

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE
DIVISION DE CIENCIA Y TECNOLOGIA
CARRERA DE GESTION AMBIENTAL LOCAL



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

**ANÁLISIS DE RIESGO A INCENDIOS FORESTALES EN EL MUNICIPIO DE
SANTA MARÍA CHIQUIMULA, TOTONICAPÁN.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Presentado a las autoridades de la División de Ciencia y Tecnología del Centro
Universitario de Occidente de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Por:

NELSON SALOMÓN VÁSQUEZ ELÍAS

Previo a conferírsele el título de:

INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

En el grado académico de:

LICENCIADO

Quetzaltenango, Julio de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE
DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

AUTORIDADES

Rector Magnífico MSc. Murphy Olympo Paiz Recinos.
Secretario General Arq. Carlos Enrique Valladares Cerezo.

CONSEJO DIRECTIVO

Directora General del CUNOC MSc. María del Rosario Paz Cabrera.
Secretario Administrativo MSc. Silvia del Carmen Recinos.

REPRESENTANTES DE LOS DOCENTES

Ing. Agr. MSc. Héctor Alvarado Quiroa.

Lic. Msc. Fredy Alejandro de Jesús Rodríguez.

REPRESENTANTES DE LOS ESTUDIANTES

Br. Luis Ángel Estrada García.

Br. Julia Hernández de Domínguez.

REPRESENTANTE DE LOS EGRESADOS

Lic. Vilma Tatiana Cabrera Alvarado.

DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Lic. Q.F. Aroldo Roberto Méndez Sánchez.

COORDINADOR DE LA CARRERA DE GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

Ing. Agr. MSc. Julio López Valdez.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE
DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXÁMEN TÉCNICO PROFESIONAL

PRESIDENTE:

Lic. Q.F. Aroldo Roberto Méndez Sánchez.

EXAMINADORES:

Ing. Agr. MSc. Jesús Ronquillo de León.

Ing. Agr. MSc. Imer Vásquez.

Ing. Agr. Fernando Alfonso Montes Minera.

SECRETARIO

Ing. Agr. Msc. Julio López Valdez

DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Lic. Q.F. Aroldo Roberto Méndez Sánchez

COORDINADOR DE LA CARRERA DE GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

Ing. Agr. MSc. Julio López Valdez

NOTA: “Únicamente el autor es responsable de las doctrinas y opiniones sustentadas en la presente investigación” (Artículo 31 del Reglamento para Exámenes Técnicos Profesionales del Centro Universitario de Occidente. Y Artículo 19 de Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala).

Quetzaltenango, Julio de 2018

Quetzaltenango, Julio de 2018

Honorable Consejo Directivo
Honorable Autoridades de la División de Ciencia y Tecnología
Honorable Mesa del Acto de Graduación y Juramentación

De conformidad con las normas que establece la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, del reglamento general de evaluación y promoción del estudiante del Centro Universitario de Occidente; tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de graduación titulado:

**ANÁLISIS DE RIESGO A INCENDIOS FORESTALES EN EL MUNICIPIO DE
SANTA MARÍA CHIQUIMULA, TOTONICAPÁN.**

Como requisito para optar al título de Ingeniero en Gestión Ambiental Local en el grado académico de Licenciado.

Atentamente,

NELSON SALOMÓN VÁSQUEZ ELÍAS
“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Quetzaltenango, 22 de Mayo de 2018.

Lic. Roberto Méndez Sánchez
Director División Ciencia y Tecnología
Edificio

Atentamente me dirijo a usted, para informarle he concluido la asesoría del trabajo de investigación del estudiante Nelson Salomón Vásquez Elías, el cual lleva por título:

“ANALISIS DE RIESGO A INCENDIOS FORESTALES EN EL MUNICIPIO DE SANTA MARIA CHIQUIMULA, TOTONICAPAN”

Al respecto me permito informarle que dicha investigación cumple satisfactoriamente con los requisitos establecidos por la Universidad de San Carlos de Guatemala y de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local y considerando que este trabajo constituye un valioso aporte en el ámbito de la gestión de riesgos del municipio de Santa María Chiquimula, me permito recomendar su aprobación.



Ing. Agr. MSc. Julio A. López Valdez
Colegiado 1,534
ASESOR.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE
DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA



Quetzaltenango 31 de mayo de 2018.

Lic. Roberto Méndez
Director División de Ciencia y Tecnología
Centro Universitario de Occidente.

Distinguido Director:

En atención al nombramiento emitido por esa dirección, con referencia GAL04-2018, me es grato informarle que he concluido la revisión del trabajo de investigación del estudiante **NELSON SALOMÓN VÁSQUEZ ELÍAS**, quién presentó los resultados del trabajo de investigación titulado:

“ANÁLISIS DE RIESGO A INCENDIOS FORESTALES EN EL MUNICIPIO DE SANTA MARIA CHIQUIMULA, TOTONICAPÁN”.

Sobre el particular me permito manifestarle, que el estudio cumple con los requisitos necesarios para ser presentado como trabajo de investigación para graduación, además de ser un valioso aporte para el municipio de Santa María Chiquimula en tanto brinda métodos novedosos, información actualizada, y de interés para la gestión del recurso forestal. Por lo que recomiendo su aprobación.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Jesús Ronquillo de León
INGENIERO AGRÓNOMO
Colegiado No. 1387

REVISOR



**CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE
DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGIA**

El infrascrito **DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGIA**
Del Centro Universitario de Occidente ha tenido a la vista la **CERTIFICACIÓN DEL ACTA DE GRADUACIÓN** No. 004-GAL-2018 de fecha cuatro de julio del año dos mil dieciocho del (la) estudiante: NELSON SALOMÓN VÁSQUEZ ELÍAS con Carné No. 2239530750901. Registro Académico No. 201232441 emitida por el Coordinador de la Carrera de GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL, por lo que se **AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN** titulado: “ANÁLISIS DE RIESGO A INCENDIOS FORESTALES EN EL MUNICIPIO DE SANTA MARÍA CHIQUIMULA, TOTONICAPÁN.”

Quetzaltenango, 05 de julio de 2018.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Q.F. Aroldo Roberto Méndez Sánchez
Director de División de Ciencia y Tecnología

AGRADECIMIENTOS:

Agradezco al creador del universo, quien con su mano me ha guiado y ha alumbrado mi camino.

A mis padres Felisa Eulalia y Andrés López, por ser un ejemplo de persistencia y superación que han marcado mi vida, por cada uno de sus consejos y el apoyo que me han brindado para realizar mis metas.

A mis hermanos Winston, Pablo, Daniela, Andrés, Sonia, Ruth, Joel y Juanita, quienes me han dado los mejores ejemplos de vida y quienes me han motivado para que yo cumpla mis metas, nunca podre expresar en palabras lo importante que son en mi vida.

A mi familia en general, a quienes les debo la razón de mi carrera y el motivo de querer luchar por una sociedad más justa y equitativa.

A cada uno de los docentes de la división de Ciencia y Tecnología los cuales me han formado como profesional, en especial a la Ing. Agr. Msc Aura Hernández quien me ha brindado su amistad desde el inicio de la carrera universitaria.

