interesados; 5) Intérprete, el cual convierte los datos obtenidos en información temática de utilidad para facilitar la evaluación del problema de estudio; y 6) Usuario final, es el

encargado de analizar el documento producto de la interpretación y dictaminar las consecuencias que de él se deriven.

Gracias al lanzamiento de sensores más especializados se pueden detectar áreas quemadas, obteniendo información con la cual se pueden realizar análisis comparativos de algunos índices espectrales. Algunos de éstos son el Cociente Normalizado de Quemado (NBR, por sus siglas en inglés), el Índice de Área Quemada (BAI, por sus siglas en inglés) y el Índice de Área Quemada para MODIS (BAIM, por sus siglas en inglés) que proporcionan elementos importantes para evaluar la distribución espacial y temporal de las superficies quemadas y, así, realizar la cartografía de superficies quemadas (Jiménez, 2017).

Algunos de los estudios realizados en torno a los incendios forestales se basan en la utilización de los datos procedentes de sensores remotos y el uso de programas que permitan el procesamiento de estos datos, así como Sistemas de Información Geográfica (Álvarez, 2000).

Jiménez (2017) menciona que uno de los primeros trabajos que se hicieron sobre la cartografía de los incendios forestales mediante imágenes de satélite es la investigación de Minnich (1983, citado en Jiménez, 2017) cuya área de estudio tuvo lugar al sur de California y al norte de Baja California. En este trabajo se realizó la cartografía para el periodo de 1972 a 1980, obteniendo como resultado la localización, el tipo de vegetación y la temporada de afectación. Este trabajo sirvió para dar a conocer que los incendios forestales afectan de diferente manera a las comunidades vegetales dependiendo de su velocidad de crecimiento, el material combustible y el régimen de incendios.

Jiménez (2017) en su trabajo *Teledetección de superficies quemadas asociadas a incendios forestales entre 2000-2015 en el Área de Protección de Flora y Fauna Tutuaca, Chihuahua*, realizó cartografía de las superficies quemadas a partir de la aplicación de índices espectrales, para posteriormente hacer un monitoreo sobre la regeneración de la vegetación que fue afectada por incendios forestales.

El estudio más reciente realizado por García (2019) sobre la *Teledetección de áreas quemadas asociadas a incendios forestales en la Sierra Nevada, México (1998-2017)* en el cual se hace uso de la aplicación de índices espectrales a imágenes satelitales para la identificación de áreas quemadas, así como la conformación de cartografía a partir de los

resultados obtenidos con las imágenes, para hacer un mejor análisis sobre cómo se distribuyen de los incendios que ocurren en la Sierra Nevada.

Los estudios realizados por medio de la teledetección no solo se enfocan en temas como la identificación y la cartografía de los incendios forestales, también han demostrado ser adecuados para monitorear, de manera sistemática, la respuesta de la cobertura vegetal post-incendio, mediante la construcción de series de tiempo con información extraída de las imágenes satelitales (Jiménez, 2017).

1.4 El ejido

1.4.1 Definición del ejido

De acuerdo con Candelas (2019) el ejido es una modalidad de tenencia de la tierra considerado como un núcleo agrario creado para fines productivos para garantizar la soberanía alimentaria, al mismo tiempo que es una unidad de posesión parcelaria de la tierra y centro de población ejidal.

El término ejido tiene sus orígenes en la época de la colonia, y se refería a las tierras que se ubicaban en las afueras de los pueblos; fue hasta el siglo XX que en el artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos se reconoció el estatus legal de los ejidos (Andrade, 2009 citado en Vázquez, 2017). La creación de los ejidos es el resultado de la Revolución Mexicana para asegurar que la población rural más necesitada tuviera acceso a tierra para cultivar y establecer su vivienda. Desde la Revolución hasta 1992, año en el que finalizó el reparto agrario, se repartieron más de 100 millones de hectáreas de tierras lo que representa al 52% de la tierra cultivable (Galeana, 2002).

A pesar de que los ejidatarios tenían posesión de sus tierras sus actividades eran limitadas ya que los ejidos tenían las condiciones de ser inalienables, imprescriptibles e inembargables, es decir, éstos no se podían vender ni ceder a otro individuo, únicamente al cónyuge del titular del ejido (Candelas, 2019). En 1992 se llevó a cabo la reforma al artículo 27 de la Constitución en la que se estableció el fin del reparto agrario, la privatización del ejido, lo cual hace posible la transmisión de los derechos parcelarios entre los miembros del mismo núcleo de población, se permite la venta y renta del suelo ejidal y comunal para incentivar las inversiones en las tierras agrícolas (Mackinlay, 1993).

El Registro Agrario Nacional (RAN), fue una institución creada con la reforma, en el que se encuentra el respaldo de las tierras poseídas por ejidatarios y comuneros, se encarga del control de la tenencia de la tierra ejidal y comunal, así como de brindar la seguridad

jurídica documental, derivada de la aplicación de la Ley Agraria (Registro Agrario Nacional (RAN), (s/f)).

1.4.2 Conformación del ejido

De acuerdo con la Ley Agraria (1992), los órganos del ejido son:

-Asamblea ejidal: Es el órgano supremo en el que participan todos los ejidatarios; ésta se debe reunir por lo menos una vez cada seis meses o con mayor frecuencia de acuerdo con su reglamento o sus costumbres, y debe ser convocada por el comisariado ejidal o por el consejo de vigilancia y se celebrará dentro del ejido. Algunas de las competencias de la asamblea son: la formulación y modificación del reglamento interno del ejido, la elección y remoción de los miembros del comisariado ejidal y del consejo ejidal, la señalización y, la delimitación de las áreas destinadas a los asentamientos humanos y parcelas y distribución de las ganancias de las actividades que se realicen el ejido, entre otras. Las decisiones que se tomen en la asamblea deberán ser aprobadas por la mayoría de los votos de los ejidatarios presentes, siendo obligatorias para los ausentes.

-Comisariado ejidal (presidente, secretario y tesorero): Es el encargado de la ejecución de lo que se determine en la asamblea, así como de la representación y gestión administrativa del ejido, el comisariado procurará hacer que se respeten los derechos de los ejidatarios y dará cuenta de los movimientos de los fondos e informará sobre los trabajos de aprovechamiento de las tierras de uso común. Se conforma por un Presidente, un Secretario y un Tesorero, propietarios y sus respectivos suplentes.

-Consejo de vigilancia: Se encarga de vigilar que los actos del comisariado ejidal sean de acuerdo con lo establecido en el reglamento interno, revisa las cuentas y operaciones del comisariado ejidal y las da a conocer en la asamblea y denuncia las irregularidades que pueda cometer el comisariado. Se constituye por un Presidente y dos Secretarios propietarios y sus respectivos suplentes.

Los ejidatarios son los sujetos agrarios que tienen derecho a parcelas de cultivos y libre acceso a todos los bienes comunes del núcleo agrario; además de los ejidatarios también están los poseionarios quienes únicamente tienen permiso de acceder a sus parcelas de labor, así mismo están las personas denominadas avecindados, que son de nacionalidad mexicana, mayores de 18 años y tienen por lo menos un año de radicar en el núcleo agrario; los avecindados, con la autorización de la asamblea general, pueden adquirir la

personalidad de ejidatario y tener acceso para comprar tierras en el ejido (Morett y Cosío, 2017).

1.4.3 Los ejidos en México

De acuerdo con el último Censo Ejidal, que se llevó a cabo en el año 2007, en México hay 29,554 ejidos distribuidos en todas las entidades federativas del país, que abarcan una superficie de 84.5 millones de hectáreas, lo que equivale al 42.56% de la extensión del suelo nacional. En todos los ejidos de México hay más de 4.2 millones de ejidatarios y comuneros que se dedican a la producción de alimento, materias primas y forrajes, artesanías, crían ganado y brindan servicios turísticos a la población del país; también son un pilar importante para la conservación de la biodiversidad. Veracruz es el estado con mayor número de ejidos, con un registro de 3,635, lo que representa al 11.69 % del total de los ejidos, que abarcan una superficie de 2,747,562 ha (Morett y Cosío, 2017).

Dado que los ejidos fueron creados para apoyar a la población de zonas rurales se implementaron una serie de programas para apoyar a los campesinos, entre los cuales se encuentran:

-PROCAMPO: El Programa de Apoyos Directos al Campo creado a finales de 1993 consiste en el pago directo a campesinos por hectárea o fracción sembradas con cultivos básicos, beneficiando a productores rurales cuya producción final es para su autoconsumo (Warman, (s/f)); Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), 2018).

-PROGRESA: Programa de Educación, Salud y Alimentación creado en 1997 que beneficia a familias rurales con el fin de ampliar sus oportunidades para tener mejores niveles de bienestar, determinando las localidades rurales beneficiadas a partir de la información censal. Con este apoyo los campesinos pudieron afrontar los efectos de la crisis económica de 1995 (Warman, (s/f); Hevia, 2009).

-PROCEDE: Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares surge como parte de las reformas de 1992, cuyo objetivo era incentivar la autonomía de la toma de decisiones de los núcleos agrarios otorgando títulos de propiedad individuales y privados incentivando la inversión en nuevas tecnologías y la mejora de prácticas productivas (Téllez, 1994 citado en Braña y Martínez, 2005).

-Sembrando Vida: Es un programa implementado recientemente, los objetivos de este programa son rescatar al campo, reactivar la economía local y regenerar el tejido social,

abordando dos problemáticas, la pobreza rural y la degradación ambiental, convirtiendo los ejidos y comunidades en un sector estratégico para impulsar el campo mexicano, aumentando la productividad en áreas rurales, en un enfoque de desarrollo regional y sustentable, que contribuya a reducir la vulnerabilidad en la que viven los agricultores de estas regiones (Secretaría del Bienestar, 2020).

El ejido ha permitido que muchos mexicanos que pertenecen a la población rural cuenten con un medio de sobrevivencia al formar parte de un núcleo agrario que les provee los alimentos básicos y necesarios, así como tener derecho de la posesión de sus tierras, lo que permite su desarrollo (Candelas, 2019).

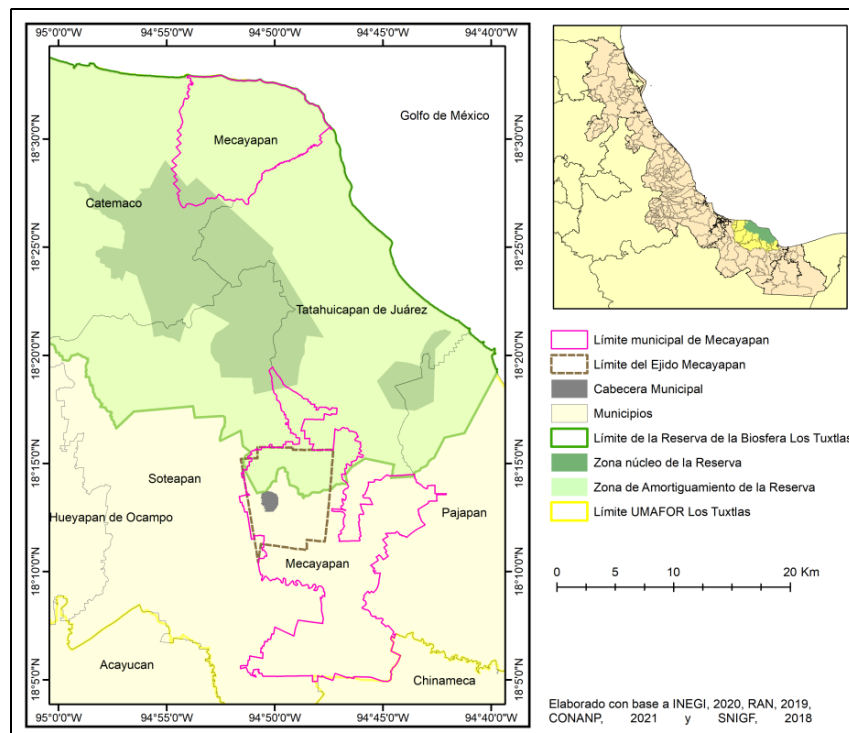
Capítulo 2. Área de Estudio

2.1 Descripción de los aspectos físicos de la zona de estudio

2.1.1 Localización

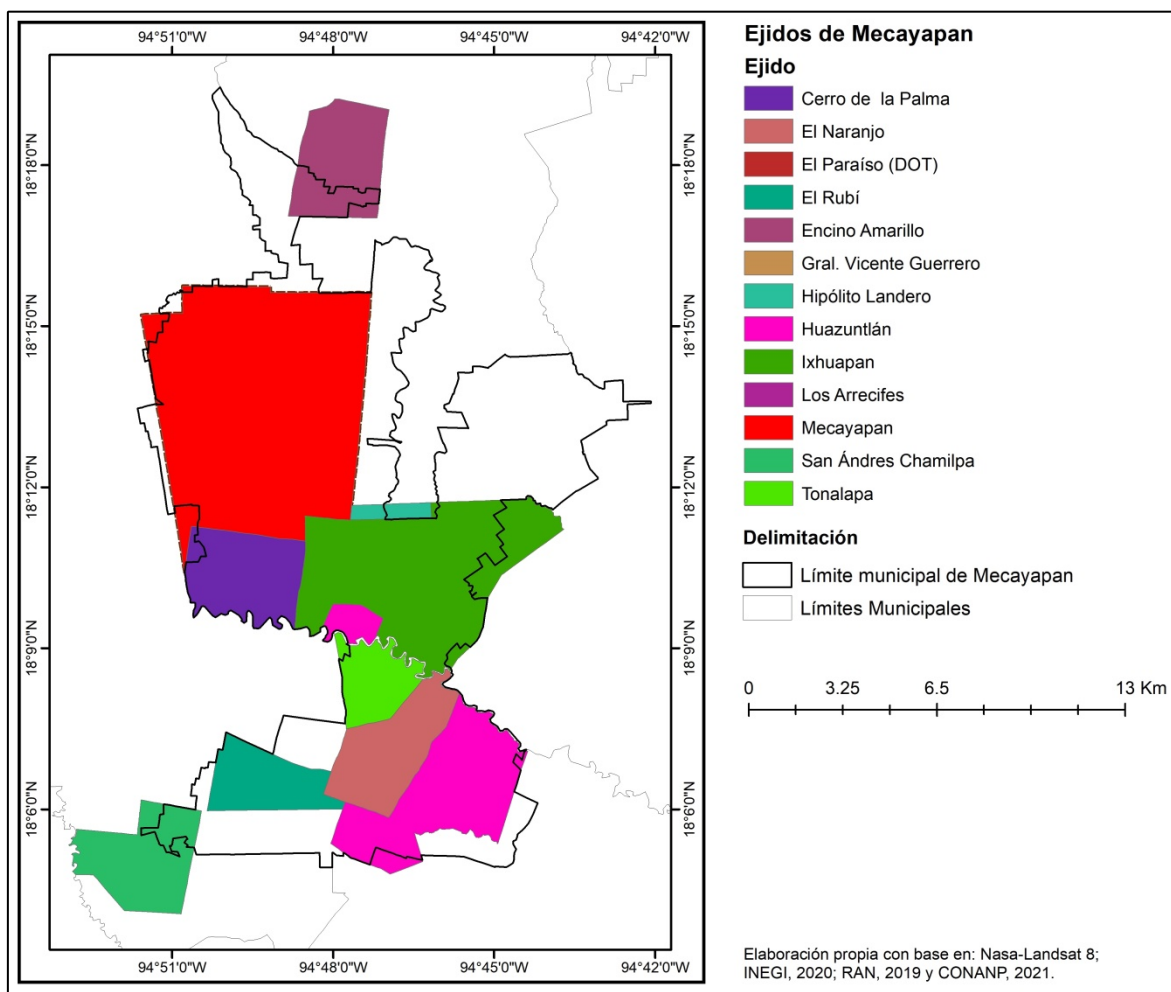
El Ejido de Mecayapan pertenece al municipio de Mecayapan ubicado al sureste del estado de Veracruz. (Registro Agrario Nacional (RAN), 2019). El municipio de Mecayapan se sitúa en la sierra de Santa Marta entre los paralelos 18°05' y 18°34' de latitud norte y los meridianos 94°42' y 94°55' de longitud oeste, se encuentra a una altitud que va de los 10 a los 1500 msnm y tiene una extensión territorial de 298.5 km². Este municipio está dividido geográficamente en dos partes, como se muestra en la figura 1, el área principal es donde se ubica la cabecera municipal, colinda al norte con los municipios Soteapan y Tatahuicapan de Juárez; al este con los municipios de Tatahuicapan de Juárez, Pajapan y Chinameca; al sur con los municipios de Pajapan, Chinameca y Soteapan y al oeste con el municipio de Soteapan. La segunda parte de Mecayapan colinda al norte con el municipio de Catemaco y el Golfo de México; al este con el Golfo de México y el municipio de Tatahuicapan de Juárez; al sur con los municipios de Tatahuicapan de Juárez y Catemaco y al oeste con Catemaco. La cabecera municipal se ubica a una latitud norte de 18°13'17" y a una longitud oeste de 94°50'15" a una altitud de 350 msnm (Secretaría de Finanzas y Planeación, (SEFIPLAN) 2021).

Figura 1. Localización



Al municipio de Mecayapan le pertenecen 14 ejidos que abarcan una superficie 20,041 ha de las cuales 17,535.5 ha corresponden a la superficie parcelada y 2,338.75 ha a la superficie no parceladas destinadas al uso común y a los asentamientos humanos estos últimos tienen una extensión de 414.75 ha. (INEGI, 2007). Dado que el ejido Mecayapan se ubica dentro del área principal del municipio de Mecayapan, la presente investigación se orientará únicamente a ésta zona del municipio (porción sur), dentro de la cual se encuentran 10 ejidos, como se muestra en la figura 2, los cuales son: ubicado al noreste del municipio ejido Encino Amarillo; en el centro se encuentran ejido Mecayapan (el área de estudio del presente trabajo), ejido Hipólito Landero, ejido Cerro de la Palma, ejido Ixhuapan y ejido Tonalapa; al suroeste del municipio están ejido San Andrés Chamilpa y ejido El Rubí; al sureste del municipio se ubican el ejido El Naranjo y ejido Huazuntlán. (RAN, 2019).