A mi revisor Ing. Agr. Jesús Ronquillo al cual admiro por su compromiso como docente que va más allá del deber con la academia, y por su apoyo en mi etapa de ejercicio profesional supervisado.

A mi asesor Ing. Agr. Julio Valdez por sus consejos y su paciencia mostrada en cada una de las etapas de investigación, sin su ayuda no podría haber culminado este proceso.

A mis amigos y compañeros quienes me han brindado su apoyo y comprensión a lo largo de este camino, por cada una de las enseñanzas que han dejado, espero corresponder a tanto cariño.

A Marily Barillas España por su apoyo y motivación que ha generado para que pueda culminar esta etapa.

A cada una de las personas que han participado en esta investigación, en especial a los promotores de Santa María Chiquimula quienes muy amablemente me abrieron la puerta de sus casas; a los profesionales e instituciones que fueron fundamentales para el análisis, sobre todo al Ing. Forestal Mario Méndez por el compromiso mostrado en esta investigación.

“Todo va a un mismo lugar; todo fue hecho de la tierra y todo a la tierra volverá”

Eclesiastés 3:20.

**ANÁLISIS DE RIESGO A INCENDIOS FORESTALES EN EL MUNICIPIO DE
SANTA MARÍA CHIQUIMULA, TOTONICAPÁN.**

RESUMEN

Santa María Chiquimula es el segundo municipio más afectado por incendios forestales dentro del departamento de Totonicapán según datos históricos del SIPECIF, por tal razón la pérdida de masa forestal en época de verano es recurrente dentro del territorio municipal, como consecuencia se evidencia el daño en servicios básicos (tubería de agua y cableado eléctrico) , estructuras (edificios, comercios) y pérdidas económicas (daños en la producción agrícola y forestal) además se han deteriorado zonas con importancia ecológica y ambiental que son difíciles de recuperar; dadas estas razones se buscaron los lugares que tienen mayor riesgo a incendios forestales por medio de la amenaza y la vulnerabilidad, para la amenaza se midieron los factores antrópicos, meteorológicos, topográficos, históricos y de combustible lo que demostró que el 49.7% del territorio se encuentra con amenaza alta y muy alta lo que explica la disposición que tiene el municipio a ser dañado; en el caso de la vulnerabilidad se analizó por cada aldea y se tomaron indicadores como la cantidad de población, la educación, los procesos políticos e institucionales, los daños físicos y estructurales, los servicios, la cultura e ideología y el aspecto social con lo que se obtuvieron los lugares que son más propensos a ser dañados, entre ellos se contabilizan cuatro aldeas con vulnerabilidad muy alta, dos aldeas con vulnerabilidad alta, y seis aldeas con vulnerabilidad media, que en total ocupan el 69.5% de todo el municipio. Al multiplicar la amenaza con la vulnerabilidad se encontraron los niveles de riesgo que existe a nivel municipal, con estos datos se concluyó que el 62.07% territorio requiere planes de manejo integrado a incendios forestales que puedan disminuir el impacto a las masas forestales y disminuir los daños en zonas habitadas.

Palabras claves: incendio forestal, vulnerabilidad, amenaza, riesgo, factor, indicador, manejo integrado.

ABSTRACT

Santa María Chiquimula is the second municipality most affected by forest fires within the department of Totonicapán according to historical data from SIPECIF, for this reason the loss of forest mass in summer time is recurrent within the municipal territory, as a consequence of the damage in basic services (water pipe and electrical wiring), structures (buildings, shops) and economic losses (damages in the agricultural and forestry production) as well as areas of ecological and environmental importance that are difficult to recover; given these reasons, the places that are most at risk from forest fires were searched by means of the threat and vulnerability, for the threat the anthropic, meteorological, and environmental factors were measured. topographical, historical and fuel which showed that 49.7% of the territory faces a high and very high threat, which explains the municipality's disposition to be damaged; in the case of vulnerability, it was analyzed by each village and indicators were taken such as the amount of population, education, political and institutional processes, physical and structural damage, services, culture and ideology and the social aspect. that the places that are more prone to be damaged were obtained, among them there are four villages with very high vulnerability and two villages with high vulnerability, in total they occupy 69.5% of the entire municipality. By multiplying the threat with vulnerability, the levels of risk that exist at the municipal level were found with these data it was concluded that the 62.07% of the territory requires integrated management plans for forest fires that can reduce the impact on forest masses and reduce damage in inhabited areas.

Keywords: forest fire, vulnerability, threat, risk, factor, indicator, integrated management.

INDICE GENERAL

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes del problema.....	2
1.2. Planteamiento del problema de investigación.....	3
1.3. Justificación del estudio.....	5
1.4. Hipótesis de investigación.....	6
1.5. Objetivos del estudio.....	6
1.5.1. General.....	6
1.5.2. Específicos.....	6
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Incendios forestales.....	7
2.1.1. Generalidades de los incendios.....	7
2.1.2. Condiciones para los incendios forestales.....	9
2.1.3. Gran triada.....	9
2.1.4. Mecanismos de propagación del calor.....	10
2.2. Incendios forestales en Guatemala.....	10
2.3. Marco institucional y legal de la gestión integrada de incendios forestales.....	12
2.3.1. Marco institucional.....	12
2.3.2. Marco legal.....	13
2.4. Sistemas de información geográfica.....	14
2.4.1. Generalidades de los sistemas de información geográfica.....	14
2.4.2. Los sistemas de información geográfica en incendios forestales.....	15
2.5. Amenaza a incendios forestales.....	17
2.5.1. Generalidades sobre la amenaza.....	17
2.5.2. Factores antrópicos:.....	18
2.5.3. Factores meteorológicos:.....	19
2.5.4. Factor topográfico:.....	19
2.5.5. Factor combustible.....	20
2.5.6. Factor histórico:.....	21
2.6. Vulnerabilidad a incendios forestales.....	22

CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO.....	23
3.1. Características de la mixtura.....	23
3.1.1. Método cuantitativo y método cualitativo.....	23
3.1.2. Secuencia temporal.....	24
3.1.3. Importancia de los métodos.....	24
3.1.4. Estrategia utilizada	24
3.1.5. Pasos del trabajo de campo.....	24
3.2. Dimensión cuantitativa	38
3.2.1. Definición del método de investigación utilizado	38
3.2.2. Contexto espacial y temporal de la investigación.	39
3.2.3. Sujetos	40
3.2.4. Fuentes de información.	40
3.2.4.1. Primarias	40
3.2.4.2. Secundarias	41
3.2.5. Técnicas de análisis de los datos.	41
3.3. Dimensión cualitativa:	42
3.3.1. Categorías de análisis de la investigación.	42
3.3.2. Características de los informantes	42
3.3.3. Fuentes de información.	42
3.3.4. Técnicas seleccionadas para analizar los datos.	42
CAPITULO IV. ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS DATOS	43
4.1. Análisis de los datos.....	43
4.1.1. Amenaza	43
4.1.2. Vulnerabilidad	78
4.2. Discusión de los resultados.....	96
4.2.1. Amenaza total.....	96
4.2.2. Vulnerabilidad total	99
4.2.3. Riesgo a incendios forestales.....	101
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	104
5.1. Conclusiones.....	104
5.2. Recomendaciones.	105

5.2.1.	A la municipalidad de Santa María Chiquimula:	105
5.2.2.	A las organizaciones no gubernamentales:.....	105
5.2.3.	A las organizaciones gubernamentales:.....	106
5.2.4.	A las organizaciones comunales:.....	106
CAPITULO VI. BIBLIOGRAFÍA.....		107
CAPITULO VII. ANEXOS		110
7.1.	Instrumentos.....	110
7.1.1.	Boleta de análisis multicriterio.....	110
7.1.2.	Matriz de Vulnerabilidad a nivel de lugares poblados	113
7.2.	Presupuesto.....	116
7.3.	Diagramas	117
7.3.1.	Diagrama del proceso para los mapas de los factores para la amenaza a incendios forestales.....	117
7.3.2.	Diagrama del proceso para los mapas de los factores para la vulnerabilidad a incendios forestales.....	118
7.3.3.	Diagrama del proceso para el mapa de riesgo a incendios forestales.....	119
7.4.	Tablas.....	120
7.4.1.	Niveles de la cobertura y uso actual de la tierra y su categoría de amenaza.....	120
7.4.2.	Categorización y normalización de datos.....	122
7.4.3.	Matriz AHP.....	124
7.4.4.	Grupos focales consultados.....	126
7.5.	Fotografías:	127

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Recolección de datos.....	24
Tabla 2. Categoría de factores antrópicos.....	27
Tabla 3. Categorías y calificación de precipitación.....	29
Tabla 4. Categorías y calificación de temperatura.....	29
Tabla 5. Categorías de pendiente.....	30
Tabla 6. Categorías de orientación.....	31
Tabla 7. Combustibles predominantes.....	31
Tabla 8. Categorías de tipo de combustibles.....	32
Tabla 9. Duración del combustible.....	32
Tabla 10. Categorías de duración del combustible.....	33
Tabla 11. Carga total (biomasa) de combustibles.....	33
Tabla 12. Categorías de carga total de combustibles.....	34
Tabla 13. Clasificación de vulnerabilidad.....	36
Tabla 14. Variables de la investigación.....	39
Tabla 15. Conceptos de Variables.....	40
Tabla 16. Estaciones utilizadas en el análisis meteorológico.....	49
Tabla 17. Características del mapa de amenaza meteorológica.....	54
Tabla 18. Categorías de amenaza para la distancia histórica.....	69
Tabla 19. Categorías de la amenaza a incendios forestales por causas históricas.....	71
Tabla 20. Categorías de la amenaza a incendios forestales por cercanía de inicio.....	73
Tabla 21. Proyección poblacional para el año 2017.....	94
Tabla 22. Categorías de vulnerabilidad poblacional.....	94
Tabla 23. Ponderación de los factores determinantes en la amenaza.....	97
Tabla 24. Ponderación de los factores determinantes en la vulnerabilidad.....	99

INDICE DE MAPAS

Mapa 1. Sub factor de centros poblados.....	44
Mapa 2. Sub factor de cultivos.	45
Mapa 3. Sub factor de caminos.	46
Mapa 4. Amenaza a incendios forestales por el factor antrópico.	48
Mapa 5 Sub factor de precipitación pluvial.....	51
Mapa 6. Sub factor de temperatura media.....	52
Mapa 7. Amenaza a incendios forestales por factor meteorológico.	53
Mapa 8. Sub factor de pendiente.	56
Mapa 9. Sub factor de orientación.....	57
Mapa 10. Amenaza a incendios forestales por factor topográfico.	59
Mapa 11. Sub factor del tipo de combustible predominante.	61
Mapa 12. Sub factor de la duración del combustible.	62
Mapa 13. Sub factor de la carga total de biomasa.	63
Mapa 14. Amenaza a incendios forestales por factor de combustible.....	64
Mapa 15. Sub factor de distancias históricas a incendios forestales.	70
Mapa 16. Sub factor de causas históricas.	72
Mapa 17. Sub factor de cercanía a inicio historico.....	74
Mapa 18. Amenaza a incendios forestales por factor histórico.	77
Mapa 19. Vulnerabilidad físico estructural.	80
Mapa 20. Vulnerabilidad social.....	82
Mapa 21. Vulnerabilidad por red de servicios.....	85
Mapa 22. Vulnerabilidad cultural e ideológica.	88
Mapa 23. Vulnerabilidad política e institucional.....	90
Mapa 24. Vulnerabilidad educativa.	93
Mapa 25. Vulnerabilidad poblacional.	95
Mapa 26. Amenaza total a incendios forestales.	98
Mapa 27. Vulnerabilidad total a incendios forestales.....	100
Mapa 28. Riesgo a incendios forestales.....	103

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN.

Guatemala es un país altamente dañado por la deforestación, según los informes del Instituto Nacional de Bosques (INAB) la pérdida de bosques va en aumento cada año; una de las razones con mayor importancia son los incendios forestales por su capacidad de eliminar por completo los ecosistemas presentes en las zonas boscosas y crear daños difíciles de recuperar.

Dentro de los departamentos más afectados esta Totonicapán, en donde se han perdido zonas boscosas importantes por carecer de una cultura preventiva ante los incendios forestales; entre los municipios más afectados esta la cabecera departamental y Santa María Chiquimula, ya que el 80% de los incendios reportados del 2007 al 2012 proceden de estos lugares.

En Santa María Chiquimula la tendencia de aumentar la cantidad de incendios forestales se mantiene a pesar de realizar tácticas de control, ya que estas acciones son en su mayoría de carácter reactivo, es decir que se efectúan cuando los incendios están activos; aunque existen algunas acciones preventivas como las rondas corta fuego y las quemas prescritas se tiene una gran debilidad para orientarlas hacia los lugares en donde se necesitan; por tal razón en el estudio se buscaron áreas específicas en donde el riesgo a incendios forestales es de carácter significativo, (es decir con riesgo medio, alto y muy alto) con el fin de concretar zonas que necesitan disminuir la vulnerabilidad de manera local.

El estudio tomó en cuenta factores específicos de la amenaza como los lugares poblados, espacios transitados por pobladores, la cobertura vegetal, la topografía del terreno, aspectos meteorológicos y antecedentes históricos; toda esta información fue cartografiada, georreferenciada y analizada en los Sistemas de Información Geográfica, de esta manera se evidenció que el 49.7% del territorio tiene las características idóneas para que se inicien y propaguen los incendios forestales.

En la vulnerabilidad se utilizaron indicadores socio-culturales como una forma de analizar la interacción de la comunidad respecto al fuego; profundizándose en la percepción que tienen las personas hacia los incendios, las acciones en concreto que toman las aldeas al momento de estar amenazadas y la cantidad de población que puede salir afectada por este fenómeno; a base de esta información se determinó que de las dieciocho aldeas solamente cinco tienen la capacidad de reaccionar y ser resilientes ante los incendios forestales, las aldeas restantes que representan el 69.5% del municipio no poseen la aptitud de enfrentarse afectivamente a los incendios.