Figura 2. Ejidos del Municipio de Mecayapan (RAN, 2019)

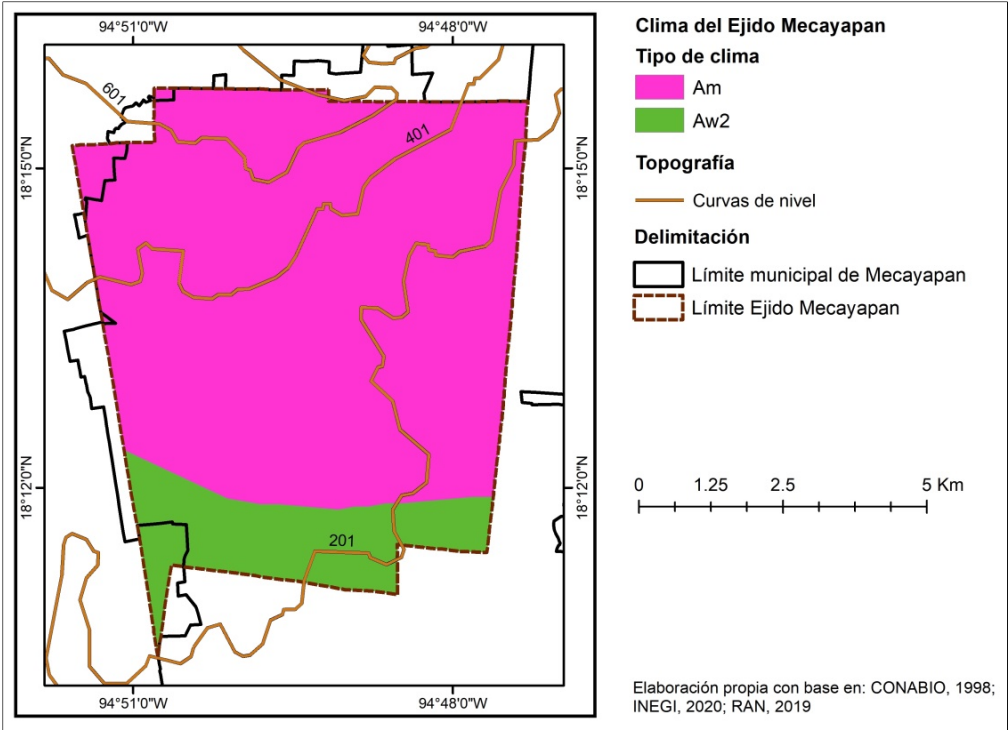


El ejido Mecayapan tiene una extensión territorial de 5,436.512 ha, se ubica en las faldas de la Sierra Santa Marta (Ayuntamiento Constitucional de Mecayapan, Veracruz, (s/f.a)) y una pequeña porción del ejido se localiza dentro del municipio de Soteapan; 2185.5 ha de la parte de norte del ejido pertenecen a la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas, y también forma parte de la Unidad de Manejo Forestal (UMAFOR) Los Tuxtlas, razón por la cual destaca el ejido Mecayapan al formar parte de un área natural protegida y albergar la cabecera municipal, con lo que se observa la influencia de la población sobre un Área de Conservación.

2.1.2 Clima

De acuerdo con CONABIO (1998), el ejido Mecayapan tiene un gradiente altitudinal que va de los 100 a los 650 msnm. El ejido Mecayapan se ubica en la zona norte del municipio entre 500 a 800 msnm; su clima es cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (Am), una temperatura media anual de 22°C y una temperatura mayor de 18°C en el mes más frío; en la zona sur del ejido el clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw2) con una temperatura media anual mayor a 22°C y en el mes más frío una temperatura mayor a los 18°C, con un índice de humedad mayor de 55.3 (figura 3) (DOF, 2009; Alatorre, 1996).

Figura 3. Clima

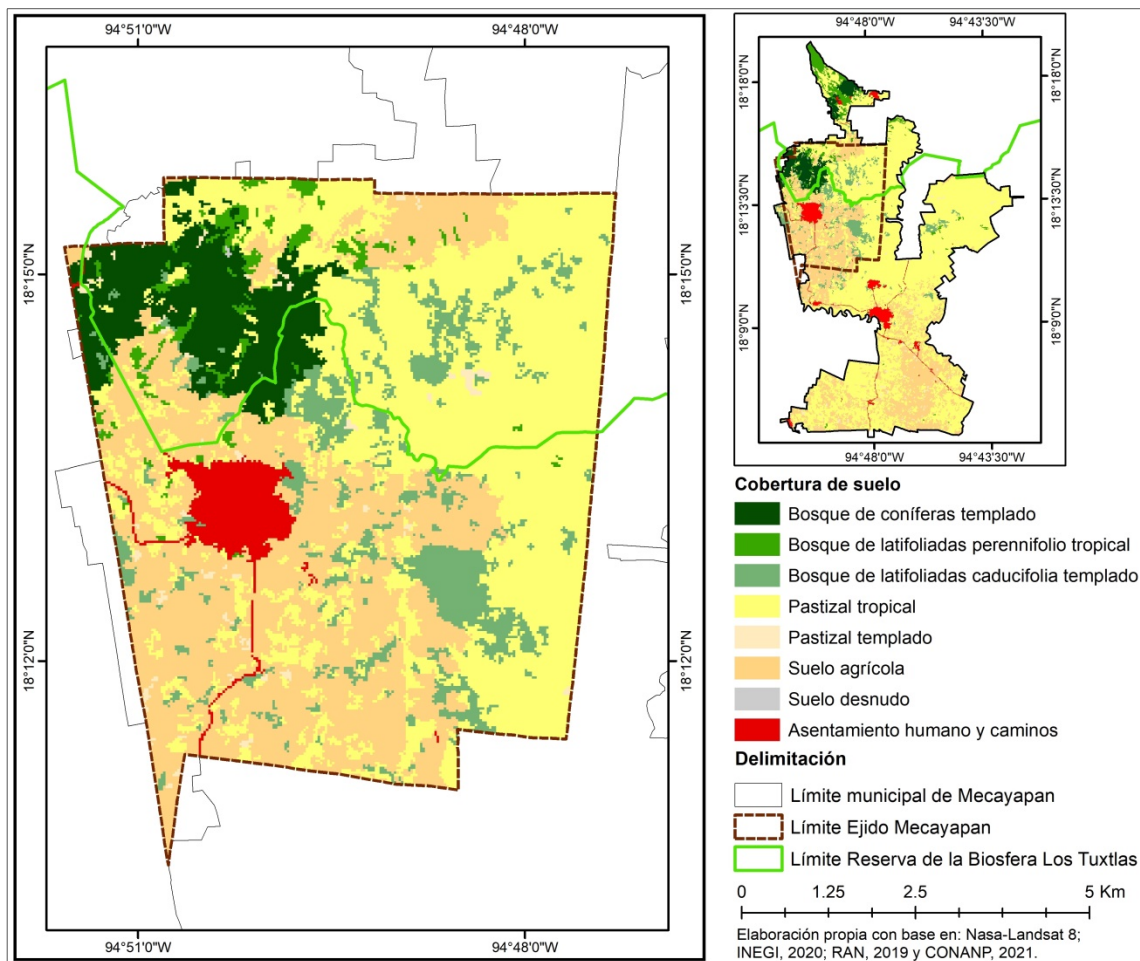


El municipio tiene una precipitación total anual que va de los 2000 a los 3000 mm (Vidal, 1990), siendo marzo y abril los meses en lo que se registran menos lluvias y septiembre el mes en el que se reportan los valores máximos de precipitación debido a los ciclones que ocurren en la zona. Las lluvias de verano disminuyen en el mes de agosto por el fenómeno de la canícula. (SEDUVER, 1993; INE, 1997d; SEMARNAP et al., 1997b citado en Diario Oficial de la Federación (DOF), 2009).

En los meses de marzo a junio se manifiestan los vientos del sur, llamados localmente “suradas”, los cuales se componen de vientos secos y calientes que propician la disminución de la humedad atmosférica e influyen en la fácil propagación de los incendios forestales al presentarse antes de la época de lluvias (Diario Oficial de la Federación; DOF, 2009).

2.1.3 Vegetación

Figura 4. Cobertura de suelo y vegetación



De acuerdo con la Cobertura del Suelo de México a 30 metros de CONABIO, 2015 (2020) (figura 4) en el ejido Mecayapan se encuentran diversos tipos de vegetación, los cuales son: bosque de coníferas templado, bosque de latifoliadas perennifolio tropical, bosque de latifoliadas caducifolio templado, pastizal tropical, pastizal templado, Suelo agrícola y asentamientos humanos. En general, en el municipio se observa que predominan usos de suelo de pastizal tropical y el suelo agrícola, únicamente al norte del municipio se encuentra vegetación natural, la cual es más abundante conforme aumenta el gradiente altitudinal y es más la cercanía a la cima del volcán Santa Marta.

-Bosque de coníferas templado: Es la vegetación natural con mayor superficie en el área de estudio abarcando 541 ha, se ubica a una altitud de entre los 400 a los 600 msnm al noroeste del ejido y se encuentra formado por árboles del género *Pinus*, principalmente el pino amarillo (*Pinus oocarpa*) (Figura 5) (CONABIO, 2021).

Figura 5. Bosque de pino, ubicado al norte del ejido Mecayapan



Fuente: Fotografía tomada por Christoph Neger en el ejido Mecayapan 25/08/2020

-Bosque de latifoliadas perennifolio tropical o selva alta perennifolia: Al noroeste del área de estudio hay 112 ha de este tipo de vegetación, tiene árboles de hasta 30 metros de altura, las especies que forman parte de este bosque son: cedro rojo (*Cedrela odorata*), jobo (*Spondias mombin*), palo mulato (*Bursera simaruba*), apomo (*Brosimum alicastrum*) (CONABIO, 2021a) y macayo (*Andira galeottiana*) mismo que forma parte del significado del nombre de Mecayapan “Arroyo de macaya” (Ayuntamiento Constitucional de Mecayapan, Veracruz (s/f.b)). Sobre esta vegetación se desarrollan helechos, bromelias, musgos y líquenes (CONABIO, 2021a).

En la actualidad, la selva alta perennifolia se encuentra fragmentada, se ha reducido una gran zona de la superficie que abarcaba hace algunas décadas debido al cambio del uso de suelo, áreas que fueron deforestadas a fin de dar paso a la agricultura y a zonas de pastizales para el ganado (CONABIO, 2021a).

-Bosque de latifoliadas caducifolio templado: Distribuido por todo el ejido hay 529 ha de este tipo de vegetación característico por tener especies de hojas anchas como el encino (*Quercus*) (CONABIO, 2021b).

-Pastizal tropical y pastizal templado: A lo largo de toda la zona este del ejido con 2,271 ha este tipo de cobertura es el uso de suelo con mayor presencia, es el resultado de zonas que antes eran bosques, pero que fueron deforestados por cambio de uso de suelo de bosque a agricultura; con el tiempo las parcelas agrícolas han sido abandonadas y ahora son destinados para el pastoreo de ganado bovino, porcino y caprino. (SEMARNAT, (s/f)).

-Suelo agrícola: Con 1,774 ha de suelo agrícola en la zona suroeste del ejido se siembra en particular maíz, frijol, mango y naranja; siendo el maíz y el frijol cultivados principalmente para autoconsumo, mientras que los cultivos de mango y naranja son destinados a la comercialización dentro de la misma comunidad y también a otras localidades del municipio como Acayucan, Cosoleacaque, Minatitlán y Coatzacoalcos (Cédulas de Información Básica para Centros Estratégicos Comunitarios (CIBCEC), 2006).

2.1.4 Fauna

En cuanto a la fauna, la información es escasa a nivel municipal y a nivel ejidal, pero en los estudios realizados en la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas se tiene un registro de 565 especies de aves, de las cuales 31 se encuentran amenazadas, 16 se encuentran en peligro de extinción y 63 en protección especial; 139 especies de mamíferos, una de las cuales es endémica de la región, 11 se encuentran amenazadas, 12 se encuentran en peligro de extinción y siete bajo protección especial; en cuanto a los anfibios se tiene un registro de 46 especies, cuatro especies endémicas y 19 bajo protección especial (DOF, 2009).

Para el área de la Sierra de Santa Marta, de acuerdo con estimaciones del Proyecto Sierra de Santa Marta, A.C. (Paré, 1997) se estiman 410 especies de aves, las cuales representan al 40% de las especies conocidas en el país, de las cuales 100 llevan a cabo procesos de migración hacia el norte del continente. Roberto Martínez y Víctor Sánchez (1997: 625 citado en Blanco, 2006) reportaron 128 especies de mamíferos terrestres, que corresponde al 26.3% de la mastofauna nacional. También reportaron 117 especies de reptiles y 51 especies de anfibios, algunas de los cuales son endémicas de la región, otras se encuentran amenazadas o en peligro de extinción.

Dentro de las especies de mamíferos reportadas en la zona y de acuerdo con la categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010 se encuentran: ocelote (*Felis pardalis*) en peligro de extinción, mono araña (*Ateles goeffroyi*) en peligro de extinción, puercoespín (*Sphiggurus mexicanus*) especie amenazada, jabalí (*Tayassu tajacu*) especie de bajo riesgo; algunas de las aves endémicas son: colibrí fandanguero cola larga (*Campylopterus excellens*) especie sujeta a protección especial y la paloma-perdiz tuxtleña (*Geotrygon carrikeri*) en peligro de extinción; algunos reptiles y anfibios como la mazacuata (*Boa constrictor*) especie amenazada, dragoncito de la Sierra de Santa Marta (*Abronia chiszari*) en peligro de extinción, tlaconete de Los Tuxtlas (*Pseudoeurycea werlery*) especie sujeta a protección especial y la iguana verde (*Iguana iguana*) especie sujeta a protección especial (DOF, 2009 y Martínez y Sánchez, 1997 citado en Blanco, 2006).

2.2 Población

El municipio de Mecayapan tiene una población aproximada de 17,134 personas, 8,228 de los cuales son hombres y 8,906 mujeres, siendo la cabecera municipal que se encuentra dentro del ejido Mecayapan la localidad con más pobladores con 5,770 (INEGI, 2020).

Mecayapan es un pueblo fundado por los nahuas en la época prehispánica en el siglo XVI (Ayuntamiento Constitucional de Mecayapan, Veracruz, (s/f)), por lo que hoy en día la población indígena prevalece en el municipio ya que hay 10,939 personas de más de tres años hablante de lengua indígena, en Mecayapan la lengua indígena predominante es el náhuatl. (INEGI, 2020). Mecayapan, Soteapan y Tatahuicapan son los municipios que albergan un gran porcentaje de población indígena en la zona de los Tuxtlas, también es el área más marginada de la región, conservan costumbres y tradiciones como el sistema de tumba, roza y quema en la agricultura (Velázquez, 2010); si bien se han hecho campañas para evitar las quemadas agrícolas, en algunos lugares se siguen llevando a cabo, tal es el caso del ejido Mecayapan, donde se han establecido reglamentos internos para realizar quemadas prescritas.

En cuanto a la Población Económicamente Activa (PEA) del municipio, que son 7,232 personas, el 42% se dedica a las actividades primarias, el 10.9% al sector secundario y el 46.3% al sector terciario, principalmente el comercio (CEIEG, 2021).

Actualmente, el gobierno por medio de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) ha puesto en marcha el Programa Producción para el Bienestar para ejidatarios, comuneros y pequeños propietarios productores de granos como maíz, trigo harinero, frijol y arroz, café y caña de azúcar. Estos apoyos se entregan directamente a los productores sin intermediarios entregados antes de la época de siembra para que los productores puedan hacer mejoras a sus predios y aumentar su producción (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), s/f). Para el año 2019, en el municipio de Mecayapan hubo 685 beneficiarios del Programa Producción para el Bienestar con una superficie de 2,222 ha beneficiadas (SADER, 2020 en Comité Estatal de Información Estadística y Geográfica de Veracruz (CEIEG), 2020).

2.3 Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas

La Reserva de la Biosfera decretada el 23 de noviembre 1998, con una superficie de 155,122.46 ha, se ubica en la llanura costera del Golfo de México, en el estado de Veracruz en parte de los municipios Ángel R. Cabada, Catemaco, Mecayapan, Pajapan, San Andrés Tuxtla, Santiago Sotepan y Tatahuicapan de Juárez (SEMARNAT, 2016).

Las Reservas de la Biosfera tienen como objetivo principal integrar a las comunidades humanas en la conservación conformada por zonas núcleo de acceso y uso restringido, para preservar la biodiversidad que habita dentro, rodeada de áreas de amortiguamiento en la cual se busca que las actividades que se desarrollen sean sustentables (CONABIO, 2020).

La vegetación de la reserva destaca por tener distintos ecosistemas tales como: bosque de coníferas, bosque de encino, bosque mesófilo de montaña, selva perennifolia, vegetación hidrófila, vegetación inducida, manglar y áreas sin vegetación aparente, razón por la cual alberga una gran biodiversidad (DOF, 2009).

La reserva se ubica en una sierra volcánica conformada tres zonas núcleo que llevan el nombre del respectivo volcán en el que se ubican, que son: San Martín Tuxtla, San Martín Pajapan y Santa Marta, esta última es la más extensa con 18,768 ha, las tres zonas núcleo en conjunto suman 29,720 ha, las 125,402 hectáreas restantes de la Reserva corresponden a una gran zona de amortiguamiento, la cual representa el 80% de la superficie total de la Reserva. Se estima que sólo el 22% del área decretada como reserva conserva selvas, bosques y manglares primarios (CONANP, 2011).

Algunos de los servicios ambientales que proporciona la reserva a la población de la región son:

- Mantiene el balance hidrológico alrededor de la Reserva por la presencia de las zonas forestales que permiten la captación de agua de lluvia para el abastecimiento de las áreas urbanas y rurales que rodean la Reserva.
- Tiene un papel importante en la regulación del clima, mantiene estable la temperatura propiciando las precipitaciones durante todo el año.
- Es una zona de gran importancia para la captura de carbono, sobre todo considerando que se encuentra relativamente cerca de ciudades industriales; ubicadas a cincuenta km

de distancia se encuentran Coatzacoalcos y Minatitlán a 150 km de la Ciudad de Veracruz.

-El valor paisajístico por sus riquezas naturales es un gran atractivo turístico siendo una oportunidad para los habitantes de la zona por la ocupación laboral y la derrama económica.

Como parte de la Reserva de la Biosfera de los Tuxtlas se encuentra la Sierra de Santa Marta, lugar donde se ubica el área de estudio del presente trabajo; la sierra es de origen volcánico y conforma la propagación más oriental del Eje Volcánico Transversal. La deforestación ha afectado grandes áreas de esta sierra, especialmente en las llanuras, y los fragmentos restantes se ubican en áreas inaccesibles. Es de gran importancia por la riqueza de sus ecosistemas tropicales, su diversidad biológica como su abundancia mastofaunística; es una de las últimas reservas de germoplasma en las zonas cálido-húmedas de México además de una de las pocas porciones de la planicie costera del Golfo con fines de conservación, que abarca un gradiente altitudinal amplio. Debido a la amplitud de ese gradiente, posee en una superficie reducida, una gama amplia de condiciones climáticas y de suelos que favorecen la diversificación de la flora y la fauna. (Gómez, 1995)

La mayor parte de selvas y bosques de la región de Los Tuxtlas se encuentran en la Sierra de Santa Marta, un importante reservorio de biodiversidad (Gómez, 1995). Con el reparto agrario en el periodo de Lázaro Cárdenas, la zona selvática de la Sierra de Santa Marta fue poblándose con nahuas en el municipio de Mecayapan y población popoluca en el municipio de Sotepan (Velázquez, 2006 citado en Flores, 2016). Entre los años 1972 a 1986, la superficie de la sierra fue la que perdió la mayor extensión de cubierta vegetal por la expansión de los potreros, provocando una fragmentación en la selva. Actualmente sólo en las cimas de los volcanes de las zonas núcleos se observan áreas de selva alta perennifolia y algunos remanentes se encuentran dispersos cerca de ríos y arroyos (Flores, 2016).

A pesar de la importancia biológica de la reserva y de los servicios ecológicos que provee son pocas las medidas que se han tomado para evitar la fragmentación de sus ecosistemas, ya que a pesar de ser considerada una ANP se llevan a cabo quemadas agropecuarias, las cuales influyen en la degradación de los ecosistemas al provocar incendios forestales.