Toda esta información generó un análisis completo sobre el actuar del fuego y las causas de ignición, lo que demuestra que el 62.07% del territorio está en riesgo a que se produzca un incendio con consecuencias para la población humana y los ecosistemas, además el estudio aporta información sobre la localización de los lugares que necesitan una cultura de manejo integrado de incendios dentro del municipio de Santa María Chiquimula, Totonicapán.

1.1. Antecedentes del problema.

Guatemala es un país con grandes zonas boscosas, lastimosamente se han perdido 100,000 hectáreas anuales en el periodo 2001-2006 y se pasó a poco más de 132,000 hectáreas anuales en el periodo 2006-2010, estas cifras corresponden a una tasa de deforestación del 3.4% anual, una de las más altas de Latinoamérica; este problema está relacionado a dos factores prominentes: la primera causa es el interés en la madera, aunque esto no siempre implica la pérdida total del bosque, ya que se puede obtener al utilizar solamente partes del árbol, en términos generales, se ajusta a un modelo de “focos de deforestación”, es decir, atomizada, de áreas pequeñas y algunas veces de difícil percepción (IARNA¹, 2012).

La segunda causa, gira en torno al cambio de uso de suelo, como la usurpación de tierras derivada de la narcoactividad, la ganadería, los asentamientos humanos no autorizados, las actividades agrícolas de cultivos anuales, la agricultura de monocultivos y los incendios forestales, todos ellos se ajustan a un modelo de “frentes de deforestación”, es decir, es masivo, de gran escala y fácilmente perceptible (IARNA, 2012). Solo en el 2012 se perdieron 7,061.27 hectáreas de bosque en el territorio nacional por incendios forestales; además se ha evidenciado que el 49.3% son intencionados, 24.5% por quema agrícola (maíz, caña de azúcar, palma africana, etc.), 9.7% quema de pastos, 6.7% carboneros, 3.4% cazadores, 3% quema de basura, 1.4% fogatas y 1.8% otras causas (INE², 2013).

Por tal razón, el tema de los incendios en el país presenta una especial relevancia, en tal sentido en el año 2001 se promulgo el acuerdo gubernativo 63-2001 que crea al Sistema de Prevención y Control de Incendios Forestales (SIPECIF), el cual era un esfuerzo multinstitucional que contaba con participación del Consejo Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED), Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), Instituto Nacional de Bosques (INAB), Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGA) y el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

En el 2009 se crea la política nacional de prevención y control de incendios forestales en donde se pretende guiar acciones a las áreas más afectadas del país; dentro de los seis departamentos a los que da prioridad la política están: Peten, Jalapa, Zacapa, Baja Verapaz, El Progreso y Totonicapán. El análisis para su priorización se llevó a cabo por medio de dos aspectos, primero se tomó en cuenta el porcentaje de las hectáreas afectadas por incendios forestales en cada departamento y el segundo análisis divide la extensión departamental por el área dañada. De los seis departamentos priorizados Totonicapán ocupa el último lugar del primer aspecto y el cuarto lugar dentro del segundo. (Blandón, 2009)

¹ Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad

² Instituto Nacional de Estadística.

En el año 2013 fueron afectadas 138.10 hectáreas por incendios forestales en Totonicapán, las causas de los siniestros han sido en su mayoría por la quema agrícola con 53.1%, seguido por los intencionados con 44.9 % y por último la quema de basura con un 2% (INE, 2014). Según datos del SIPECIF³ (2012) los municipios más afectados entre 2007 a 2012 son la cabecera departamental con 42% y Santa María Chiquimula con 38%, lo que suma 80% de los incendios reportados, denotando la necesidad de priorizar esfuerzos en estos lugares.

Sin embargo, en la dinámica de la cobertura forestal de 1991 a 2001 la pérdida de masa boscosa en la cabecera municipal es de 504 Ha y la del municipio de Santa María Chiquimula es de 1,900 Ha., lo cual demuestra que el municipio de Santa María Chiquimula tiene más daños a su recurso forestal y por lo tanto es vulnerable a perderlo de manera creciente. (IARNA, 2012)

1.2. Planteamiento del problema de investigación.

Los incendios forestales en el municipio de Santa María Chiquimula son una problemática recurrente, ya que en la época de verano es normal para los pobladores observar siniestros, lo que daña el sotobosque, los árboles en edad joven y madura, evidenciándose la falta de medidas de mitigación debido a la carencia de conocimiento de parte de los pobladores, ya que no practican acciones tempranas y dejan que el fuego se expanda incluso en sus propiedades.

Una brigada del Sistema de Prevención y Control de Incendios Forestales (SIPECIF) se encargaba directamente del municipio, actuaba en época seca en donde los incendios son recurrentes y dejaba de funcionar una vez se iniciaba el invierno; lo que dejaba sin acción un espacio que serviría para ejecutar medidas preventivas y amortiguar daños causados en la época seca. La oficina forestal municipal también tiene como objetivo minimizar los daños a los bosques del área, pero su incidencia no se visualiza al iniciarse los días con mayor probabilidad de incendios, ya que al momento de revisar los informes del SIPECIF se puede concluir que la mayoría tienen que ver con alguna actividad humana o son provocados intencionalmente y la municipalidad no ha creado actividades preventivas.

Cada sector ha intentado realizar esfuerzos para disminuir los incendios forestales, algunos en conjunto y otros por separado, pero no son acciones específicas de prevención a lugares donde existe más probabilidad de incendios. Por tal razón se sabe que existen los incendios en el municipio y que son una amenaza latente, pero se desconoce en donde se ubican los lugares y factores que influyen para que se induzca un incendio, desorientando las acciones preventivas a diferentes lugares.

3 La información es parte de un análisis que se hizo a la base de datos que el SIPECIF subía año con año al portal del INE.

El gobierno de Guatemala ha realizado estudios desde el punto de vista geográfico por medio del Sistema de Información Geoespacial para el Manejo de Incendios Forestales SIGMA-I, (2010), en donde se abordan diferentes análisis de riesgo a incendios en el territorio nacional y crea diferentes mapas temáticos junto con tres metodologías que utilizan Sistemas de Información Geográfica, lo que proporciona mayor información sobre este fenómeno para focalizar las acciones preventivas a lugares específicos, sin embargo solo se mencionarán dos metodologías relacionadas con el tipo de investigación realizada en el municipio de Santa María Chiquimula.

El primero es el Sistema Dinámico de Evaluación de Riesgo de Fuego (SIDRIF) que contempla como indicadores la baja precipitación comparándola con la alta temperatura para realizar un modelo que se actualiza con datos del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) y datos del satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM), pero deja a varios factores fuera que son de suma importancia si se desea analizar a profundidad el actuar del fuego, como el topográfico o histórico por mencionar algunos.

El segundo es el Modelo de Análisis de Patrones y Causas de Igniciones (MAPCI) que incluye diversas variables como: la agricultura anual, agricultura perenne, pastos cultivados, distancia entre jimales (sábanas de pastos altos muy inflamables), precipitación promedio anual, deforestación y las temperaturas máximas entre enero y abril. Es importante mencionar que las variables se encontraron luego de un proceso de selección amplio, aunque dentro de las recomendaciones finales se menciona que se debe "... reconstruir el MAPCI usando un enfoque regional de modelamiento que tome en cuenta las diferencias en la dinámica de uso del fuego en Guatemala...".⁴ lo que deja claro la necesidad de aplicar un método desde el punto de vista regional.

Dadas estas razones se buscó desarrollar un modelo con la aplicación de software de sistemas de información geográfica (SIG) para determinar zonas de riesgo a ser incendiadas en el Municipio de Santa María Chiquimula como una forma de impulsar el análisis a escala local y crear una herramienta que sirva para guiar acciones preventivas dentro de las áreas que se localicen con mayor riesgo.

⁴ Parte de las recomendaciones que se encuentran en la página 26 del informe nacional del SIGMA-I, en donde también se expresa que probablemente sea beneficioso hacer modelos específicos para años con y sin presencia del fenómeno del niño.

1.3. Justificación del estudio.

Santa María Chiquimula es un municipio del departamento de Totonicapán con vocación forestal, lamentablemente el cambio de uso del suelo, el cambio climático y el fenómeno del niño son problemas que propician el aumento de incendios forestales que ocasiona el deterioro de las zonas boscosas naturales.

A lo largo de los años se puede ver un incremento de la pérdida de cobertura forestal en el municipio de Santa María Chiquimula debido a los incendios, aunque los esfuerzos de las autoridades municipales, organizaciones gubernamentales y no gubernamentales son constantes no desarrollan actividades preventivas dirigidas a los lugares con riesgo a incendios lo que provoca la recurrencia de este fenómeno.

Esta situación demanda conocer los lugares específicos en donde el riesgo a incendios forestales es más alto, para que las diferentes organizaciones puedan dirigir acciones preventivas que busquen disminuir la vulnerabilidad dentro de estos espacios, por ello, la investigación utiliza una metodología que aprovecha datos de las estaciones meteorológicas aledañas al lugar de estudio, las curvas a nivel, el uso actual del suelo, caminos, poblados, la base de datos del SIPECIF, del Instituto Nacional de Estadística (INE), de la Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencial (SEGEPLAN), etc., para ser analizados mediante los SIG, y dar como resultado los espacios que deben ser atendidos según la prioridad de riesgo.

La metodología para analizar el riesgo contempla medir la amenaza del fenómeno y la vulnerabilidad que tiene cada una de las aldeas del municipio, en el caso de las amenazas se toma en cuenta factores meteorológicos, topográficos, históricos, antrópicos y de combustión, mientras que la vulnerabilidad se mide mediante los factores de tipo poblacional, estructural, social, cultural e ideológico, político institucional y educativo; al momento de tener ambos resultados se procede a analizar el índice de riesgo que posee el municipio.

Hasta el momento no existen estudios locales que utilicen herramientas SIG para poder delimitar las áreas que presentan riesgo a incendios forestales y se observa la necesidad de contar con zonas específicas en donde se fortalezcan las acciones que puedan minimizar la vulnerabilidad, es por esta razón que como producto de la investigación se contemplan mapas temáticos que faciliten el análisis y el manejo integrado del fuego.

Si se realiza un esfuerzo conjunto y la población está dispuesta a participar, se tendrá una disminución de incendios, lo que se traducirá en menos bosques dañados y una recuperación adecuada de los degradados, además de disminuir las acciones de emergencia y guiarlas a ser preventivas.

1.4. Hipótesis de investigación.

Un alto porcentaje del área en municipio de Santa María Chiquimula, Totonicapán, presenta niveles de riesgo que demandan la implementación de acciones para la prevención de incendios forestales.

1.5. Objetivos del estudio

1.5.1. General

Proporcionar información técnica actualizada, que facilite la planificación, de las diferentes instituciones, para la prevención y el control de los incendios forestales en el municipio de Santa María Chiquimula, Totonicapán.

1.5.2. Específicos

Determinar, para la amenaza, cuál es el factor condicionante de mayor importancia en surgimiento de incendios forestales dentro del municipio de Santa María Chiquimula, Totonicapán.

Identificar el factor de vulnerabilidad que más contribuye a la determinación de los niveles de riesgo de incendios en el municipio de Santa María Chiquimula, Totonicapán.

Establecer el nivel de riesgo a los incendios forestales y su distribución geoespacial en el municipio de Santa María Chiquimula, Totonicapán.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.

2.1. Incendios forestales

2.1.1. Generalidades de los incendios

2.1.1.1. Conceptos básicos

- a) **El fuego:** Es la reacción rápida producto de la unión del aire, el combustible y una fuente de calor; que se manifiesta en forma de llamas y humo.
- b) **Incendio:** Fuego que se manifiesta de manera descontrolada, que amenace o ponga en riesgo a un bosque, ecosistema o que pueda causar daños a los recursos naturales, al medio ambiente o a la salud de las personas. Esto incluye quemas o rozas agrícolas no planificadas, no autorizadas, o descontroladas.
- c) **Incendio forestal:** Es un fuego que se da en bosques naturales o artificiales producido por la acción del ser humano o causado por la naturaleza y que avanza sin ningún control, ocasionando daños ecológicos, climáticos, económicos y sociales (CONRED, 2015).

Cualquier incendio forestal no planificado e incontrolado que independientemente de la causa de ignición pueda requerir una respuesta para su supresión, u otra acción de acuerdo a las políticas del organismo encargado (Blandón, 2009).

Todo incendio forestal para el cual se declare una emergencia por el ente respectivo deberá ser considerado como un desastre natural o provocado a efectos de que sea cubierto por todas aquellas políticas o instituciones encargadas de mitigar de los daños de los mismos. Esto incluye la quema de pastos para cualquier fin que pueda poner en riesgo un bosque o ecosistema natural (Blandón, 2009).

- d) **Causas de incendios:** Motivos naturales, provocados o acciones que ocasionan un incendio forestal, sea en forma directa por un evento natural o con la intención de ocasionar el mismo, o en forma indirecta por negligencia, desconocimiento o malas prácticas en el uso del fuego.
- e) **Manejo integrado del fuego:** Rango de decisiones, planes y acciones técnicas dirigidas hacia la prevención, predicción, detección, extinción, manipulación y el uso de fuego en un lugar, para atender objetivos y lograr metas específicas. Abarca la cultura del fuego desde el punto de vista de las necesidades socioeconómicas e impactos de la población que hace uso del fuego (por qué, cómo, cuándo y dónde lo usa). Este concepto incluye en la ecología del fuego dependiendo de los ecosistemas.

- f) **Gestión integrada de incendios forestales:** Denominación aplicada a los sistemas de gestión de incendios que comprenden uno o dos de los conceptos siguientes de integración: (1) integración de los incendios forestales prescritos, naturales o antropógenos y/o la aplicación planificada del fuego en el ámbito forestal y en otros sistemas de uso de la tierra, de acuerdo a los objetivos de la quema prescrita; (2) integración de las actividades y el uso de las capacidades de las poblaciones rurales (usuarios individuales de la tierra) a fin de satisfacer los objetivos generales de ordenación de tierras, vegetación (bosques) protección, y gestión del humo (gestión comunitaria del fuego). Esta denominación es común para los enfoques de gestión del fuego en regiones menos desarrolladas incluyendo los ecosistemas de bosque y otros.