En México se han incentivado programas a través de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) como el Pago por Servicios Ambientales que consiste en dar un incentivo económico a los dueños de terrenos forestales en los cuales se generan estos servicios, con la finalidad de cubrir los costos de conservación y los gastos que tienen al realizar prácticas de buen manejo del territorio (CONAFOR, s/f).

2.4 Incendios registrados en la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas

Los estudios que se han realizado en cuanto a incendios forestales en la Reserva de Biosfera Los Tuxtlas son pocos, el más reciente es el realizado por Neger y Manzo (2021), en el cual se analizan los actores involucrados en el control y la prevención de incendios forestales en la RBLT, destacando que hay una tendencia a la baja en cuanto a incendios forestales a partir del 2005 a la fecha, mientras que antes de ser decretada como Reserva ocurrieron incendios de gran impacto.

Durante el periodo 1980-2011, se han perdido 30,074 ha forestales en el territorio decretado como Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas, lo que equivale al 19.41% de la superficie de la ANP (CONANP, 2011).

En el año 2000 Los Tuxtlas poseía una cobertura forestal de 72,868 ha, la que en 2007 se redujo a 71,924, teniendo una pérdida de 944 ha en cuatro años, área que fue deforestada o transformada al uso agropecuario (CONANP, 2011).

En el periodo de 2007 a 2011 la cobertura forestal de la reserva tuvo una pérdida de 928 hectáreas, mientras que los pastizales, cultivos, asentamientos humanos y suelos sin vegetación sumaron 82,145 ha, que equivalen a 53% del territorio decretado como Reserva (CONANP, 2011).

Velasco (2009) menciona que hay dos periodos en los que se registró un mayor número de incendios forestales en la región de Los Tuxtlas que tuvieron un fuerte impacto en la disminución de la cobertura vegetal original. El primer periodo ocurrió entre 1988 a 1996, posiblemente relacionado con la presencia del fenómeno de El Niño en 1994, ya que en gran parte del país hubo ocurrencia de incendios; el segundo periodo es el de 2004 a 2005, más relacionados con la intensa actividad de quemas agrícolas.

Si bien no hay datos publicados sobre los impactos que han tenido los incendios forestales en la RBLT, se observan áreas deforestadas al sureste de la zona núcleo Sierra de Santa Marta con más de 300 ha deforestadas, que no se han podido recuperar debido a su topografía (Neger y Manzo, 2021).

Capítulo 3. Materiales y Método

Para la identificación de áreas quemadas en la zona de estudio se utilizaron los siguientes recursos:

3.1 Insumos de información

Los insumos para la obtención de información de áreas quemadas se utilizaron los siguientes elementos:

- Imágenes Landsat 8
- Puntos de calor FIRMS

3.1.1 Imágenes Landsat 8

El satélite Landsat fue uno de los primeros en ser lanzado por la NASA en julio de 1972, posteriormente en enero de 1975 se lanzó el satélite Landsat 2 y en marzo de 1978 el Landsat 3 (Sacristán, 2005). El satélite Landsat lanzado más recientemente es el Landsat 8 lanzado en febrero de 2013, se encuentra a una altitud de 705 km, cubre todo el globo cada 16 días (excepto las latitudes polares más altas). Lleva a bordo dos sensores de imágenes Operational Land Imager (OLI) y Thermal Infrared Sensors /TIRS) (USGS, 2017), estos sensores capturan los datos de manera conjunta proporcionando imágenes coincidentes de la superficie terrestre, el satélite almacena los datos de los sensores OLI y TIRS en una grabadora y transmite los datos a estaciones receptoras terrestres (Ariza, 2013).

Chuvieco (2008) menciona que hay una serie de bandas espectrales más utilizadas con la tecnología actual para analizar la superficie terrestre, estas son:

- Espectro visible (0.4 a 0.7 micrómetros (μm)). Es la única radiación electromagnética que perciben nuestros ojos, coinciden con la longitud de onda en donde es máxima la radiación solar y se compone de tres bandas elementales que son azul (A: 0.4 a 0.5 μm), verde (V: 0.5 a 0.6 μm) y rojo (R: 0.6 a 0.7 μm) de acuerdo con los colores primarios que perciben nuestros ojos.

- Infrarrojo cercano (IRC: 0.7 a 1.3 μm). También denominado infrarrojo próximo ya que parte de él puede detectarse a partir de películas dotadas de emulsiones especiales, permite discriminar masas vegetales y concentraciones de humedad.

- Infrarrojo medio (IRM: 1.3 a 8 μm). En esta región se mezclan la energía reflejada por la luz solar y la energía emitida por la superficie terrestre. Esta banda se subdivide en dos

bandas el infrarrojo de onda corta (Short Wave Infrared, SWIR) que se ubica entre 1.3 y 2.5 μm y permite estimar el contenido de humedad en la vegetación o los suelos. La segunda banda denominada como infrarrojo medio (IRM) está comprendida entre 3 y 5 μm , es determinante para la detección de focos temperaturas altas como incendios o volcanes activos.

- Infrarrojo lejano o térmico (IRT: 8 a 14 μm). Con esta banda se detecta el calor proveniente de la mayor parte de las cubiertas terrestres.

Alrededor de la Tierra se encuentran varios satélites que obtienen la información, para ser enviada a los receptores ubicados en diferentes partes del mundo. El presente trabajo se apoyó de las imágenes satelitales obtenidas por el satélite Landsat 8, el sensor OLI proporciona imágenes de nueve bandas espectrales 1 a 7 y 9 con una resolución espacial de 30 metros; la banda 8 tiene una resolución de 15 metros. El sensor TIRS proporciona dos bandas térmicas 10 y 11 tomadas a 100 metros de resolución espacial (Ariza, 2013). Cada banda espectral tiene una aplicación para realizar diferentes estudios de acuerdo con su longitud de onda (Tabla 1).

Tabla 1. Aplicaciones de bandas Landsat 8

Sensor	Número de banda	Nombre de la banda	Longitud de onda (μm)	Resolución (m)	Aplicaciones de banda
OLI	1	Costera	0.43 -0.45	30	Estudios costeros y de aerosoles
OLI	2	Azul	0.45 – 0.51	30	Cartografía batimétrica, que distingue el suelo de la vegetación y la vegetación caducifolia de la vegetación de coníferas
OLI	3	Verde	0.53 – 0.59	30	Destaca los picos de máxima vegetación, que son útiles para evaluar el vigor de las plantas
OLI	4	Roja	0.63 – 0.67	30	Distingue las laderas de vegetación

OLI	5	Infrarrojo cercano (NIR)	0.85 – 0.88	30	Destaca el contenido de la biomasa y las costas
OLI	6	Infrarrojo de onda corta (SWIR 1)	1.57 – 1.65	30	Distingue la humedad del suelo y de la vegetación; penetra a través de nubes finas
OLI	7	Infrarrojo de onda corta (SWIR 2)	2.11 – 2.29	30	Mejora de la lectura de la humedad del suelo y la vegetación y la penetración a través de nubes finas
OLI	8	Pancromática (Pan)	0.50 – 0.68	15	Resolución de 15 metros, definición de imágenes más nítidas
OLI	9	Cirros (<i>Cirrus</i>)	1.36 – 1.38	30	Mejor detección de la contaminación en cirros
TIRS	10	Sensor Térmico Infrarrojo 1 (TIRS 1)	10.60 – 11.19	30 (100)	Resolución de 100 metros, mapeo térmico y humedad estimada del suelo
TIRS	11	Sensor Térmico Infrarrojo (TIRS 2)	11.50 – 12.51	30 (100)	Resolución de 100 metros, mapeo térmico y humedad estimada del suelo

Fuente: Earth Observing System (EOS), 2020.

Las imágenes satelitales se encuentran disponibles de manera gratuita en la página del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés) <https://glovis.usgs.gov/app>, en la cual se encuentran disponibles imágenes del satélite Landsat 8 desde su lanzamiento en 2013.

En las imágenes satelitales las áreas quemadas se pueden identificar por el aumento de reflectividad, ya que ésta incrementa en la vegetación al perder clorofila en sus hojas y/o por el aumento en la proporción de suelo descubierto, en zonas donde los incendios

fueron severos y ocurrieron recientemente predomina el carbón y la ceniza, la reflectividad disminuye considerablemente por lo que puede dar lugar a confusiones con las sombras, cuerpos de agua, humedales y bosques densos de coníferas (Pereira et al., 1999b citado en De Santis y Vaughan, 2009).

La región del espectro que permite observar las áreas quemadas más recientes es el infrarrojo cercano (NIR), que corresponde a la banda 5, en la cual es más evidente la señal de las áreas quemadas, principalmente cuando la cantidad de combustible quemado es alta (De Santis y Vaughan, 2009).

En el infrarrojo medio de onda corta (SWIR 2) la reflectividad aumenta por la pérdida de humedad en la vegetación, en el SWIR 2 la reflectividad de las superficies quemadas es menor que la reflectividad de las superficies no quemadas, pero mayor que la que emite la vegetación sana (Pereira et al., 1999b citado en De Santis y Vaughan, 2009).

Para fines del presente trabajo, se utilizó la combinación de bandas 7, 5, 4 (infrarrojo onda larga (SWIR 2), infrarrojo cercano (NIR) y rojo, respectivamente) con la cual se pueden identificar las áreas quemadas con tonalidades cafés, mientras que la vegetación sin quemar se observa en tonalidades verdes, como se muestra en la figura 6.

Figura 6. Imagen satelital LANSAT del 30 de abril de 2019 con combinación de bandas 7, 5, 4



3.1.2 Puntos de calor FIRMS

El sistema de información de incendios para la gestión de recursos (FIRMS, por sus siglas en inglés), proporciona datos de incendios activos y anomalías térmicas obtenidas con los instrumentos del espectro radiométrico de imágenes de resolución moderada (MODIS) y el conjunto de radiómetros de imágenes infrarrojas visibles (VIIRS) (NASA FIRMS, (s/f)).

Los puntos de calor se obtienen de la página de la NASA FIRMS (Fire Information for Resource Management System) y se pueden obtener a partir de una solicitud en la página, de donde son enviados a un correo electrónico proporcionado en la solicitud en formato shape, txt y/o kml.

Para el presente estudio se consideró que los puntos de calor de cada año coincidieran con el periodo de fechas de las imágenes satelitales utilizadas, para poder verificar que las áreas quemadas correspondieran con puntos de calor registrados.

3.2 Procesamiento de las imágenes satelitales

Para comenzar, se consideró analizar los últimos cinco años, 2016, 2017, 2018, 2019 y 2020, para tener información más reciente del comportamiento de los incendios forestales. Se tomaron en consideración los meses de la temporada de incendios que en el sureste mexicano es en el periodo de enero a junio, pero en los meses que más incendios se han reportado son de marzo a junio debido a la falta de humedad en los combustibles, por la poca presencia de precipitaciones.

Se revisaron las imágenes satelitales disponibles en el USGS del path/row 23/47 de los meses marzo, abril, mayo y junio de cada año de estudio, se seleccionaron las imágenes en las que se observa un menor porcentaje de nubosidad y se descargaron en formato GeoTIFF para poder procesarlas en el programa ENVI 5.3.

Las imágenes del satélite Landsat 8 utilizadas para cada año del presente estudio son las siguientes:

Tabla 2. Fechas de imágenes satelitales seleccionadas, path/row 23/47

2016	2017	2018	2019	2020
23 de mayo	07 de marzo	26 de marzo	29 de marzo	15 de marzo
	13 de julio	13 de mayo	30 de abril	18 de mayo
		30 de junio	17 de junio	

Como parte de las problemáticas que se presentaron para realizar el presente estudio fue la obtención de imágenes satelitales, ya que gran parte de las imágenes disponibles para la temporalidad seleccionada tienen un gran porcentaje de nubes en el área de estudio. Para el caso del año 2016 únicamente se seleccionó una imagen, ya que era la única que no tenía presencia de nubosidad en el área de estudio y las demás imágenes disponibles tenían una nubosidad de más del 80% por lo que no era posible apreciar la superficie de la zona en los meses con más presencia tienen los incendios forestales. Lo mismo ocurrió con los años 2017 y 2020, en que únicamente se seleccionaron dos imágenes para cada año que son las que tienen menor porcentaje de nubosidad.

3.2.1 Aplicación de máscara de nubes

Para poder trabajar de una mejor manera con las imágenes satelitales sin que la nubosidad causara un problema, ya que los píxeles de las nubes son muy brillantes al tener un alto nivel de reflectancia y esto provoca confusión al momento de aplicar los índices, se aplicó una máscara de nubes y agua a cada imagen satelital. Este procedimiento consiste en crear una región de interés (ROI, por sus siglas en inglés) con las bandas 2 azul, 5 NIR (infrarrojo cercano) y 6 SWIR (infrarrojo de onda corta), para seleccionar y aislar los píxeles con presencia de nubes y agua, la banda 2 sirve para seleccionar las nubes, la banda 5 cuerpos de agua y la banda 6 las sombras; en este caso, fue de interés seleccionar las sombras de las nubes pues también pueden causar confusiones. Después de elegir los elementos de interés se crea una máscara que se aplica a la imagen multiespectral teniendo estos elementos en sus píxeles un valor de 0 y todos los demás tendrán valores de 1 (Manzo, 2021).

3.2.2 Calibración radiométrica

Para poder aplicar los índices espectrales para la delimitación de las áreas quemadas fue necesario calibrar las imágenes satelitales, ya que por las condiciones atmosféricas y de iluminación las imágenes satelitales capturadas con el mismo sensor no tienen los mismos valores de intensidad (Ambrosio, et al., 2002).

Esta corrección se hizo con las herramientas del programa ENVI 5.3; se calibran los datos multiespectrales a reflectancia y los datos térmicos a temperatura de brillo para finalmente obtener una imagen de bandas apiladas (Layer-stack) que incluye las bandas ópticas y las bandas corregidas, en la cual ya es posible aplicar los índices espectrales.

3.3 Índices espectrales para la delimitación de áreas quemadas

Los índices espectrales son comúnmente utilizados para la delimitación de las áreas quemadas desde imágenes satelitales; con el tiempo éstos se han ido mejorando para obtener mejores resultados en la cartografía de las áreas quemadas (De Santis y Vaughan, 2009).

3.3.1 Delta NBR

Para delimitar las áreas quemadas en la zona de estudio se consideró utilizar el Delta NBR, que forma parte de las técnicas multitemporales, con la cual es posible realizar una comparación multitemporal entre imágenes pre y post-incendio (Opazo y Rodríguez, 2007), por lo que necesariamente se necesita de imágenes antes del incendio e imágenes después del incendio. Este índice requiere que se genere primero el índice NBR (*Normalized Burn Ratio*) denominado así por Key y Benson en 2005, que es uno de los índices más utilizados para cartografiar las áreas quemadas y evaluar los niveles de daño que tiene la vegetación por los incendios (Gonzaga, 2014 citado en Reynoso, 2016).

Este índice consiste en trabajar con dos bandas, la banda 5 NIR y la banda 7 SWIR 2, con la ecuación es la siguiente:

$$NBR = \frac{\rho_{IRC} - \rho_{SWIR}}{\rho_{IRC} + \rho_{SWIR}}$$

Donde ρ_{IRC} es la reflectividad del infrarrojo cercano que corresponde a la banda 5 NIR y

ρ_{SWIR} es la reflectividad en la banda del infrarrojo medio de onda corta SWIR 2, banda 7.

El NBR se aplica tanto a la imagen pre-incendio y post-incendio; posteriormente, se hace la diferencia de imagen pre-incendio y post-incendio aplicando la siguiente fórmula:

$$dNBR = NBR_{pre} - NBR_{post}$$

Con este índice se obtiene la diferencia entre imágenes y se puede observar qué áreas fueron afectadas por los incendios, sin embargo, para el presente estudio el uso de este índice no es adecuado, ya que necesita de dos imágenes satelitales y, como se mencionó anteriormente las imágenes del satélite Landsat 8 del área de estudio presentan un gran porcentaje de nubosidad; al aplicar este índice a las imágenes con máscara de nubes, grandes áreas se pierden en el resultado final del Delta NBR por lo que algunas zonas que se identifican a simple vista por los tonos cafés en la imagen post-incendio se pierden

al tener la imagen pre-incendio presencia de nubes en esta zona. Debido a ellos, se descartó el uso de este índice.

3.3.2 BAIM

El Índice de Área Quemada para MODIS (BAIM, *Burnt Area Index for MODIS*) es una técnica post-incendio que, a diferencia de las técnicas multitemporales, únicamente requiere de una imagen satelital, el BAIM una adaptación del BAI a las características del sensor MODIS, ofrece valores más altos en las zonas quemadas (Opazo y Rodríguez, 2007).

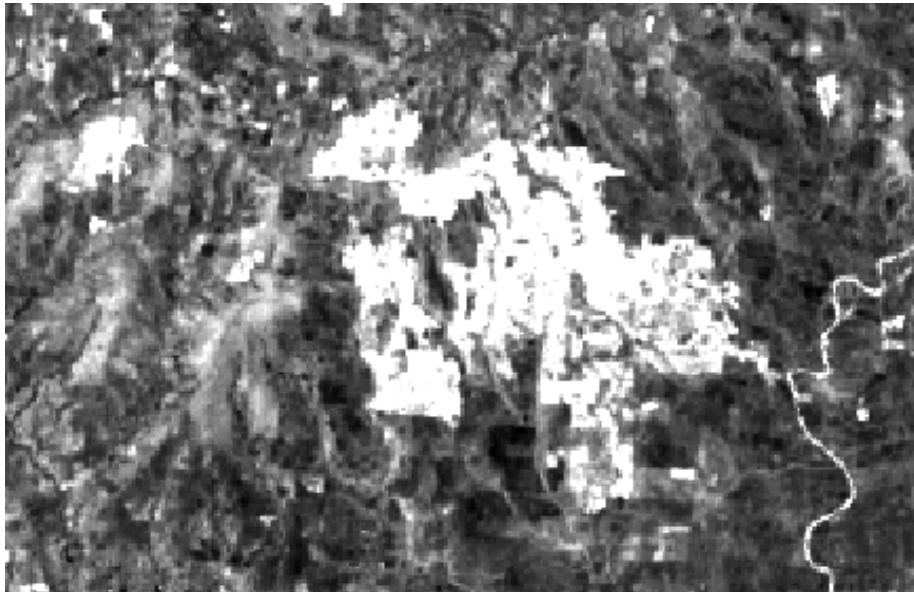
$$BAIM = \frac{1}{\left[pc_{ICR} - \rho_{IRC}\right]^2 + \left[pc_{SWIR} - \rho_{SWIR}\right]^2}$$

Donde ρ_{IRC} y ρ_{SWIR} son los valores de reflectividad en el infrarrojo cercano y el infrarrojo de onda corta (bandas 5 y 6 en el caso de imágenes Landsat 8); pc_{ICR} es el valor de convergencia para el infrarrojo cercano siendo $pc_{ICR} = 0.04$ y pc_{SWIR} es el valor de convergencia para el infrarrojo de onda corta $pc_{SWIR} = 0.2$ (Gómez y Martín, 2008).

Este índice delimitó de buena manera las áreas quemadas y fue el que se utilizó para obtener los resultados del presente estudio. En el resultado de la aplicación del BAIM las áreas quemadas resaltan en color blanco, como se muestra en la figura 7, las nubes y los cuerpos de agua tienen valores de píxeles muy bajos y se encuentran en un rango de entre 1 y 18, mientras que otras coberturas resaltan en tonos grises.