2.1.1.2. Formas de los incendios forestales

- a) **Circulares:** Se producen en terrenos llanos, con poco viento y combustibles homogéneos (con mismo tipo de vegetación).
- b) **Elípticos:** Se dan en terrenos con combustibles homogéneos y con vientos en dirección constante.
- c) **Irregulares:** Se desarrollan cuando el terreno presenta pendientes fuertes, con vientos irregulares y los combustibles son heterogéneos.

2.1.1.3. Partes de un incendio forestal

- a) **Borde:** Es el perímetro del incendio.
- b) **Cabeza:** Es la parte del borde del incendio por donde el fuego avanza con mayor rapidez e intensidad.
- c) **Cola:** Es la parte del borde del incendio por donde el fuego avanza más lentamente.
- d) **Dedos:** Son estrechas extensiones de fuego que se proyectan desde el fuego principal.
- e) **Focos secundarios:** Son fuegos producidos por las pavesas o chispas y se establecen fuera del perímetro del incendio.
- f) **Bolsas:** Son aquellas partes entre los dedos donde el fuego avanza con mayor lentitud.
- g) **Flancos:** Son los contornos laterales del incendio.
- h) **Isla:** Son porciones de vegetación que no fueron consumidos por el fuego. (USAID/OFDA, 2001)⁵

⁵ Parte del material didáctico que utiliza el INAB para la formación de bomberos forestales en Guatemala, que fue resultado del apoyo de la Oficina Regional para América Latina y el Caribe de USAID/ OFDA

2.1.1.4. Tipos de incendios forestales

Según el estrato en que progresan, los incendios forestales se clasifican en fuegos de superficie, de copas y de subsuelo.

- a) **Fuego de superficie:** Es aquel que se propaga cerca del suelo afectando la vegetación herbácea y al matorral. Como este material suele ser poco leñoso, se deseca más rápidamente que el arbolado, ofrece amplia superficie al contacto con el aire y arde con facilidad y rapidez. Por eso es el tipo más frecuente y el que por elevación de las llamas promueve el fuego de copas.
- b) **Fuego de copas:** Es el que pasa desde la superficie hasta las copas de los árboles. Es el más peligroso porque avanza consumiendo las copas en cotas donde el aire, en general, sopla con más fuerza que en el suelo y donde las dificultades para combatirlo aumentan.
- c) **Fuego en el subsuelo o fuego subterráneo:** Se propaga bajo la superficie quemando la materia orgánica. Se inicia a partir de fuegos de superficie o de raíces no apagadas (USAID/OFDA, 2006).

2.1.2. Condiciones para los incendios forestales

2.1.2.1. Triángulo de fuego:

Para que un fuego comience o se mantenga, es imprescindible que coincidan en un tiempo y en un lugar tres elementos, esto expresa que la supresión o disminución de cualquiera de ellos apaga el fuego mientras que el reforzamiento implica su activación, estos elementos son:

- a) **Oxígeno:** Es un elemento que se encuentra en forma de gas en la atmósfera y es fundamental para que el fuego se origine.
- b) **Combustible:** Es todo material vivo o muerto que puede arder, a esto se le puede añadir el concepto de biocombustible el cual es de origen biológico, que hasta hace poco estaba vivo (fitomasa) o que proviene de un organismo vivo (estiércol, biogás).
- c) **Calor:** Es la energía que se mide como temperatura.
(USAID/OFDA, 2001).

2.1.3. Gran triada

Son elementos que moldean el comportamiento del fuego, modificando el área en donde se expandirá el fuego o si se detendrá, siendo importante entender el actuar de la gran triada para combatir los incendios de manera adecuada y sin arriesgar a los bomberos forestales se dan a conocer los factores que lo conforman:

- a) **El combustible:** Toma en cuenta el tipo de combustible que se está quemando, que tan rápido se queman, alto y grosor del combustible y si están verdes o secos.
- b) **Topografía:** Se denomina topografía al conjunto de particularidades que presenta un terreno en su configuración, en el caso de los incendios cuando el terreno tiene una fuerte pendiente las llamas se acercan más a los combustibles, los secan y el fuego avanza más rápido.
- c) **Clima:** En este aspecto se toma en cuenta tres factores: el viento que cuando es fuerte el fuego avanza más rápido, la temperatura porque el sol calienta los combustibles se vuelven más secos ardiendo con mayor facilidad y la humedad porque si está húmedo es más difícil que arda en cambio si el combustible tiene poca humedad arde con mayor facilidad.

2.1.4. Mecanismos de propagación del calor

- a) **Conducción:** Transferencia de calor de un cuerpo a otro mediante contacto a través de las moléculas de un cuerpo sólido. La cantidad de calor transferida por conducción, depende de la conductividad térmica de los materiales a través de los cuales está pasando el calor y del área del medio conductor.

La conducción puede ser mediante chispas o pavesas como partículas encendidas que saltan de un fuego; este es uno de los mecanismos más importantes en el avance y propagación de los incendios forestales y formación de focos secundarios. El transporte de partículas encendidas, cuando es realizado por corrientes de convección y viento, recibe el nombre de pavesas o chispas. Se les llama rodantes cuando su desplazamiento es por la fuerza de gravedad en una topografía con fuerte declive.

- b) **Radiación:** Propagación de ondas de calor en línea recta y en todas direcciones, a la velocidad de la luz y sin desplazar el aire, desde su origen hasta chocar con algún material. Las ondas de calor radiadas de una fuente de calor se transmiten en todas las direcciones. Por eso mientras más lejos esté el objeto de la fuente, absorberá menos calor. Un objeto expuesto al calor por radiación emitirá, a su vez, radiación desde su superficie.
- c) **Convección:** Movimiento ascendente entre líquidos y gases al producirse calentamiento. El aire caliente se expande y se eleva. Por esta razón el fuego se propaga por convección. Generalmente lo hace en forma ascendente, aunque las corrientes de aire pueden llevarlo en cualquier dirección.

2.2. Incendios forestales en Guatemala

A partir de los incendios ocurridos en 1998, el estado de Guatemala vió la necesidad de contar con un ente que pueda atender la problemática, para mejorar las acciones de las instituciones

encargadas de la prevención y control de los incendios forestales. En el año 2,001 se formó el Sistema para la Prevención y Control de los Incendios Forestales -SIPECIF-, con la finalidad de crear condiciones que tiendan a la reducción de siniestros, así como para tener mayor capacidad de respuesta ante los eventos que puedan desarrollarse.

El SIPECIF aglutinaba a varias instituciones del estado para trabajar de forma conjunta en la problemática de los incendios, en el año 2,009 pasa a presidir la CONRED y posteriormente en el año 2014 el Consejo Nacional de áreas Protegidas CONAP, que se encargaba de administrarlo hasta el 2017. Cuando inició el SIPECIF se creó una base de datos que se fue ampliando cada vez más gracias a las brigadas, en ella se pueden encontrar que los incendios son fenómenos recurrentes de manera histórica y que existen años en los que se pueden intensificar por lo que se genera más impacto en las zonas forestales.