Cabe destacar que al principio se tomaron como base los intervalos de severidad de Key y Benson para delimitar las áreas quemadas; sin embargo, como el objetivo del presente únicamente era delimitar las áreas quemadas, los intervalos que se utilizaron para identificar las áreas quemadas con el BAIM no fueron los mismos para cada imagen satelital, los valores de los píxeles variaron en cada una de las imágenes, sobre todo en el rango mínimo que fue el más cambiante desde 19 hasta 32, mientras que el rango máximo siempre fue el límite superior de los valores de los píxeles de cada imagen.

Figura 7. Aplicación del BAIM a la imagen Landsat 8 del 30 de abril de 2019, las áreas que se observan en color blanco corresponden a superficies quemadas



Después de aplicar el BAIM y considerar que de acuerdo con el intervalo seleccionado se delimitaron bien las áreas quemadas en polígonos, éstos se exportaron en formato shape para trabajar en ArcMap en el cual, con ayuda de la imagen satelital base con combinación de bandas 7, 5, 4 y los puntos de calor, se corroboró si el polígono correspondía a un área quemada. Con ayuda de los puntos de calor y de la imagen satelital se hizo una limpieza de los shapes obtenidos en ENVI 5.3 de los polígonos que no corresponden a áreas quemadas. Con el BAIM, algunos ríos y ciertas sombras tienen valores de reflectancia similares a las áreas quemadas por lo que estos polígonos fueron eliminados manualmente en ArcMap.

3.4 Elaboración de cartografía

Para la elaboración de los mapas finales se utilizaron los siguientes datos: el shape de división política municipal de INEGI (2020), para delimitar la porción sur del municipio de Mecayapan; los perimetrales de los núcleos agrarios en formato shape de Veracruz, obtenidos del Registro Agrario Nacional (2019), para delimitar el ejido Mecayapan. También se utilizó el shape de la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas, de la CONANP (2021); se tomaron como base las imágenes satelitales obtenidas de la NASA-Landsat 8, con menor porcentaje de nubes de cada año, para sobreponer los polígonos de las áreas quemadas; así como los puntos de calor FIRMS, que se utilizaron para identificar las áreas quemadas.

Se realizó un mapa de las áreas quemadas abarcando los cinco años del periodo de estudio, 2016-2020, para identificar las zonas con mayor número de polígonos de áreas quemadas; posteriormente se realizó un mapa de cada año, para analizar y reconocer la dinámica ambiental de los incendios forestales por tipo de vegetación, en el municipio y el ejido Mecayapan.

3.5 Entrevistas

Para conocer las medidas de gestión de incendios forestales en el municipio de Mecayapan, se tomaron en cuenta las entrevistas realizadas por Christoph Neger en Los Tuxtlas en el 2020 para el Proyecto PAPIIT “Configuración territorial de las redes sociales involucradas en el manejo del fuego en las reservas de la Biosfera mexicana en presencia de selva alta perennifolia”, que realizó de manera presencial y vía telefónica a diferentes actores que participan en la prevención y combate al fuego, como a Protección Civil, brigadas de la SEDEMA, brigadas CONANP, autoridades ejidales, entre otros.

Dichas entrevistas fueron revisadas y codificadas con el programa QDA Mincer para facilitar el manejo de la información; esto consistía en asignar un código de acuerdo con el tema de la respuesta del entrevistado. Tales temas están orientados al manejo del fuego; las causas de los incendios; la prevención cultural, física y legal; los actores que participan en la prevención y combate a los incendios; y los programas gubernamentales que reciben en la región de Los Tuxtlas, entre otros temas de interés para el proyecto PAPIIT.

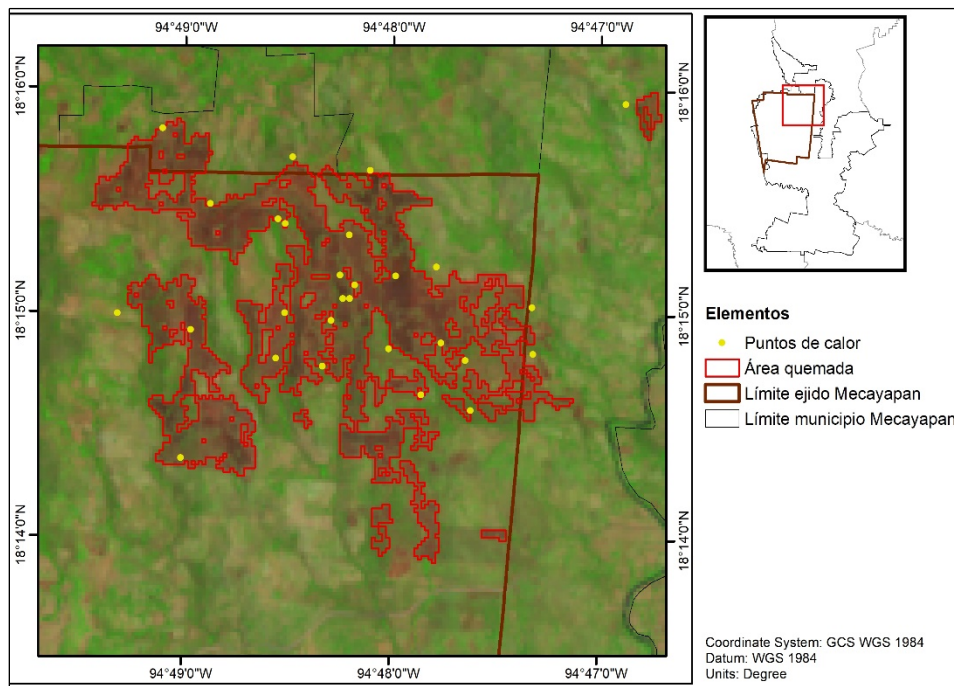
Capítulo 4. Resultados

4.1 Análisis de áreas quemadas identificadas

En la delimitación de las áreas quemadas se tomaron en cuenta las superficies mayores a una hectárea para descartar los polígonos pequeños que no se consideran como incendios forestales, ya que el impacto del mismo puede ser mínimo o nulo.

Los puntos de calor obtenidos de la NASA FIRMS (figura 8) sirvieron de apoyo para verificar que los polígonos delimitados concuerden con áreas quemadas. Cabe destacar que no todos los puntos de calor FIRMS corresponden a superficies quemadas sino también a altas temperaturas que se registraron, de igual manera no todas las áreas delimitadas se ubican cerca de puntos de calor FIRMS, pero los tonos en color café permiten identificar que se trata de un área quemada.

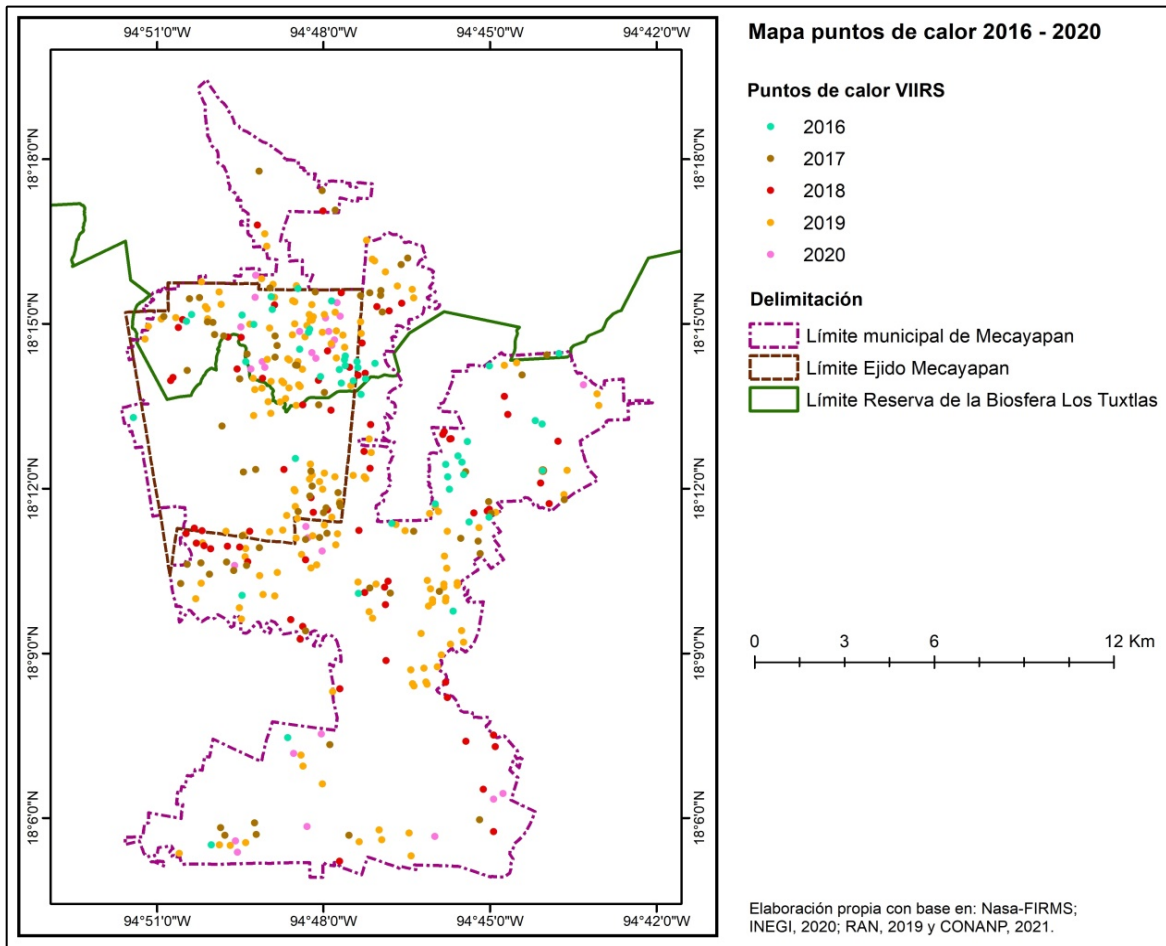
Figura 8. Superposición de puntos de calor y áreas quemadas delimitadas con BAIM en la imagen de 30 de abril de 2019



En el mapa de puntos de calor FIRMS 2016-2020 (figura 9) se puede observar la distribución de estos en el periodo de estudio. Se consideraron las fechas de las imágenes satelitales que se utilizaron para que los puntos de calor correspondan con las áreas quemadas identificadas.

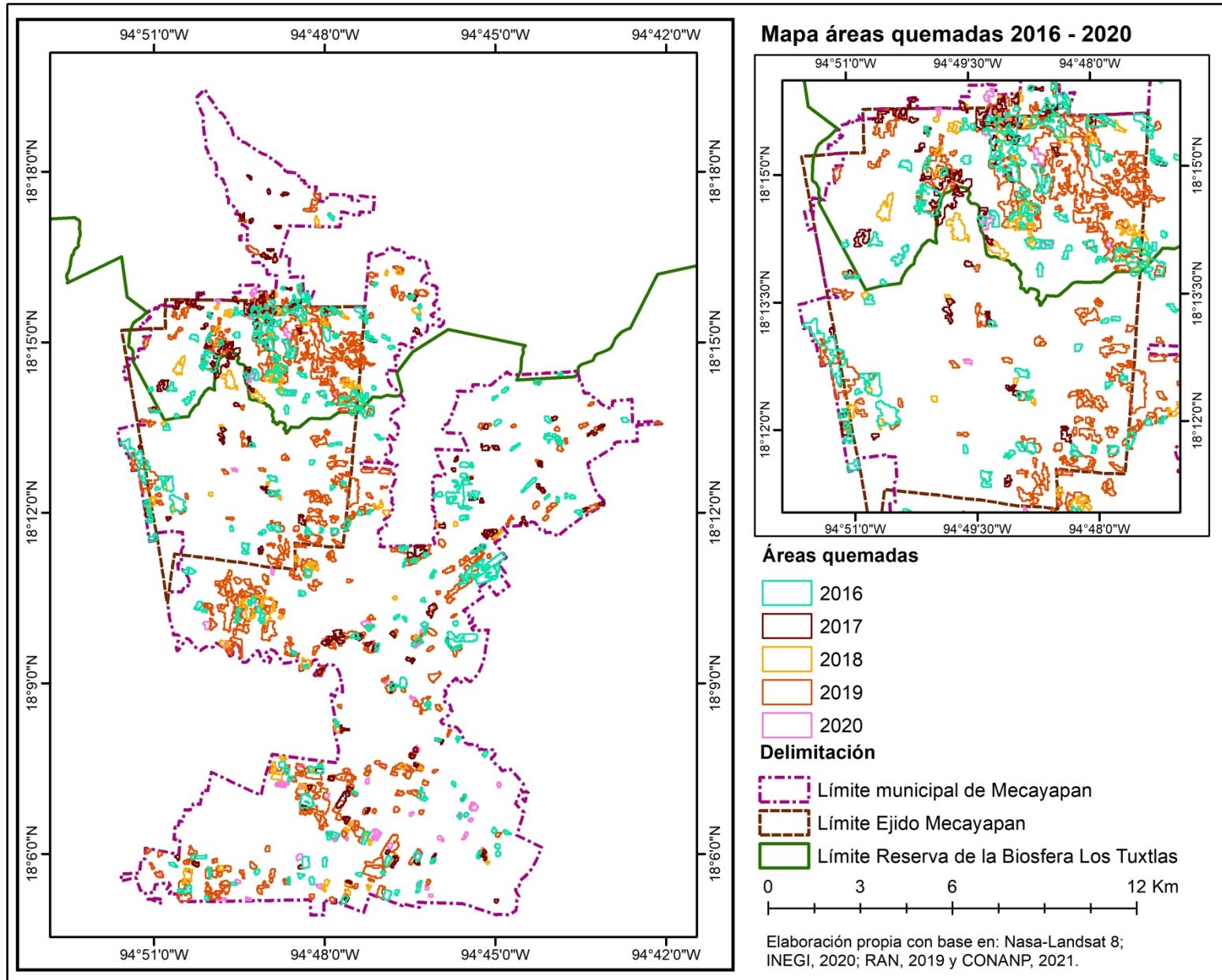
Gran parte de los puntos de calor se concentran dentro del ejido Mecayapan, al norte de este en la zona de amortiguamiento de la Reserva, en el área principal del municipio se reportaron 389 puntos de calor, de los cuales 157 se identifican dentro de la zona de estudio.

Figura 9. Puntos de calor FIRMS 2016 - 2020



Los polígonos obtenidos como resultado de la aplicación del índice BAIM en las imágenes satelitales se denominaron áreas quemadas e incendios forestales; tomando en cuenta que la superficie quemada corresponde tanto a quemas agrícolas como a incendios forestales.

Figura 10. Áreas quemadas 2016 - 2020



Del procesamiento de las imágenes satelitales para el periodo de estudio 2016 – 2020, se obtuvieron en total 731 polígonos en el municipio Mecayapan, de los cuales 213 se encuentran dentro del ejido. En el mapa de áreas quemadas 2016-2020 (figura 10) se observa que una tercera parte de los polígonos delimitados se concentra al norte del ejido Mecayapan dentro de la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas.

En el municipio de Mecayapan se estimaron 3,295.92 ha de áreas quemadas e incendios forestales en el periodo de estudio de 2016 a 2020, mientras que para el ejido se calcularon 1,382.12 ha (tabla 3), lo que corresponde al 42% del total de la superficie afectada que se estimó en el municipio.

El 35% de las áreas quemadas e incendios forestales se detectaron dentro de la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas que pertenece al municipio Mecayapan con una superficie quemada de 1,156.92 ha, lo que muestra una gran incidencia de áreas quemadas en esta zona.

Tabla 3. Total ha de áreas quemadas por año

Año	AQ Municipio Mecayapan (ha)	AQ Ejido Mecayapan (ha)	AQ RBLT Mecayapan (ha)
2016	773.79	328.04	286.72
2017	308.54	122.81	99.66
2018	337.69	145.97	140.18
2019	1707.64	735.89	580.96
2020	168.25	49.40	49.40
Total AQ	3295.92	1382.12	1156.92

Fuente: Elaboración propia con base en Nasa-Landsat 8; INEGI, 2020; RAN, 2019 y CONANP, 2021

Para la estimación de las áreas quemadas por tipo de vegetación se utilizó la información del mapa de cobertura del suelo de México a 30 metros, 2015 (CONABIO, 2020). Se consideran tres tipos de vegetación natural, bosque de coníferas templado, bosque de latifoliadas perennifolio tropical y bosque de latifoliadas caducifolio templado, así como dos tipos de uso de suelo agropecuario, suelo agrícola y pastizal tropical.

Se realizó un mapa de las áreas quemadas identificadas para cada año que comprende el periodo de estudio 2016 – 2020, en el mismo se incluyen en un apartado los puntos de calor obtenidos en la base de datos de la NASA – FIRMS.

Los resultados obtenidos se compararon con la información de los registros oficiales proporcionados por la CONAFOR y la Dirección General de Operación Regional CONANP al Dr. Christoph Neger para el Proyecto PAPIIT “Configuración territorial de las redes sociales involucradas en el manejo del fuego en las reservas de la biosfera mexicanas con presencia de selva alta perennifolia”.

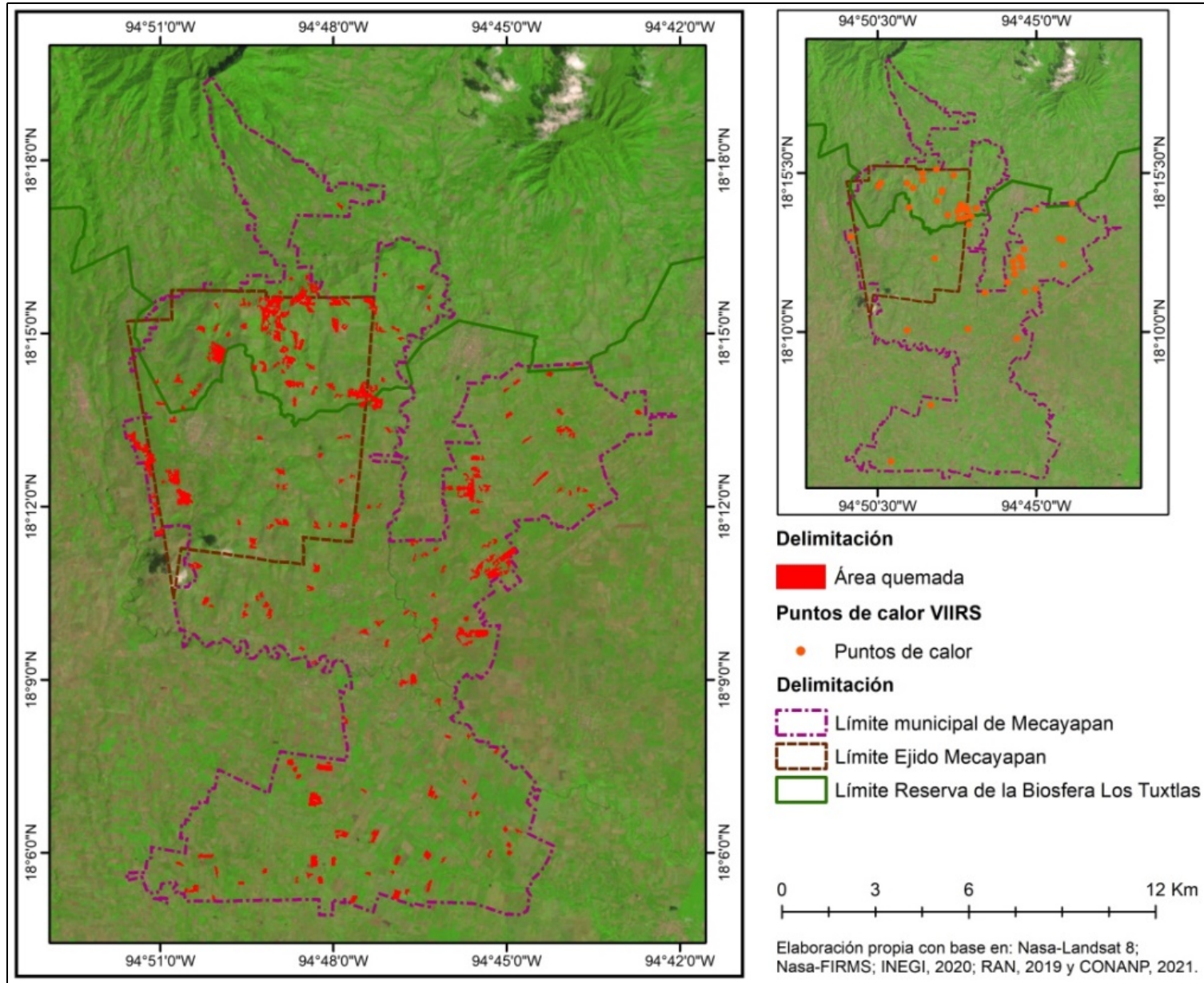
En el caso del año 2016, como se mencionó en el capítulo 3, únicamente se utilizó una imagen satelital debido a la presencia de nubosidad en las imágenes disponibles para ese año, la cual corresponde al 23 de mayo del mismo año. Posiblemente esta imagen permita apreciar algunos incendios de abril y los ocurridos antes del 23 de mayo. Gran parte de los polígonos delimitados se observan dentro de la zona de amortiguamiento de la Reserva, al norte del ejido Mecayapan (figura 11).

Tabla 4. Total de áreas quemadas en Mecayapan, 2016

Cobertura de suelo y vegetación	Municipio Mecayapan (ha)	Ejido Mecayapan (ha)
Bosque de coníferas templado	30.20	30.15
Bosque de latifoliadas perennifolio tropical	1.10	0
Bosque de latifoliadas caducifolio templado	40.30	4.05
Total AQ en vegetación natural	71.60	34.20
Pastizal tropical	491.44	166.49
Pastizal templado	5.70	0
Suelo agrícola	205.04	127.35
Total AQ uso de suelo agropecuario	702.18	293.84
Total área quemada	773.78	328.04

Fuente: Elaboración propia con base en Nasa-Landsat 8; INEGI, 2020; RAN, 2019 y CONANP, 2021

Figura 11. Áreas quemadas y puntos de calor, 2016



En el municipio se identificaron 198 polígonos de áreas quemadas e incendios forestales, que corresponden a 773.79 ha afectadas, de las cuales 328 ha se encuentran en el ejido Mecayapan (tabla 4); así como 47 puntos de calor en el municipio y 19 dentro del ejido. El polígono más grande abarca 36 ha, se encuentra en zona de pastizal. En la vegetación natural, el polígono más extenso se identificó en el bosque de latifoliadas caducifolio templado con 30 ha, ambos polígonos dentro del ejido, pero fuera del límite de la RBTL. En la zona de la reserva las áreas quemadas de mayor extensión se ubican en suelo agrícola y pastizales con 35 ha y en el bosque de coníferas templado con 21.82 ha identificadas como áreas quemadas.

De acuerdo con los registros oficiales de la Dirección General de Operación Regional CONANP, en 2016 se reportaron 18 fuentes de ignición con una superficie dañada de 169.85 ha en todo el municipio, de los cuales 10 con una extensión de 136.40 ha dentro del ejido Mecayapan. La mayoría de los incendios reportados por la CONANP se localizan dentro de la zona de amortiguamiento de la Reserva, al norte de ejido. La CONAFOR no registró incendios para este año en el área de estudio.

En el año 2017 se cuantificaron 76 puntos de calor en el municipio y 32 dentro del ejido Mecayapan, se identificaron 111 polígonos de áreas quemadas e incendios forestales que suman un total de 308.54 ha, de los cuales 30 se encontraron dentro del ejido con una extensión de 122.81 ha (tabla 5). Las áreas que presentan más superficie quemada son los pastizales y las zonas agrícolas con 252.17 ha y 75.63 ha para el municipio y el ejido respectivamente. En cuanto a la vegetación natural el bosque de coníferas templado tuvo 44.30 ha afectadas en la zona de estudio. Las áreas quemadas identificadas para este año (figura 12), se aprecian distribuidas a lo largo de todo el municipio con una pequeña parte de estas concentradas en la zona de amortiguamiento de la reserva en el límite con el ejido Mecayapan.

Figura 12. Áreas quemadas y puntos de calor, 2017

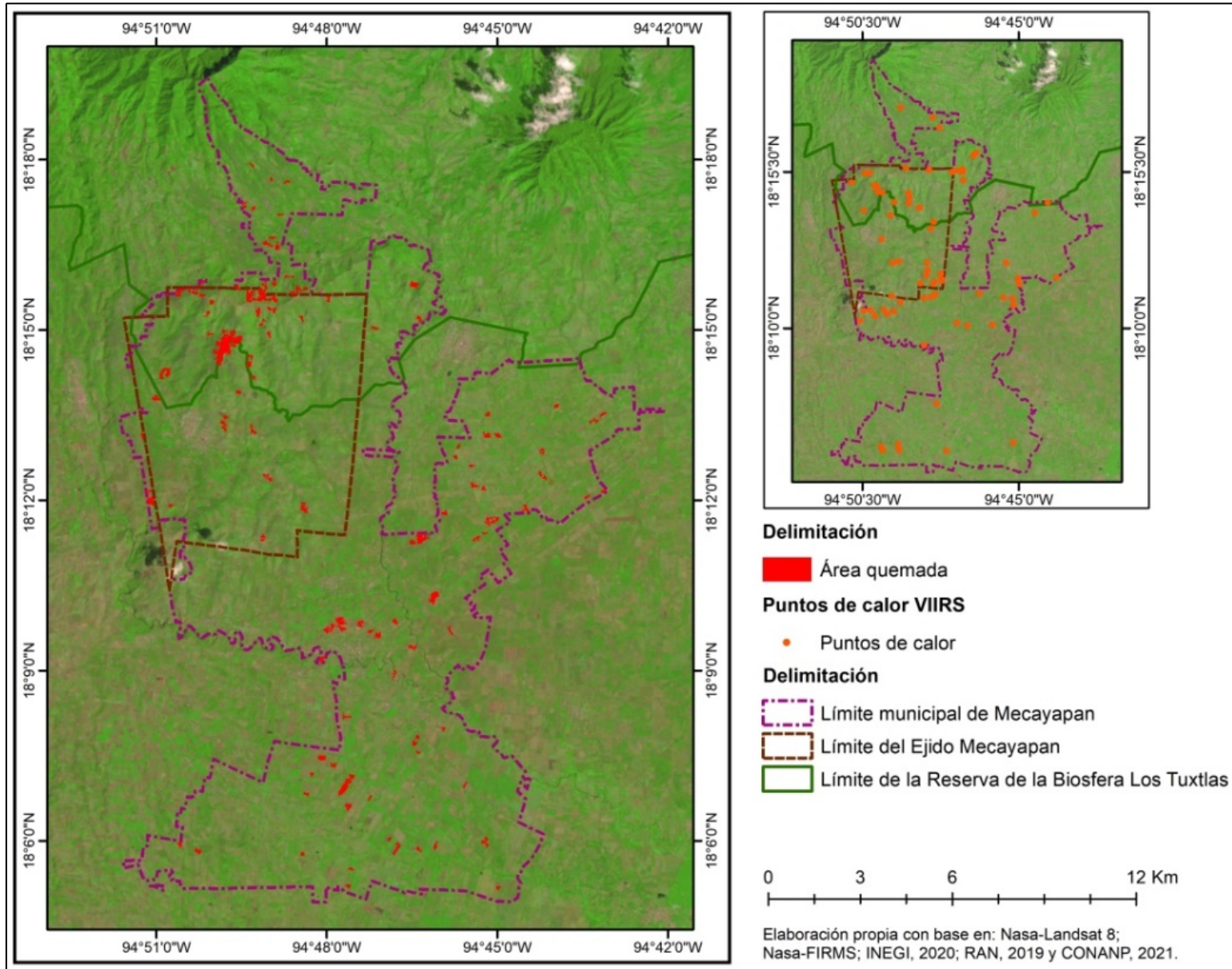


Tabla 5. Total áreas quemadas, 2017

Cobertura de suelo y vegetación	Municipio Mecayapan (ha)	Ejido Mecayapan (ha)
Bosque de coníferas templado	49.98	44.30
Bosque de latifoliadas perennifolio tropical	2.43	0
Bosque de latifoliadas caducifolio templado	3.96	2.88
Total AQ en vegetación natural	56.37	47.18
Pastizal tropical	151.05	26.94
Pastizal templado	10.37	0
Suelo Agrícola	90.75	48.69
Total AQ uso de suelo agropecuario	252.17	75.63
Total área quemada	308.54	122.81

Fuente: Elaboración propia con base en Nasa-Landsat 8; INEGI, 2020; RAN, 2019 y CONANP, 2021

En 2017 la CONAFOR reportó 24 incendios forestales con un total de 222 ha afectadas en el municipio Mecayapan, 19 de los cuales se registraron en el ejido Mecayapan con 180.75 ha. El de mayor intensidad fue de 27.5 ha en bosque de pino dentro de la zona de amortiguamiento reserva de la Biosfera, reportado el 18 de abril. Por otra parte, la Dirección General de Operación Regional CONANP, registró un total de 15 incendios forestales en el municipio con una superficie afectada de 146.53 ha, 14 de los cuales se reportaron dentro del ejido Mecayapan con un daño de 137.67 ha

La CONANP registró una fuente de ignición el 18 de abril con una superficie afectada de 27.97 ha, que coincide con lo reportado por la CONAFOR, mientras que los resultados de las imágenes satelitales arrojan un área quemada en esa zona de 39.42 ha, considerando que las imágenes utilizadas para este año corresponden a los meses de marzo y julio. Se deduce que si bien el incendio ocurrido en abril fue lo suficientemente grande como para dejar una firma espectral que se observara semanas después y dado que es una zona de bosque que colinda con suelos agrícolas, en los meses posteriores al incendio reportado por las dependencias se hayan llevado a cabo quemas agropecuarias cerca de la zona que hacen que la superficie afectada de abril para el mes de julio se observe de mayor tamaño.

Por otro lado, para el año 2018, se identificaron 72 puntos de calor en todo el municipio de Mecayapan, de los cuales 22 se encuentran dentro del ejido (figura 13). Se delimitaron 87 polígonos de áreas quemadas para todo el municipio, que corresponden a 337.70 ha afectadas, de éstas 145.97 ha se encuentran dentro de la zona de estudio distribuidas en 32 polígonos, lo que representa el 46%, poco menos de la mitad, del total de la superficie quemada de todo el municipio en 2018.

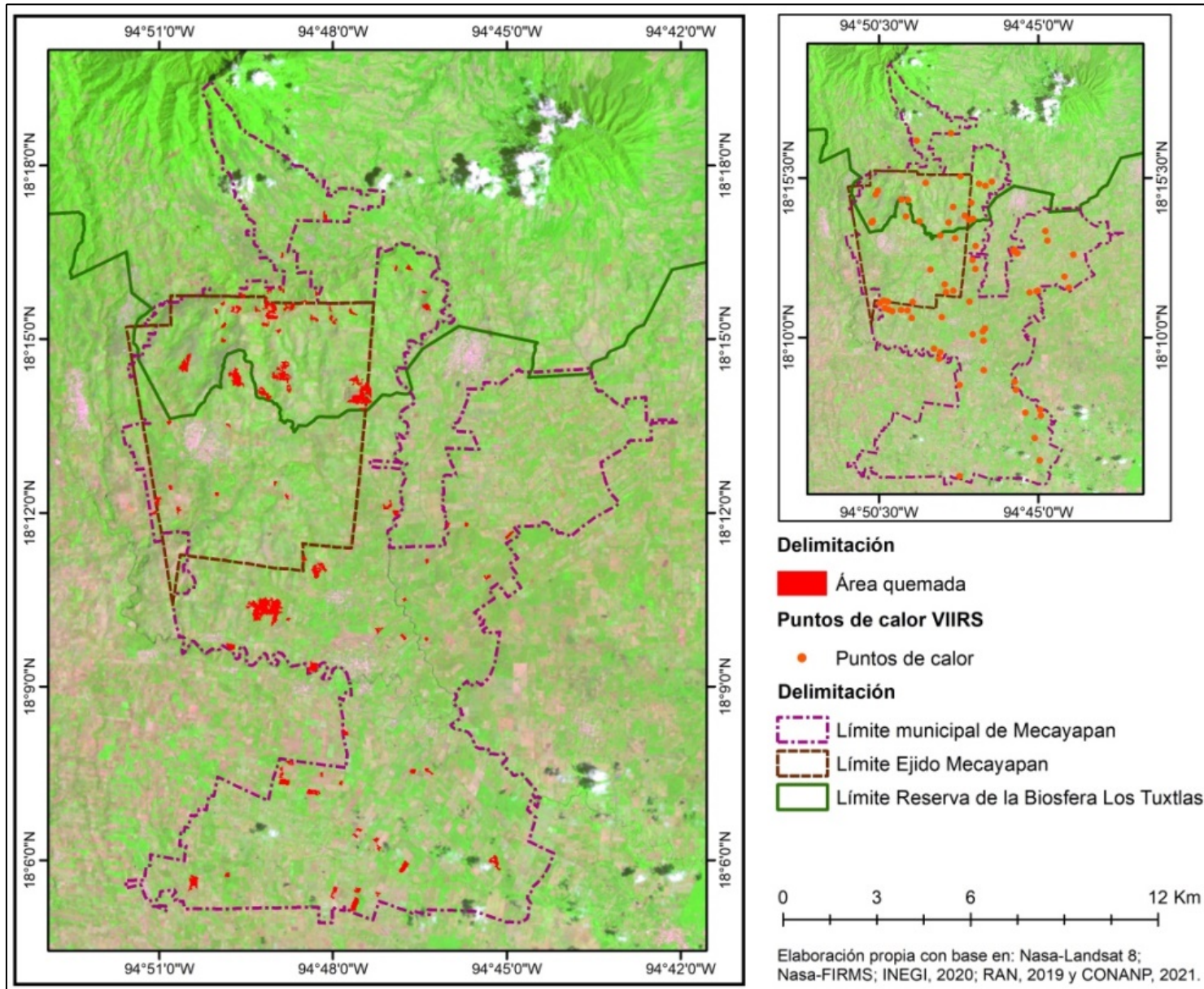
La zona de pastizal es donde se identificó mayor superficie quemada con 269.84 ha y 91.61 ha en el municipio y el ejido respectivamente, mientras que la vegetación natural con más área afectada es el bosque de coníferas templado, en la zona de amortiguamiento de la Reserva (tabla 6).

Tabla 6. Total ha de áreas quemadas, 2018

Cobertura de suelo y vegetación	Municipio Mecayapan (ha)	Ejido Mecayapan (ha)
Bosque de coníferas templado	26.46	26.46
Bosque de latifoliadas perennifolio tropical	0	0
Bosque de latifoliadas caducifolio templado	3.60	3.60
Total AQ en vegetación natural	30.06	30.06
Pastizal tropical	269.84	91.61
Pastizal templado	0	0
Suelo Agrícola	37.80	24.30
Total AQ uso de suelo agropecuario	307.64	115.91
Total área quemada	337.70	145.97

Fuente: Elaboración propia con base en: Nasa-Landsat 8; INEGI, 2020; RAN, 2019 y CONANP, 2021

Figura 13. Áreas quemadas y puntos de calor, 2018



Para el año 2018 la CONANP sólo reportó un incendio el día 24 de mayo, al noroeste del ejido, con una extensión de 2 ha. Por su parte la CONAFOR, registró 11 fuentes de ignición, con una superficie afectada de 56 ha en todo el municipio, 52.50 ha dentro de la zona de estudio. El de mayor extensión se reportó el 17 de junio, al noroeste del ejido, con 11.50 ha, el cual se aprecia en los resultados obtenidos con las imágenes satelitales, con 10.26 ha identificadas en la zona de bosque de coníferas templado. La imagen en donde se observa este polígono es en la del 30 de junio, por lo que la firma espectral de la fuente de ignición para esta fecha se ha reducido.

En el caso del incendio registrado por la CONANP, la CONAFOR también reportó uno el 24 de mayo en la misma zona, pero con una superficie afectada de 0.25 ha. Este incendio no se puede corroborar con las imágenes satelitales debido a que las imágenes usadas corresponden al 13 de mayo y 30 de junio; al haber sido un incendio de poca magnitud la firma espectral es imperceptible.

El año en el que más se identificaron áreas quemadas e incendios forestales fue en 2019; en la figura 13 se observa una distribución de la superficie afectada muy similar a los puntos de calor. Para este año en el área principal del municipio se delimitaron 268 polígonos que corresponden a 1,707.64 ha, de las cuales 735.89 ha están dentro del ejido Mecayapan. Una tercera parte de las áreas quemadas se identifica en la zona de amortiguamiento de la Reserva dentro del ejido (figura 14).

En 2019, en el municipio Mecayapan sólo un 6% de las áreas quemadas se identifican en zonas de vegetación natural y el resto en uso de suelo agrícola y pastizales, mientras que, en el caso del ejido, el 10% de la superficie quemada se ubica en zonas de bosques y el 90% en suelos agrícolas y pastizales. La vegetación natural con mayor presencia de áreas quemadas es el bosque de coníferas templado con 65.44 ha y 56.88 ha para el municipio y el ejido Mecayapan respectivamente. La zona de pastizales junto con el suelo agrícola son las que tienen mayor superficie quemada con 1,600 ha en todo el municipio y 654.97 ha en el ejido (tabla 7).