Según los informes del SIPECIF correspondientes con el periodo 2000 al 2014 el año con más pérdida de cobertura forestal por este fenómeno fue el 2003 con un total de 60,119.33 hectáreas, siendo el departamento de Sololá el más afectado perdiendo 307,38 hectáreas, seguido por Quetzaltenango y San Marcos; si en este periodo se analiza solo la cantidad de superficie afectada se puede llegar a la conclusión de que se ha disminuido la pérdida en todo el país y que tiende a seguir bajando, sin embargo, eso no asegura que la recurrencia de incendios forestales pueda seguir la misma tendencia.

Entre los cinco primeros departamentos que tienen superficies afectadas por los incendios forestales en el periodo 2000 al 2014 está Petén con 190,574.20 hectáreas afectadas, le sigue Zacapa con 30,748.60 ha., Quiché con 21,206.53 ha., Jalapa con 19,20544 ha. y Baja Verapaz con 16,504.24 ha. La media anual de daños por hectárea según los datos del SIPECIF recolectados en los periodos antes mencionados son 547,43 has, lo que significa que cada año se pierde esa cantidad en toda Guatemala.

El número de incendios reportados en el periodo 2007 al 2012 son 4,174 siendo el año 2007 con más incidentes llegando a 869, siguiéndole el año 2011 con 763 incendios, en el año 2012 los incendios bajaron a 493, en promedio se desarrollan 696 incendios por cada año; además se perdieron un promedio de 460.28 Ha., si dividimos este resultado con los 696 incendios en promedio se puede asegurar que se pierden 0.67 hectáreas por cada siniestro que pasa en el territorio nacional (IARNA, 2012)

2.3. Marco institucional y legal de la gestión integrada de incendios forestales.

2.3.1. Marco institucional

A raíz de la ola de incendios de 1998 que afectó más de 678 mil hectáreas de bosque, el estado evidenció la falta de preparación para atender la problemática, por lo cual en el 2001 a través del acuerdo Gubernativo 63- 2001 crea el Sistema Nacional de Prevención y Control de incendios Forestales (SIPECIF) el cual fue integrado por varias instituciones del estado y presidido por la Secretaría Ejecutiva de la Presidencia.

El SIPECIF tiene como finalidad crear condiciones que tiendan a la reducción de incendios forestales, así como para tener mayor capacidad de respuesta ante los eventos que puedan desarrollarse. Como parte de las acciones del SIPECIF, se realizó una validación de las estrategias empleadas, con lo que se generó la Estrategia Nacional para la Prevención y Control de los Incendios Forestales, la cual está compuesta por 5 líneas de trabajo:

- ✓ Prevención
- ✓ Fortalecimiento de la capacidad de respuesta (Control)
- ✓ Fortalecimiento del marco legal
- ✓ Recuperación de las áreas afectadas
- ✓ Investigación

Las acciones de los entes encargados de la prevención y control de los incendios forestales, están orientadas principalmente a proteger las áreas cubiertas con bosques de mayor importancia para la sociedad guatemalteca, como el caso de las Áreas Protegidas, las zonas de captación y recarga hídrica y los bosques periurbanos. Los mayores esfuerzos e inversiones están dirigidas a las áreas prioritarias, las que en su mayoría se concentran en el departamento de El Petén.

En el año 2008 el acuerdo en mención fue reformado a través del Acuerdo Gubernativo 116-2009, en el cual delega a la CONRED, presidir el concejo coordinador, emanar directrices, asignar funciones y acciones a las instituciones públicas o privadas en caso de siniestros y administrar los recursos asignados al sistema.

Del 2002 al 2009 representante de instituciones de gobierno y organizaciones de la sociedad civil participaron en cursos de capacitación dentro del marco de la Red Latinoamericana de Aprendizaje para el Manejo del Fuego de TNC. Durante el 2006 al 2010 se realizaron los primeros planes de Manejo Integral del Fuego en Guatemala, en el altiplano y en baja Verapaz; además se desarrollaron cursos básicos de quemas prescritas a base del esfuerzo de organizaciones gubernamentales, no gubernamentales e internacionales para el Manejo Integral del Fuego en lugares previamente analizados.

En el año 2013 se reforma el acuerdo dándole traspaso al SIPECIF de la CONRED al CONAP mediante el acuerdo gubernativo 170-2014, persiguiendo una mejora para la gestión de recursos y tener un mejor control para el análisis de datos creados por la entidad.

Según este acuerdo el consejo coordinador queda integrado de la manera siguiente:

- ✓ Secretario ejecutivo del Consejo Nacional de Áreas Protegidas, quien lo preside:
- ✓ El ministro de la Defensa Nacional
- ✓ El ministro de Ambiente y Recursos Naturales
- ✓ El secretario de Coordinación Ejecutiva de la Presidencia
- ✓ Un representante del Instituto Nacional de bosques, electo por la Junta Directiva;
- ✓ El secretario Ejecutivo de la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres de Origen Natural o Provocado; y
- ✓ El presidente de la Asociación Nacional del Municipalidades.

Lastimosamente en el año 2017 según el acuerdo gubernativo 156-2017, emitido el 20 de julio se le da fin a la existencia del SIPECIF, y todas sus funciones se incorporan a la CONRED por tener entre sus fines el disminuir cualquier tipo de riesgo.

2.3.2. Marco legal

Según la Constitución Política de la República, en su Artículo 97 en donde habla de Medio ambiente y equilibrio ecológico, dice que el Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico, dando énfasis en crear las leyes necesarias para la protección ambiental.

En el artículo 34 del Reglamento de la Ley Forestal, se designa al INAB en coordinación con las municipalidades del país, para establecer campañas de prevención y control de los incendios forestales y a divulgar acciones que tiendan a prevenirlos. Así mismo, designa al INAB como el responsable de la coordinación de acciones de emergencia para el control de los mismos.

Al revisar la Ley Forestal, en el artículo 36, establece que todos los medios de transporte están obligados a reportar cualquier incendio, así como que las autoridades deberán apoyar con los medios que se cuente a las acciones de control de incendios. Así mismo, el artículo 37 indica que las fincas están obligadas a permitir el acceso, tránsito o permanencia de los combatientes de los incendios. En el artículo 38 de la Ley Forestal, se prohíben las prácticas de quemas en bosques, salvo que su uso sea controlado y parte de un plan de manejo debidamente autorizado.

En artículo 33 del Reglamento de la Ley Forestal, establece los mecanismos para realizar rozas en tierras de uso agropecuario (roza es una práctica agropecuaria en donde se emplea fuego para habilitación de tierras para cultivos). En este artículo, se definen las medidas que se deben tomar para evitar que los fuegos agropecuarios provoquen incendios en las áreas forestales.

Adicionalmente, en el artículo 48 de la Ley Forestal, se establece que los planes de manejo deberán establecer las medidas de prevención contra incendios forestales (inciso “j”). Las técnicas que más se emplean en las fincas para la prevención de los incendios forestales, tomando en cuenta las causas que los provocan, son las brechas contrafuegos perimetrales y dependiendo de la ubicación y distribución de las áreas con bosques se pueden construir brechas internas. Además, las medidas silviculturales que se aplican a los bosques manejados, tienden a reducir la potencialidad de los incendios, debido a que se manejan los combustibles ligeros y medianos dentro de las áreas forestales.