Figura 14. Áreas quemadas y puntos de calor, 2019

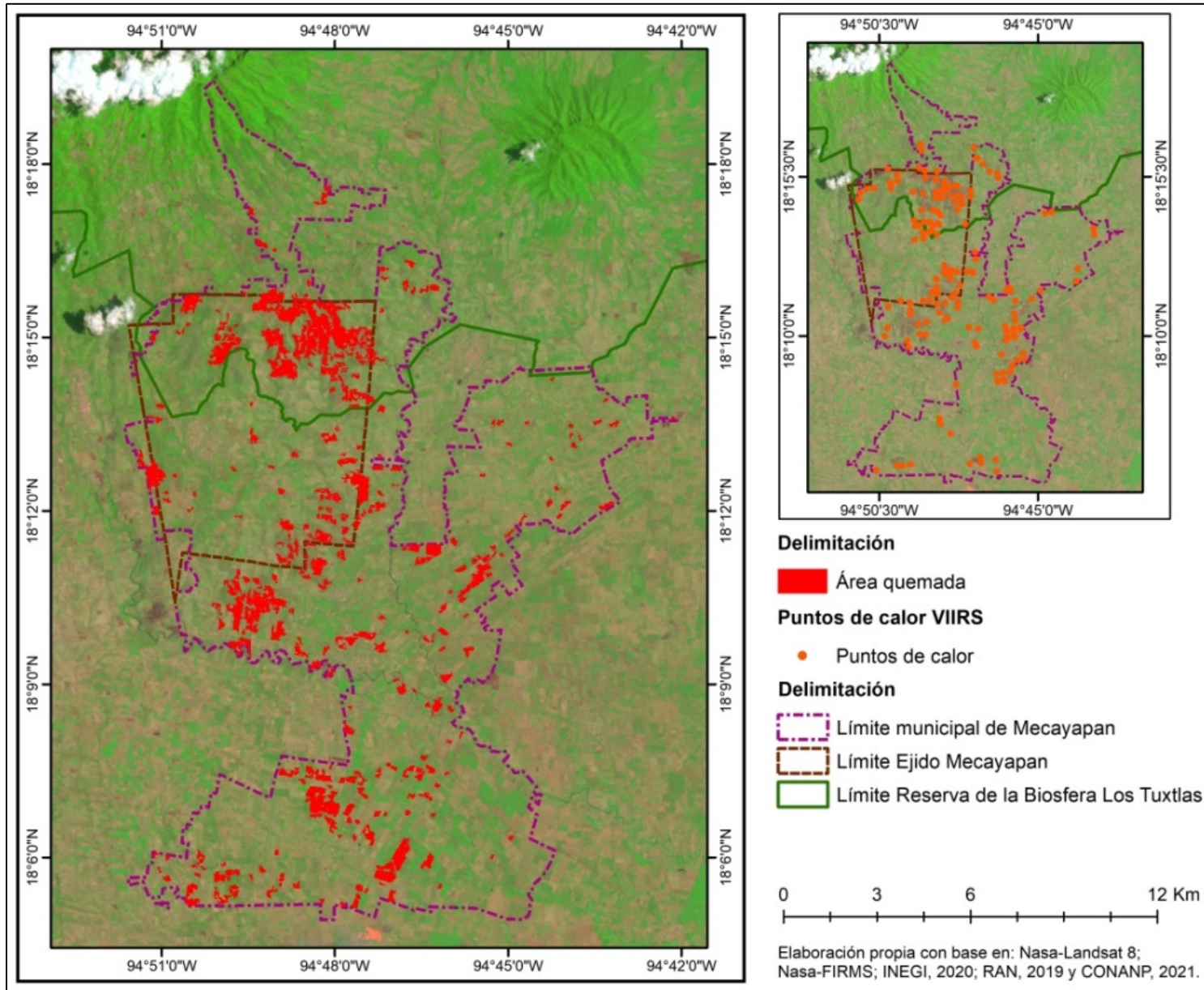


Tabla 7. Total áreas quemadas, 2019

Cobertura de suelo y vegetación	Municipio Mecayapan (ha)	Ejido Mecayapan (ha)
Bosque de coníferas templado	65.45	56.89
Bosque de latifoliadas perennifolio tropical	2.50	0
Bosque de latifoliadas caducifolio templado	39.68	24.03
Total AQ en vegetación natural	107.62	80.92
Pastizal tropical	1,232.08	554.17
Pastizal templado	10.98	1.17
Suelo Agrícola	356.96	99.63
Total AQ uso de suelo agropecuario	1,600.02	654.97
Total área quemada	1,707.64	735.89

Fuente: Elaboración propia con base en: Nasa-Landsat 8; INEGI, 2020; RAN, 2019 y CONANP, 2021

De acuerdo con los registros oficiales de la CONAFOR, en 2019 hubo 11 incendios forestales con una afectación total de 173.5 ha, 9 de los cuales se reportaron dentro del ejido Mecayapan con una superficie afectada de 167 ha, mientras que la CONANP registró 10 fuentes de ignición que corresponden a una superficie de 194.35 ha. Ambas dependencias reportaron un incendio forestal al noroeste del ejido Mecayapan, dentro de la zona de amortiguamiento de la Reserva, detectado el día 7 de mayo y liquidado hasta el día 9 del mismo mes; la CONANP registró 61.63 ha de afectación y la CONAFOR 68 ha, en vegetación de bosque de coníferas templado y suelo agrícola. En las imágenes satelitales sólo se identificó un área quemada de 18.63 ha en ese lugar, ya que la imagen más cercana a este incendio es del 17 de junio, razón por la cual la firma espectral del mismo ha ido disminuyendo. Cabe destacar que en la zona se registró un incendio más por parte de ambas dependencias el 29 de abril.

En 2019 Protección Civil, emitió una declaratoria de desastre natural por la presencia de sequía severa para el municipio de Mecayapan, ocurrida del 1 de mayo al 30 de noviembre del mismo año (Protección Civil, 2020), lo que puede ser una causal que este año la superficie afectada por áreas quemadas fuera de más de 1000 ha. Otra causa de estos incendios es por la puesta en marcha del programa Sembrando Vida, que presuntamente implicó que algunas personas quemaran sus parcelas para poder ingresar

al programa (Entrevistas realizadas por el Dr. Neger en distintos municipios de Los Tuxtlas, Veracruz).

El último año del periodo de estudio, 2020, fue en el que menos áreas quemadas se identificaron, además de que únicamente se utilizaron 2 imágenes satelitales del 15 de marzo y 18 de mayo, por lo que los incendios ocurridos después del 18 de mayo y junio no se delimitaron. En el periodo de estudio en todo el municipio se registraron 29 puntos de calor, 15 de ellos ubicados dentro de la zona de interés. En cuanto a los polígonos delimitados 67 se identificaron en el municipio, que equivalen a 168.25 ha, de estas 49.40 ha distribuidas en 11 polígonos en el ejido Mecayapan. En el mapa de áreas quemadas y puntos de calor 2020 (figura 15), se observa que la superficie afectada se distribuye al sur del municipio y sólo un 29% se concentran en la zona de amortiguamiento de la reserva.

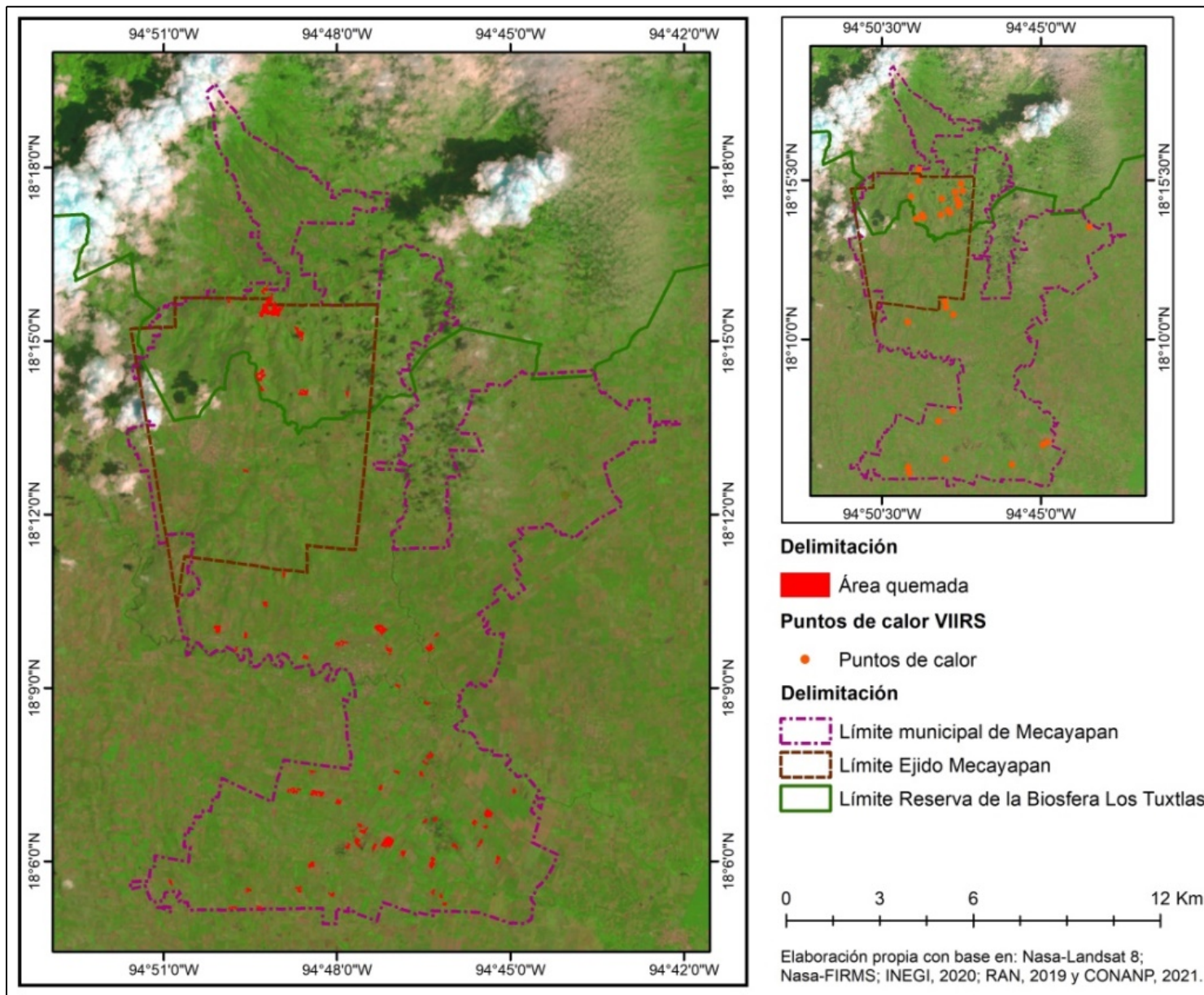
Como se ha percibido en años anteriores, los pastizales y el suelo agrícola son las superficies que presentan más áreas quemadas; en 2020 se estimaron 165.37 ha afectadas en el municipio y 48 ha en el ejido, de los cuales casi el 90% se registra en la zona de amortiguamiento de la Reserva (tabla 8).

Tabla 8. Total áreas quemadas, 2020

Cobertura de suelo y vegetación	Municipio Mecayapan (ha)	Ejido Mecayapan (ha)
Bosque de coníferas templado	0	0
Bosque de latifoliadas perennifolio tropical	1.53	0
Bosque de latifoliadas caducifolio templado	1.35	1.35
Total AQ en vegetación natural	2.88	1.35
Pastizal tropical	124.26	46.79
Pastizal templado	3.96	0
Suelo Agrícola	37.15	1.26
Total AQ uso de suelo agropecuario	165.37	48.05
Total área quemada	168.25	49.40

Fuente: Elaboración propia con base en: Nasa-Landsat 8; INEGI, 2020; RAN, 2019 y CONANP, 2021

Figura 15. Áreas quemadas y puntos de calor, 2020



Para este año, la Dirección General de Operaciones Regional de la CONANP reportó 7 incendios forestales con un total de 39.91 ha afectadas, de las cuales 19.00 ha se ubicaron dentro del ejido en la zona de amortiguamiento de la reserva, en bosque de coníferas templado y bosque de latifoliadas caducifolio templado. Los incendios se registraron entre el 27 de marzo al 18 de mayo, sin embargo, los registros oficiales no coinciden con los resultados obtenidos con las imágenes satelitales, dado que la imagen del 18 de mayo en esa zona presenta nubosidad, por lo que no es posible identificar los incendios forestales que se registraron por la dependencia.

Los registros oficiales de la CONAFOR aportan información sobre la causa de los incendios, de los 39 incendios reportados para el periodo de estudio, el 48% fueron por causas desconocidas; el 30% fueron intencionales (principalmente litigios y rencillas); el resto por actividades agropecuarias (quemadas para pastoreo) y por cazadores.

Cabe destacar que las brigadas que atienden los incendios forestales son diferentes y cada una levanta sus propios reportes, razón por la cual los datos oficiales difieren entre las diferentes brigadas; algunas de las brigadas que combaten los incendios forestales son: Brigada CONANP Tigrillos, Brigada CONANP Faisanes de Sotapan, Brigada CONANP Las Águilas de Ocotil Chico, Brigada SEDEMA (Secretaría de Medio Ambiente del estado de Veracruz) Los Tuxtles, Brigada Rural CONAFOR Tatahuicapan, Protección Civil Mecayapan, Protección Civil Sotapan y Protección Civil Tatahuicapan.

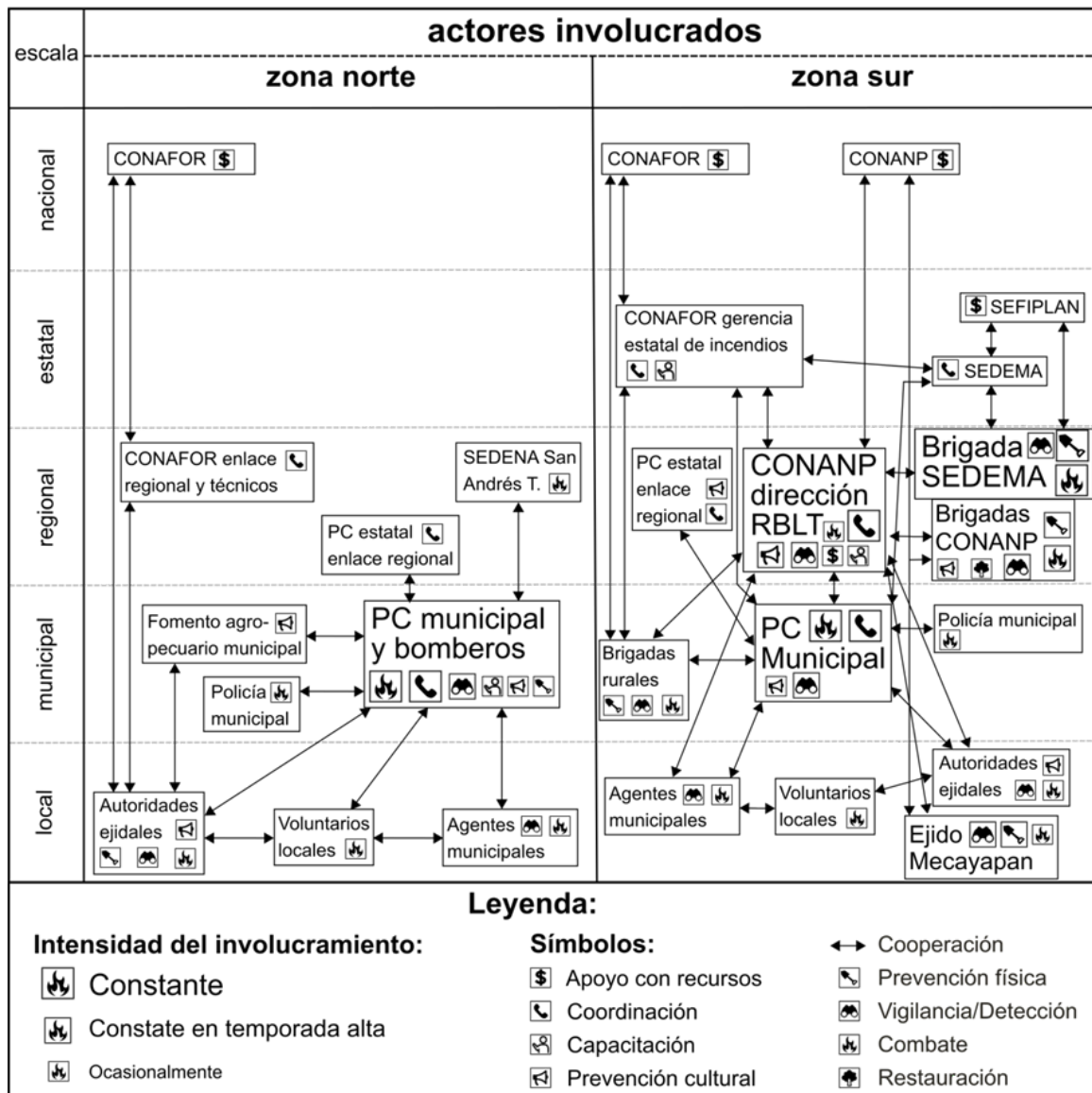
4.2 Entrevistas

Manzo y Neger (en prensa) mencionan a los actores involucrados en el combate a los incendios forestales en la Reserva de la Biosfera Los Tuxtles, haciendo una división de la misma entre la zona norte y la zona sur dadas las condiciones de la precipitación, siendo la zona norte más húmeda, con mayor precipitación anual; mientras que la zona sur tiene una menor precipitación anual y la población hace mayor uso del fuego en las actividades agrícolas.

Para el presente trabajo es de interés la zona sur, dado que es en donde se ubican el municipio y ejido Mecayapan. En la figura 16 se puede observar cómo es la interacción entre estos actores; al ser la zona sur más vulnerable a los incendios forestales hay mayor presencia de actores involucrados en el combate a los incendios forestales. Todos en conjunto se encuentran coordinados para actuar ante estos fenómenos. Dichos actores lo conforman las brigadas comunitarias de la CONANP, una brigada de la SEDEMA,

brigadas de la CONAFOR y Protección Civil de los municipios; además, también se involucran los agentes municipales, voluntarios locales y la policía municipal (Manzo y Neger, 2021, en prensa).

Figura 16. Actores involucrados en la gestión del riesgo de incendios forestales en la RBTL en la actualidad (2019/2020). Fuente: Manzo y Neger (2021).



Para el presente estudio se tomaron en cuenta cuatro entrevistas que se realizaron a través de vía telefónica y de manera presencial, las cuales se hicieron a personas que forman parte de los actores involucrados en el combate a los incendios forestales. Los entrevistados fueron el Alberto Martínez, comisariado ejidal de Ixhuapan, del municipio de

Mecayapan; Omar González Bautista, jefe de la brigada 3003 de Los Tuxtlas de la SEDEMA ubicada en el municipio de Mecayapan; Héctor Palacios coordinador de las brigadas CONANP y Bernardino Villa, Subdirector de Normatividad Forestal de la SEDEMA.

Las diferentes dependencias que atienden los incendios forestales, tales como CONAFOR, CONANP, SEDEMA y Protección Civil, se coordinan al momento de combatir un incendio. La brigada más cercana a la zona del incendio es la primera en llegar, y atender el incidente, también registra los datos de este, tales como fecha, hora, duración, área de afectación, vegetación dañada y coordenadas. Sin embargo, estos datos no se comparten entre brigadas, ya que cada brigada alberga su propia base de datos.

Para la región de Los Tuxtlas, la CONANP trabaja con tres brigadas, compuestas de 10 hombres cada una, estas brigadas sólo trabajan en la temporada de incendios, dependiendo el presupuesto con el que cuente la CONANP y, pueden ser de 60 a 78 días; es por eso que las brigadas no comienzan a trabajar al mismo tiempo, sino que trabajan de manera escalonada para que se atienda bien la temporada alta de incendios que va de abril a junio. Además de que las brigadas CONANP sólo trabajan en temporada de incendios, éstas carecen de un medio de transporte para poder desplazarse, por lo que llegan a su destino a pie u otras brigadas o instituciones los transportan.

La Secretaría del Medio Ambiente (SEDEMA) cuenta con una brigada contra incendios en el municipio de Mecayapan, para atender los incendios de Mecayapan, Soteapan y Tatahuicapan, ya que son los municipios en los que se reportan mayor número de incendios, esta brigada se encuentra activa todo el año. La brigada recibe capacitación por parte de Protección Civil y CONAFOR.

La brigada 3003 de SEDEMA en la temporada de lluvias, cuando se reportan menos incendios y por lo tanto la brigada tiene más tiempo disponible, se dedican a dar pláticas de concientización en escuelas para que se evite el uso de fuego y se reporten los incendios; esta información es difundida a la población por medio de Protección Civil a través de perifoneo y folletos.

En ocasiones los primeros en atender un incendio son los ejidatarios de la zona y los vecinos de otros ejidos, sin embargo, la población no siempre se involucra en el combate, dependiendo de la región y lo que esté afectando el incendio.

En los municipios de Mecayapan y Soteapan, por ser los más afectados por el fuego, se implementan actividades de prevención cultural con las autoridades ejidales, mismas que posteriormente se organizan para difundir esta información a la población de cada municipio; también se da conocer la norma 015 de SEMARNAT/SAGARPA, en dónde se establecen las especificaciones para regular el uso del fuego.

En el municipio de Mecayapan se han dado pláticas por parte de la CONANP, Protección Civil y la CONAFOR para que se evite o realice de manera controlada el uso de fuego en las parcelas. Sí los dueños de las parcelas quieren hacer una quema deben avisar a las autoridades, deben contar con personas que le apoyen en dicha actividad, así como hacer una guardarraya de 2 a 3 metros para evitar que el fuego se extienda hacia otras parcelas. A pesar de esto, una de las causas de los incendios que se registran en el municipio son las quemas agrícolas.

Los entrevistados mencionan que en el caso de los incendios que son intencionales o causados por la cacería, aún no se ha establecido una multa a la persona que sea la causante de este, además de en la mayoría de los casos no se identifica a quien provocó el fuego, sin embargo, sugieren que sería bueno implementar un reglamento en donde se establezcan multas y/o sanciones.

En 2020, por la pandemia que comenzó en el mes de marzo por el virus del SARS-CoV-2, que provoca la enfermedad de COVID 19, se suspendieron las pláticas de prevención cultural, sin embargo, las brigadas, con sus debidas medidas de protección para evitar contagios de COVID 19, se mantuvieron trabajando en la temporada de incendios, a excepción de Protección Civil que se enfocó más en la prevención y atención de este virus que afectó al país.

Los entrevistados mencionaron que en el año 2020 no hubo muchos incendios en comparación con el año 2019 en el que se reportó un mayor número. Una razón por la que en 2019 se registró más incidencia de este fenómeno en la región, fue por la implementación del programa “Sembrando Vida”, lo cual hizo que algunos ejidatarios talaran árboles para luego quemarlos y así entrar al programa.

Los entrevistados comentan que los incendios, a diferencia de hace 10 años, han ido a la baja, sin embargo, el comisariado ejidal opina que se deberían dar más pláticas de prevención cultural y capacitaciones a la población y que carecen de equipo de combate para que puedan mitigar el fuego en lo que llegan las brigadas contraincendios.

En cuanto a la reforestación de las áreas afectadas por los incendios forestales, comentan que no hay los suficientes recursos para llevarla a cabo, en ocasiones, a algunos brigadistas les dan días de descanso, cuando todavía no a acabado la temporada de incendios, para que reforesten cuando empiece la temporada de lluvias.

Conclusiones

De manera general, de acuerdo con los resultados obtenidos con la aplicación del índice BAIM a las imágenes satelitales y la generación de los mapas, se obtiene lo siguiente: los incendios forestales del 2016 a 2020 afectaron una superficie total de 268.53 ha en el municipio; de esto 193.71 ha se registraron en el ejido Mecayapan. De acuerdo con los reportes de las autoridades, la mayoría de los incendios reportados fueron de tipo superficial, lo que quiere decir que afectaron a la vegetación que se encuentra a menos de 2 metros de altura.

De acuerdo con la hipótesis propuesta en el presente trabajo, se puede decir que sí se cumple, siendo el ejido Mecayapan el lugar en donde se registraron gran parte de los incendios forestales que ocurrieron en el municipio Mecayapan en el periodo de estudio de 2016 a 2020. Sin embargo, la vegetación natural con mayor área afectada por los incendios forestales en el municipio Mecayapan fue el bosque de coníferas templado con un total de 172.08 ha dañadas, de las cuales 157.80 ha se identificaron en la zona de amortiguamiento de la reserva dentro del ejido Mecayapan. Mientras que en el bosque de latifoliadas perennifolio tropical se estimaron un total de 7.56 ha afectadas en la zona de amortiguamiento de la Reserva en el municipio, fuera de los límites del ejido. Cabe destacar que los ecosistemas de selva alta perennifolia y bosque de pino colindan con zonas de pastizales y suelos de uso agrícola, en donde se llevan a cabo quemadas agrícolas que se salen de control y llegan a afectar a la vegetación natural cercana. A pesar de albergar un área natural protegida, la vegetación del ejido Mecayapan es afectada por los incendios forestales cada año en la temporada seca que va de marzo a junio.

Un ejemplo de los incendios forestales que ocurren en Mecayapan se puede ver en la figura 17 en una fotografía en la cual se observa un bosque de pino, ubicado al norte del municipio, que fue afectado por un incendio forestal en el mes de junio del presente año. En la fotografía se observa cómo el fuego afectó a los combustibles que se encontraban a menos de dos metros de altura. Si bien para el bosque de pino el fuego es un factor benéfico ya que con el calor que emite permite que las semillas eclosionen y germinen, éstos deben ser moderados; al menos el 29% del bosque de pino fue afectado por los incendios forestales en el periodo de estudio, dejando al descubierto los suelos y desplazando a la fauna del lugar.

Figura 17. Bosque de pino ubicado al norte del municipio Mecayapan, afectado por un incendio forestal



Fuente: Fotografía tomada por Christoph Neger 15/06/2021

De acuerdo con las estimaciones realizadas, en el periodo de estudio, 2016 – 2020, los suelos agrícolas y los pastizales fueron las zonas en donde se identificaron más superficies afectadas con 3,027.38 ha en el municipio, mientras que para el ejido se estimaron 1,188.41 ha lo que corresponde al 39% del total del área quemada en el municipio.

Los datos oficiales de la CONAFOR, para el periodo 2016-2019; reportó un total de 400 ha de superficie afectada en el ejido Mecayapan. Mientras que la CONANP para 2016-2020 registró 489.41 ha afectadas por los incendios forestales, tomando en cuenta que estos también incluyen áreas quemadas en suelos agrícolas y pastizales.

Dentro del municipio, el ejido Mecayapan es en el que se reportan más incendios forestales, dado a su importancia al colindar con una ANP como lo es la Reserva de la

Biosfera Los Tuxtlas, se debe procurar la conservación de sus ecosistemas, implementando medidas de prevención y concientización con la población.

La zona norte del ejido que forma parte de la RBLT es el área en la cual hay mayor incidencia de incendios forestales, ya que es en esta zona en donde se observan más polígonos de diferentes años, principalmente del 2016 y 2019, por lo que hay áreas en las que el fuego vuelve a incidir.

Conocer cuáles son las medidas de gestión de los incendios forestales nos permite identificar que el uso del fuego ha ido disminuyendo en esta zona, ya que año con año se llevan a cabo campañas de prevención cultural para tener un manejo controlado del fuego. Como mencionan los entrevistados aún hay mucho trabajo por hacer para lograr que la población tome mayor conciencia y evite la propagación de los incendios forestales. Se realizó una presentación para dar a conocer los resultados obtenidos en el presente trabajo a las comunidades en donde se realizaron las entrevistas, con el fin de que se tenga mayor atención a las zonas de mayor incidencia de incendios, esto se realizará una vez que las condiciones sanitarias lo permitan.

Algunas recomendaciones son capacitar más a las brigadas, no sólo en cuanto al combate de incendios, sino también para que tengan una mayor interacción con la población e impartan pláticas de prevención y manejo del fuego, así como que cuenten con las herramientas y transporte necesarios para combatir los incendios. Una mayor interacción de las autoridades con la población a fin de que participe en los planes de prevención cultural y física haciéndoles ver la importancia de conservar la vegetación natural y mantener la biodiversidad de los ecosistemas; así como integrarla en los planes de reforestación, para que la población tenga más conciencia de las consecuencias de usar el fuego sin tomar las medidas necesarias.

Fenómenos como las sequías que se presentaron en 2019 influyen en la incidencia e intensidad de los incendios forestales; son en estos años en los que se debe procurar mayor atención y difusión a las campañas de prevención y activar las campañas antes de las temporadas de incendios.

Algunas de las limitantes que se presentaron en esta investigación son el alto porcentaje de presencia de nubes en las imágenes satelitales del periodo de estudio, lo cual no permitió que se identificaran todas las áreas quemadas de las imágenes satelitales de los años de interés; los datos de los registros oficiales de incendios forestales no se pueden

homologar debido a que cada brigada cuenta con sus propios datos de acuerdo a los incendios que atendieron, pero confirmaron que áreas quemadas identificadas en las imágenes satelitales si correspondían a incendios forestales.

Los estudios sobre incendios forestales permiten detectar las zonas con mayor incidencia de este fenómeno, para poner más atención en estas áreas mejorando los planes de prevención y manejo del fuego. Buscar alternativas para atender de manera eficaz los incendios y prevenir su propagación, así como generar planes de restauración de la vegetación en las zonas más afectadas.

Realizar estudios sobre los ejidos puede ser de interés para incrementar la importancia de estos, ya que, además de la información que se encuentra en el Registro Agrario Nacional, se observó que se cuenta con pocos datos oficiales disponibles a nivel ejidal. Las investigaciones sobre los núcleos agrarios permiten destacar las problemáticas a las que se enfrentan, así como sus necesidades, con el fin de mejorar el planteamiento de futuros programas gubernamentales que se propongan para el desarrollo de los ejidos.

Referencias

Alatorre, E. (1996). *Etnomicología en la Sierra de Santa Marta, Veracruz*. CONABIO. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfC117.pdf>

Álvarez, Y. (2000). *Aplicación de tecnología S.I.G. al estudio del riesgo y prevención de incendios forestales en el área de Sierra Espuña – Gebas (Región de Murcia)*. Memoria para optar el grado de Doctor en Geografía. Universidad de Murcia.

Ambrosio, G., González, J. y Arévalo, V. (2002, septiembre). *Corrección radiométrica y geométrica de imágenes para la detección de cambios en una serie temporal*. Conferencia: X Congreso de Métodos Cuantitativos, Sistemas de Información Geográfica y Teledetección. Universidad de Málaga, España.

Ariza, A. (2013). *Productos LDCM – Landsat 8*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Colombia.

Ayuntamiento Constitucional de Mecayapan Veracruz. (s/f). *Historia de Mecayapan, Veracruz Ignacio de la Llave*. Recuperado el 22 de agosto de 2021, de: <http://mecayapan.emunicipios.gob.mx/municipio/historia/>

Ayuntamiento Constitucional de Mecayapan Veracruz. (s/f.a). *Localización del Municipio de Mecayapan, Veracruz*. Recuperado el 22 de agosto de 2021, de: <http://mecayapan.emunicipios.gob.mx/municipio/localizacion/>

Ayuntamiento Constitucional de Mecayapan Veracruz. (s/f.b). *Datos generales*. Recuperado el 22 de agosto de 2021, de: <http://mecayapan.emunicipios.gob.mx/municipio/datos-generales/>

Braña, J. y Martínez, A. (2005). El PROCEDE y su impacto en la toma de decisiones sobre los recursos de uso común. *Gaceta Ecológica*, (75), 35-49. Recuperado el 26 de agosto de 2021. ISSN: 1405-2849. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53907503>

Candelas, R. (2019). *La relevancia de los ejidos y las comunidades rurales en la estructura social de México*. Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública

Castillo, M., Pedernera, P. y Peña, E. (2003). Incendios forestales y medio ambiente: una síntesis global. *Revista Ambiente y Desarrollo de CIPMA*. 44-53

Cédulas de Información Básica para Centro Estratégicos Comunitarios (CIBCEC). (2006). *Actividades económicas. Agricultura.* Disponible: <http://www.microrregiones.gob.mx/cibcec06/contenido.aspx?valor=301040001&tbl=tbl01>

Chuvieco, E. (2009). Detección y análisis de incendios forestales desde satélites de teledetección. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (España)*. 103 (1) 173-181

Chuvieco, E. (2008). *Teledetección ambiental. La observación de la Tierra desde el espacio*. 3ra Edición. Barcelona, España. Ariel.

Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). (2014). *Incendios Forestales*. Recuperado el 16 de enero de 2021, de <http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/159-FASCCULOINCENDIOSFORESTALES.PDF>

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (CONABIO). (2021). *Bosques templados*. Biodiversidad mexicana. Recuperado el 22 de agosto de 2021, de: <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/bosqueTemplado>

Comité Estatal de Información Estadística y Geográfica de Veracruz (CEIEG). (2020). *Integración de Información Estadística y Geográfica de los Estados 2020*. Disponible en: <http://ceieg.veracruz.gob.mx/2021/03/24/integracion-de-informacion-estadistica-y-geografica-de-los-estados-2020/>

CONABIO. (2021a). *Selvas húmedas*. Biodiversidad mexicana. Recuperado el 22 de agosto de 2021, de: <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/selvaHumeda>

CONABIO. (2021b). *Bosques nublados*. Biodiversidad mexicana. Recuperado el 22 de agosto de 2021, de: <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/bosqueNublado>

CONABIO. (2020). *Cobertura del suelo de México a 30 metros, 2015*. Esquema de clasificación del Sistema de Monitoreo del Cambio en la Cobertura del Suelo de América del Norte (NALCMS). México.

CONABIO. (2020a). *Áreas Protegidas*. Recuperado el 10 de julio de 2021 de: <https://www.biodiversidad.gob.mx/region/areasprot>

CONABIO. (1998). *Curvas de nivel para la República Mexicana escala 1:250 000*. En Modelo Digital del Terreno. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). México.

CONABIO. (1998a). García, E. *Climas escala 1:1000000*. México.

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (s/f). *Servicios Ambientales y Cambio Climático*. Disponible en: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/5/2290Servicios%20Ambientales%20y%20Cambio%20Clim%C3%A1tico.pdf>

CONAFOR. (2019c). *Programa anual de trabajo 2019*. Disponible en: https://www.conafor.gob.mx/transparencia/docs/PAT_2019_CONAFOR.pdf

CONAFOR. (2010). *Incendios forestales. Guía práctica para comunicadores*. Zapopan, Jal. México. Recuperado el 03 de diciembre de 2020 de <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/10/236Gu%C3%ADa%20pr%C3%A1ctica%20para%20comunicadores%20-%20Incendios%20Forestales.pdf>

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2011). *Actualización de la tasa de cambio del uso de suelo en la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas*. Proyecto Sierra de Santa Marta A.C. https://simec.conanp.gob.mx/TTH/Tuxtlas/Tuxtlas_TTH_1980_2011.pdf

CONANP. (2021, mayo). *Áreas Naturales Protegidas*. Disponible en: http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/info_shape.htm

De Santis, A. y Vaughan, P. (2009). Revisión de las técnicas de identificación cartográfica de áreas quemadas. *Recursos Rurais*, 5, 93-100

Diario Oficial de la Federación (DOF). (2009, noviembre 27). *Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas*. CONANP. Disponible en: https://simec.conanp.gob.mx/pdf_pcym/138_DOF.pdf

Díez, E. (2007). *Evaluación del peligro por incendios forestales en la delegación Milpa Alta, Distrito Federal*. Tesis de Licenciatura en Geografía. UNAM.

Earth Observing System (EOS). (2020). *Landsat 8*. Recuperado el 09 de mayo de 2021, de <https://eos.com/es/find-satellite/landsat-8/>

Espinoza, A. (2015). *Incendios forestales en el estado de San Luis Potosí, México asociados a la sequía*. Tesis de Licenciatura en Geografía, UNAM.

Espinoza, A. (2020). *Análisis multiescalar de los incendios forestales y el efecto del fenómeno ENOS en el corredor biológico mesoamericano México*. Tesis de Maestría en Geografía. UNAM.

Food and Agriculture Organization (FAO). (2001). Fires. *Global forest fire assessment 1990-2000*. FRA Working Paper No. 55. Disponible en: https://www.fao.org/3/ad653e/ad653e88.htm#P17204_922951

Flores López, José Manuel. (2016). *Expansión ganadera en la Sierra de Santa Marta, Veracruz: el caso de una comunidad zoque-popoluca*. Relaciones. Estudios de historia y sociedad, 37(148), 227-257. Recuperado el 25 de agosto de 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-39292016000400227&lng=es&tlng=es.

Galeana, F. (2002). Demanda del dominio pleno en el ejido: derechos de propiedad y crédito rural. *Estudios Agrarios*, (19), pp. 19-28.

García, J. (2019). *Teledetección de áreas quemadas asociadas a incendios forestales en la Sierra Nevada, México (1998-2017)*. Tesis de Licenciatura en Geografía. UNAM.

Gómez, I. y Martín, M. (2008). Estudio comparativo de Índices Espectrales para la Cartografía de Áreas Quemadas con Imágenes MODIS. *Revista de Teledetección*, 29, 15-24

Gómez-Pompa, A. y Dirzo, R. Coords. (1995). *Reservas de la biosfera y otras áreas naturales protegidas de México*. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Gonzaga, C. (2014). *Aplicación de Índices de Vegetación Derivados de Imágenes Satelitales Landsat 7 ETM+ y ASTER para la Caracterización de la Cobertura Vegetal en la Zona Centro de la Provincia De Loja, Ecuador*. Tesis de Maestría. Universidad de La Plata. Ecuador.

González, I. (2020). *Evaluación de la vulnerabilidad a incendios forestales en base a relaciones espaciales locales: El modelo firelocal*. Tesis de Maestría en Geografía. UNAM

Hevia, F. (2009 mayo-agosto). De Progresos a Oportunidades: Efectos y límites de la corriente cívica en el gobierno de Vicente Fox. *Sociológica*, 24 (70),43-81. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/soc/v24n70/v24n70a3.pdf>

Instituto Nacional de Ecología (INE). (1997d). *Los Tuxtlas (versión preliminar no circular)*. SEMARNAP. México, D.F. 62 pp.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). *Censo Nacional de Población y Vivienda 2020*. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Tabulados>

INEGI. (2017) *Conjunto de datos vectoriales de la carta de Uso del suelo y vegetación. Escala 1:250 000. Serie VI. Conjunto Nacional*. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463598459>

INEGI. (2007). *Censo ejidal 2007*. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/cae/2007/tabulados/CA2007m_1.pdf

Jiménez, V. (2017). *Teledetección de superficies quemadas asociadas a incendios forestales entre 2000-2015 en el Área de Protección de Flora y Fauna Tutuaca, Chihuahua*. Tesis que para optar por el grado de Maestro en Geografía. UNAM. México.

Ley Agraria. (1992). Sección Tercera. De los Órganos del ejido. 26 de febrero de 1992. DOF.

Mackinlay, H. (1993). Las reformas de 1992 a la legislación agraria. El fin de la Reforma Agraria Mexicana y la privatización del ejido. *Polis 93. Anuario de Sociología*. 99-127 Disponible en: <https://polismexico.izt.uam.mx/index.php/rp/article/view/151/146>

Manzo, L. (2021). *Tutorial para crear mascarás de nubes y agua en imágenes Landsat-8 utilizando ENVI*. Proyecto PAPIIT – IA300521. Manuscrito no publicado.

Martínez, J. (2015). *Cartografía del registro oficial de incendios forestales del estado de Querétaro, 2013*. Informe académico por actividad profesional en Geografía. UNAM.

Martínez, R., y Rodríguez, D. (2008). *Los Incendios Forestales en México y América Central*. Recuperado el 27 de marzo de 2021 de: https://www.fs.fed.us/psw/publications/documents/psw_gtr208es/psw_gtr208es_767-780_dominquez.pdf

Morett, J., y Cosío, C. (2017). Panorama de los ejidos y comunidades agrarias en México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 14 (1), 125-152. Recuperado en 27 de agosto de 2021, de

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722017000100125&lng=es&tlng=es

Nájera Díaz, A. (2013). *El Fuego en la Naturaleza*. SEMA. Recuperado el 11 de enero de 2021 de: http://www.sema.gob.mx/descargas/manuales/2_El%20fuego.pdf

NASA FIRMS. (s/f). *Fire Information for Resource Management System*. Recuperado el 25 de agosto de 2021, de <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/>

Nasi, R., Dennis, E., Meijaard, G., Applegate, G. y Moore, P. (2001). *Los incendios forestales y la diversidad biológica*. Recuperado el 11 de octubre de 2021 de: <https://www.fao.org/3/y3582s/y3582s08.htm>

Neger, C. y Manzo, L. (2021). La evaluación de la gestión del riesgo de los incendios forestales en áreas naturales protegidas tropicales: el caso de la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas (México). *Cuadernos Geográficos*, 60(3), 95-128.

Opazo, S. y Rodríguez, F. (2007). Variación Espacial de índices espectrales sobre áreas quemadas en Sudamérica. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 33, 39-57.

Pausas, J. G. (2012). *Incendios forestales. Una visión desde la ecología*. Los libros de la Catarata, CSIC, Madrid.

Perea, J., Meroño, J., y Aguilera, M. (2009). *Clasificación orientada a objetos en fotografías aéreas digitales para la discriminación de usos del suelo*. *Interciencia*, 34(9), 612-616. Recuperado el 20 de enero de 2021, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442009000900005&lng=es&tlng=es.

Pereira, C., Sa, L., Sousa, O., Silva, N., Santos, N. y Carreiras, B. (1999b). *Spectral characterisation and discrimination of burnt areas*. En: Chuvieco (Ed.). *Remote Sensing of Large Wildfires in the European Mediterranean Basin*. Springer-Verlag, Berlin. 123-138.

Quiroga, M., y Santiago, H. (2019). *Manejo del fuego como alternativa frente a los incendios forestales. El caso del Parque Entrenubes*. *Ambiente y Desarrollo*, 23(45). Disponible en: <https://doi.org/10.11144/Javeriana.ayd23-45.mfaf>

Ramírez, A. G. (2014). "Problemas del suelo" en *Geografía Ambiental de México*. México, UNAM, pp. 243

Registro Agrario Nacional (RAN). (s/f). *¿Qué hacemos?* Recuperado el 25 de agosto de 2021, de: <https://www.gob.mx/ran/que-hacemos>

Registro Agrario Nacional (RAN). 2019. *Perimetales núcleos agrarios SHAPE Entidad Federativa Veracruz*. Disponible en: <https://datos.gob.mx/busca/dataset/datos-geograficos-perimetales-de-los-nucleos-agrarios-certificados-por-estado--formato-shape/resource/738fe9ea-52ca-4e30-aab0-cf1873ff1def>

Reynoso, N. (2016). Índices espectrales de vegetación para la detección de áreas quemadas. *La Calera. Revista Científica*, 16 (27), 111-114

Sacristán Romero, F. (2005). *La Teledetección satelital y los sistemas de protección ambiental*. Civilizar, 5(9), 1. Disponible en: <https://doi.org/10.22518/16578953.701>

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (s/f). *Producción para el Bienestar*. Recuperado el 23 de agosto de 2021, de: <https://www.gob.mx/produccionparaelbienestar>

SADER. (2018). *PROCAMPO. Antecedentes*. Recuperado el 26 de agosto de 2021, de: <https://www.agricultura.gob.mx/procampo/antecedentes>

Secretaría de Bienestar. (2020, 6 noviembre). *Programa Sembrando Vida*. Recuperado el 01 de octubre de 2021, de: <https://www.gob.mx/bienestar/acciones-y-programas/programa-sembrando-vida>

Secretaría de Finanzas y Planeación (SEFIPLAN). 2021. *Cuadernillos municipales, 2021. Mecayapan*. Comité Estatal de Información estadística y Geográfica de Veracruz. Disponible en: chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcgicfindmkaj/viewer.html?pdfurl=http%3A%2F%2Fceieg.veracruz.gob.mx%2Fwp-content%2Fuploads%2Fsites%2F21%2F2021%2F06%2FMECAYAPAN_2021.pdf&clen=501644&chunk=true

Secretaría de Marina (SEMAR). (2009, 3 mayo). *Percepción Remota*. Recuperado el 05 de mayo de 2021, de: <http://2006-2012.semar.gob.mx/informacion-sector/ciencia/ermexs/temas-de-interes/384-percepcion-remota.html>

Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. (SEMARNAP), CRUOUACH y PSSM A.C. (1997b). *Programa de Desarrollo Regional Sustentable de Los Tuxtlas – Santa Marta. Tomos I - VIII*

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (s/f). *Cambio en el uso de suelo II*. Disponible en https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_resumen/02_vegetacion/cap2.html

SEMARNAT. (2019). *Política pública nacional de incendios forestales en México*. Disponible en: <http://www.proyectomesoamerica.org:8088/emsadocumentos/Proyectos/IF/Presentaciones/Poli%CC%81tica%20manejo%20del%20fuego%20MX.pdf>

SEMARNAT. (2002). *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México 2002*. Recuperado el 12 de abril de 2021, de: http://centro.paot.org.mx/documentos/semarnat/informe_mex2005/cap2.pdf

SEDUVER. (1993). *Programa de Ordenamiento Urbano del Sistema de Ciudades de Los Tuxtlas*. Unidad de Planeación-SEDUVER. 149 pp.

Sistema de Información Estadística y Geográfica del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave (SIEGVER). (2020). *Cuadernillos Municipales 2020. Mecayapan*. México. Disponible en:

chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=http%3A%2F%2Fceieg.veracruz.gob.mx%2Fwp-content%2Fuploads%2Fsites%2F21%2F2020%2F12%2FMecayapan_2020.pdf&clen=552903&chunk=true

Vázquez, V. (2017). Género y privatización de la tierra. Dominio pleno y derecho del tanto en Atenco, Estado de México. *Sociedad y ambiente*, (13), 59-79. Recuperado en 26 de agosto de 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-65762017000100059&lng=es&tlng=es.

Velasco, B. (2009). *Manejo integrado de ecosistemas en 3 ecorregiones prioritarias*. CONANP-PNUD. Disponible en: https://simec.conanp.gob.mx/TTH/Tuxtlas/Tuxtlas_TTH_1980_2007.pdf

Velázquez, E. (2010). “La población indígena del sur de Veracruz: entre la permanencia y la movilidad”. en E. Florescano y J. Ortiz Escamilla (coords.), *Atlas del patrimonio natural, histórico y cultural de Veracruz, t. III, Patrimonio Cultural*, coordinado por Córdova Plaza, Rosío, Veracruz: Gobierno del Estado/Universidad Veracruzana, pp. 89-104. Disponible en:

https://www.sev.gob.mx/servicios/publicaciones/colec_veracruzsigloXXI/AtlasPatrimonioCultural/04POBLACIONINDIGENA.pdf

Vidal, R. (1990). *Precipitación media anual escala 1:4000000*. En: Precipitación. Tomo II, Sección IV, 4.6. Atlas Nacional de México. (1990-1992). Instituto de Geografía, UNAM. México.

Villers, M. (2006). *Incendios Forestales*. Ciencias, 81(enero-marzo), 60–66. Recuperado el 16 de enero de 2021, de <https://www.redalyc.org/pdf/644/64408110.pdf>

Warman, A. (s/f). *La Reforma Agraria Mexicana: Una visión de largo plazo*. FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/3/j0415t/j0415t09.htm>

Anexo

1. Estructura de las entrevistas

Para el presente trabajo se realizaron 4 entrevistas en el municipio de Mecayapan. La estructura de la entrevista es la siguiente:

I. INICIO

Presentación: Esto es una investigación científica del Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México. El objetivo del trabajo es profundizar en el conocimiento acerca de los incendios forestales y el manejo y uso del fuego. Se espera llegar a recomendaciones para mejorar el manejo del fuego. La investigación trata de ser objetiva e imparcial, no toma partido de nadie. Los resultados se harán llegar a todas las personas que les interesa.

Aviso de Privacidad: No se tiene el objetivo de solicitar datos sensibles, pero si requiere que alguna información se maneje de manera confidencial, anónima, lo trataremos de esta manera. Si quiere acceder a los datos que nos dio, rectificarlos o cancelarlos puede contactar al Dr. Christoph Neger por correo ch.neger@gmail.com o por WhatsApp 55 45 63 75 12.

¡Audio Check de preferencia utilizar dos dispositivos, por si uno falla!

II. DATOS GENERALES

Nombre del entrevistado

Comunidad

Número de ejidatarios

Cargo en la comunidad (*de preferencia entrevistar Comisario Ejidal*)

Ocupación (principal y secundaria si aplica)

II. PREGUNTAS GENERALES INICIALES

1. ¿Cuándo le digo incendios forestales, qué es lo que le viene a la mente? ¿Cómo percibe este tema? ¿Lo ve cómo un problema? (*¡Poner atención que se entienda bien incendio como fuego descontrolado, al contrario de una quema controlada, para que no haya confusión!*).
2. ¿Han ocurrido incendios en su comunidad o en comunidades vecinas? *Pedir indicar lo mejor posible en qué año, con qué frecuencia, qué tamaño, cuáles fueron los efectos.*
3. ¿Se deberían prevenir y combatir los incendios forestales? Por favor explique por qué.

III. CUESTIONARIO

*Pedir de contestar lo **más corto y conciso (!) posible**, después habrá otra vez oportunidad de platicar más ampliamente. Preguntas subsecuentes (señalado con guion –): solo preguntar si fue afirmativa la pregunta anterior.*

En preguntas acerca de dónde se realizan actividades utilizar mapa.

Hablaremos sobre las diferentes actividades en torno a la prevención y combate de incendios forestales y los actores involucrados. La palabra actor en este caso puede ser alguna persona

específica, una institución de gobierno federal, o estatal o municipal, otra comunidad, las brigadas contraincendios, el ejército, una asociación civil, una organización religiosa, etc. y la interacción puede ser trabajo en conjunto, financiamiento, capacitación, intercambio de información, etc.

Hablamos de los últimos cinco años más o menos, o sea de 2016 a 2020.

Pedir que se afirme haber comprendido el planteamiento, si no explicar un poco más.

Importante: no dejar que se desvíe del tema, siempre regresar a la pregunta en cuestión; en dado caso si surge algo interesante tomar nota para preguntar al respecto al final de la entrevista.

En cuanto a actores siempre preguntar por frecuencia de la interacción (por ejemplo, constante, siempre cuando hay un incendio, cada semana, cada mes, tres veces al año, una vez al año etc.)

Prevención cultural

Aquí hablamos sobre las actividades de información acerca de cómo prevenir incendios forestales.

- ¿Las autoridades ejidales han recibido información sobre esto de algún actor? – ¿De quién(es)? ¿Qué tan frecuente? ¿Aquí mismo o fueron a otro lugar? ¿Fue solo para ustedes o junto con otros actores (comunidades, etc.)? ¿Se interesaron ellos mismos o los invitaron?
- ¿Las autoridades ejidales informan a los ejidatarios y la comunidad en general acerca de esto? – ¿Qué tan frecuente? ¿En las asambleas ejidales o en otras ocasiones? ¿Cuentan con recursos para hacer eso (como folletos u otros artículos) para hacerlo? ¿Alguien se los proporcionó? ¿Han cooperado con alguien (comunidades vecinas, etc.) en este contexto?
- ¿Ha habido otras campañas de información sobre incendios forestales, manejo del fuego o alternativas al uso del fuego en la agricultura en la comunidad (independiente de las autoridades ejidales)? – ¿Quién los organizó y a quiénes fueron dirigidos?
- ¿Piensa que las actividades que se hacen en la comunidad son adecuadas y suficientes o debería haber más o mejores medidas? – ¿Cuáles? ¿Quién estaría responsable?

1. Prevención física

Aquí hablamos sobre actividades para evitar que se puedan propagar los incendios forestales como el establecimiento y mantenimiento de brechas cortafuego, podas, manejo de combustibles etc.

- ¿Las autoridades ejidales organizan este tipo de actividades en la comunidad? – ¿Cuáles? ¿En toda la comunidad o en ciertas partes (*indicar cuáles*)? ¿Con qué equipo cuentan? ¿Alguien les proporcionó este equipo? ¿Alguien les capacitó para esto? ¿Cooperan con otras comunidades en estos trabajos?
- ¿Hay otros actores (personas individuales de la comunidad, brigadas de CONANP y Gobierno etc.) que realizan este tipo de actividades en la comunidad? – ¿Cuáles actividades? ¿En toda la comunidad o en ciertas partes (*indicar cuáles*)? ¿Se coordinan con la autoridad ejidal?

- ¿Piensa que las actividades que se hacen en la comunidad son adecuadas y suficientes o debería haber más o mejores medidas? – ¿Cuáles? ¿Quién estará responsable?

2. Prevención legal

Aquí hablamos sobre leyes y reglamentos en torno al uso del fuego y cómo estos se implementan, pero primero quería pedir su opinión acerca de lo siguiente:

¿Piensa que el uso del fuego para limpiar terrenos es una técnica apropiada en la agricultura o en la ganadería? ¿Cree que hay otras alternativas mejores? ¿Son adecuadas las leyes que existen, o son demasiado estrictos o demasiado permisivos? ¿Debería estar prohibido en ciertos lugares (en su comunidad)? ¿Debería haber reglamentos para que la gente use el fuego de la manera correcta o piensa que la gente en general sabe bien cómo hacerlo?

- ¿En el ejido está permitido realizar quemas? – ¿En todo el ejido o solo en ciertas partes?
- ¿Cuál estima que es más o menos el porcentaje de ejidatarios que usa esta técnica y cuál es más o menos el porcentaje de las tierras de cultivo y de pastizales donde se aplica?
- ¿En el reglamento interno del ejido hay algo relacionado a la aplicación de quemas y prevención de incendios? – (si se tiene a la mano pedir citar del reglamento; si no pedir explicar un poco al respecto) ¿Cómo se aplica esta medida? ¿Alguien lo vigila? ¿Qué pasa si no se aplica? ¿Han recibido apoyo de algún actor para incluir esto en el reglamento o fue por su propia experiencia?
- ¿Cuándo alguien realiza una quema en el ejido, hace aviso de eso a la autoridad ejidal, a sus vecinos, al ayuntamiento, a la SADER?
- ¿Qué pasa si alguien en el ejido provoca un incendio (accidental o intencional) y se sabe quién es?
- ¿Hay algún actor que vigila que no se provoquen incendios en el ejido? (autoridades ejidales, agente municipal, brigadas, PROFEPA, policía, etc.)
- ¿Las personas en la comunidad conocen y aplican la Norma Oficial Mexicana 015 (que tiene por objeto establecer las especificaciones técnicas de los métodos de uso del fuego en los terrenos forestales y en los terrenos de uso agropecuario)?
- ¿Piensa que las actividades que se hacen en la comunidad son adecuadas y suficientes o debería haber más o mejores medidas? – ¿Cuáles? ¿Quién estaría responsable?

3. Detección de incendios (solo si han ocurrido incendios en la comunidad)

¿Cuándo han ocurrido incendios en la comunidad, cómo se detectaron? ¿Lo reportaron personas de la comunidad o las mismas autoridades ejidales? ¿O hubo un reporte de la CONANP y las autoridades fueron a verificar? ¿Funciona la detección rápida de los incendios o debería mejorar?

4. Combate a los incendios

- ¿Las personas del ejido han participado en el combate de incendios forestales? – ¿Cuántas veces y en cuáles lugares (en el mismo ejido o en otra comunidad)? ¿Cuántas personas fueron más o menos en cada ocasión? ¿Solo propietarios de los terrenos del incendio, o

también otros ejidatarios o también vecindados? ¿Solo hombres o también jóvenes y mujeres? ¿Las autoridades ejidales lo coordinaron o fue más espontáneamente? ¿Con qué equipo cuentan para eso? ¿Han recibido equipo de alguien? ¿Han recibido capacitación para el combate de algún actor? ¿En el combate han colaborado y se han coordinado con otro actor?

- ¿Han estado involucrado otros actores en combatir incendios forestales en el ejido? – ¿Cuántas veces y en cuáles lugares? ¿Hubo coordinación con la autoridad ejidal?
- ¿Piensa que las actividades que se hacen en la comunidad para combatir incendios son adecuadas y suficientes o debería haber más o mejores medidas? – ¿Cuáles? ¿Quién sería responsable para hacerlo? ¿Qué se necesitaría para hacerlo?

5. Restauración de áreas forestales quemadas (reforestación)

- ¿Las personas del ejido han trabajado en restaurar áreas quemadas? – ¿Solo propietarios de los terrenos o también otros ejidatarios o también vecindados? ¿Lo ha coordinado a autoridad ejidal? ¿Han colaborado con alguna otra comunidad en eso o con otros actores? ¿Han recibido apoyo material o capacitaciones para eso de algún actor?
- ¿Han venido otros actores a realizar trabajos de restauración de áreas quemadas en el ejido? – ¿Quiénes? ¿Hubo coordinación con la autoridad ejidal?
- ¿Piensa que las actividades que se hacen en la comunidad para restaurar las áreas quemadas son adecuadas y suficientes o debería haber más o mejores medidas? – ¿Cuáles? ¿Quién sería responsable para hacerlo?

IV. PREGUNTAS GENERALES FINALES

Esta parte puede ser flexible, si se contestaron rápido las preguntas anteriores o si se nota que el entrevistado no está cansado aun, se puede extender, sino puede ser más corto.

1. Pregunta rápida: ¿La comunidad recibe pagos por servicios ambientales? ¿La CONAFOR ha hecho algo relacionado a prevención de incendios? (capacitación, darles equipo, etc.)
2. ¿Cómo calificaría el trabajo de los otros actores que me mencionó con los que han trabajado o que han hecho alguna actividad en el ejido? (*recordar de lo que mencionó anteriormente*), ¿les tiene confianza a los actores mencionados (escala 0 nada a 5 mucho) qué grado de confianza les tiene? ¿Qué se podría mejorar?
3. ¿Este año ha influido de alguna manera en todas estas actividades y en la cooperación con los otros actores la contingencia del COVID? ¿Cómo?
4. ¿Cómo ve en general el panorama de incendios forestales en la comunidad y en la región? ¿Piensa que aumentan o que disminuyen? ¿A qué se debe?
5. ¿Hay algo más que le gustaría agregar a este tema?

Si surgió algo interesante en las respuestas del cuestionario, y aún hay tiempo, hablar más en detalle acerca de eso.

¡Muchas gracias por su tiempo!