En el artículo 93 queda claro que los incendios son un delito con multa y prisión de dos a diez años y si se vuelve a repetir el delito de cuatro a doce años, en el caso que sea área protegida se explica que tendrá prisión de cuatro a doce años. En caso de reincidencia la prisión será de seis a quince años. Para cada incendio forestal, se deberá abrir un proceso exhaustivo de investigación a efecto de determinar el origen y una vez establecido, se procederá en contra del o los responsables.

En el decreto número 2-2015 o ley de fomento al establecimiento, recuperación, restauración, manejo, producción y protección de bosques en Guatemala -PROBOSQUE-, se contempla en su artículo 30 las medidas de protección contra incendios forestales que deben de tener los proyectos inscritos en el INAB. Además, en el artículo 33 se especifica que las fuentes semilleras registradas deben de contemplar medidas de prevención a incendios forestales.

2.4. Sistemas de información geográfica.

2.4.1. Generalidades de los sistemas de información geográfica.

2.4.1.1. Que es un sistema de información geográfica.

Los sistemas de información geográfica (SIG) integran tecnología informática, personas e información geográfica, y su principal función es capturar, analizar, almacenar, editar y representar datos georreferenciados. Básicamente un SIG ha de permitir la realización de las siguientes operaciones: lectura, edición, almacenamiento, gestión y análisis de datos espaciales.

Esto puede incluir desde consultas sencillas a la elaboración de complejos modelos, y puede llevarse a cabo tanto sobre la componente espacial de los datos (la localización de cada valor

o elemento) o la componente temática (el valor o el elemento en sí). Generación de resultados tales como mapas, informes, gráficos, etc.

2.4.1.2. Componentes de un SIG.

Una forma de entender el SIG es que está formado por subsistemas, cada uno de ellos encargado de una serie de funciones particulares.

Es habitual citar tres subsistemas fundamentales:

- a) **Subsistema de datos.** Se encarga de las operaciones de entrada y salida de datos, y la gestión de estos dentro del SIG. Permite a los otros subsistemas tener acceso a los datos y realizar sus funciones en base a ellos.
- b) **Subsistema de visualización y creación cartográfica.** Crea representaciones a partir de los datos (mapas, leyendas, etc.), permitiendo así la interacción con ellos. Entre otras, incorpora también las funcionalidades de edición.
- c) **Subsistema de análisis.** Contiene métodos y procesos para el análisis de los datos geográficos.

Otra forma distinta de entender el SIG es atendiendo a los elementos básicos que lo componen, cinco son los elementos principales que se contemplan tradicionalmente en este aspecto:

- a) **Datos.** Los datos son la materia prima necesaria para el trabajo en un SIG, y los que contienen la información geográfica vital para la propia existencia de los SIG.
- b) **Métodos.** Un conjunto de formulaciones y metodologías a aplicar sobre los datos.
- c) **Software.** Es necesaria una aplicación informática que pueda trabajar con los datos e implemente los métodos anteriores.
- d) **Hardware.** El equipo necesario para ejecutar el software.
- e) **Personas.** Las personas son las encargadas de diseñar y utilizar el software, siendo el motor del sistema SIG.
(Olaya, 2011).

2.4.2. Los sistemas de información geográfica en incendios forestales

2.4.2.1. Antecedentes generales

Esta temática comienza a desarrollarse a finales del siglo 20 en Estados Unidos y Canadá, países que actualmente son referentes en el análisis de incendios con SIG.

En una primera instancia los trabajos se enfocaron en la creación de índices de peligro en base a datos meteorológicos tales como el de los rusos Nesterov y Teylicin, el índice francés de Riesgo Numérico Meteorológico y el italiano IREPI (Índice de Reducción Evapotranspiracional de Peligro de Incendios).

Posteriormente el análisis fue complejizándose para desembocar en sistemas de riesgo que consideran además de los datos meteorológicos factores como: modelos de combustible, topografía, actividad humana, comportamiento del fuego, análisis estadísticos de datos históricos (frecuencia y causalidad) y vulnerabilidad al daño; ejemplos de estos sistemas son el estadounidense NFDRS (National Fire Danger Rating System), el canadiense CFFDRS (Canadian Forest Fire Danger Rating System), el español Grado Actual de Peligro de Incendios Forestales y el europeo desarrollado por el Joint Research Centre (JRC). En la actualidad un importante avance en la investigación es la incorporación a estos sistemas de la información obtenida a partir de imágenes satelitales (IRAOLA, RESNICHENKO, CAFFARO, & GUIGOU, 2009).

2.4.2.2. Antecedentes en Guatemala

Los inicios de los SIG en el país pueden referirse a unos 24 años atrás, con aplicaciones en la preparación de materiales cartográficos diversos. En relación a la temática forestal, las aplicaciones de los SIG son más recientes. Es importante indicar que a nivel nacional existen otras instituciones dentro del sector que generan información y cuentan con infraestructura para un SIG, tales como: El Consejo Nacional de Áreas Protegidas CONAP, Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación –MAGA-, Universidad del Valle –UVG-, Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala /FAUSAC, Proyectos específicos de catastro ARCPETEN, ONG´s como Defensores de la Naturaleza, principalmente.

La información disponible para el tema de incendios forestales, se basa en los datos obtenidos a través del llenado de boletas validadas a nivel de campo y es la única información que el INAB recopilaba a nivel nacional, es decir, dentro y fuera de áreas protegidas. En este caso, el INAB y CONAP utilizaban la misma herramienta para la captura de la información. Esta era verificada y certificada en el proyecto de protección forestal, que eran los responsables a nivel nacional de la calidad de la información, posteriormente las boletas eran trasladadas al área de estadísticas forestales del SIFINAB⁶ donde ingresaban a la base de datos nacional correspondiente al año vigente.

En resumen, la base de datos almacena la información de: nombre del informante, departamento, municipio, comunidad, coordenadas, cronología desde la detección hasta el combate del incendio, tipos de bosque, tipos de incendio, tipo de área, pendiente, tipo de tenencia de la tierra, brigadas, recursos utilizados, causas, áreas y tipo de vegetación, velocidad del viento, entre otras. La actualización se realizaba dos veces al día, en la época crítica (febrero-mayo), dado a que el flujo de boletas es constante (IARNA, 2012); una de las razones principales era la necesidad de saber a diario el comportamiento de los incendios ya

⁶ Sistema de Información Forestal del Instituto Nacional de Bosques.

que aportaban insumos para la planificación de actividades y priorización en la distribución de recursos. Además, diariamente se debía entregar información a la presidencia sobre el estado actual de los mismos.

El más sobresaliente de los proyectos usando SIG como una herramienta eficaz para los incendios forestales fue el Sistema de Información Geoespacial para el Manejo de Incendios en la República de Guatemala (SIGMA-I), el cual pretende llenar el vacío que existe en los datos para el apoyo y manejo de incendios forestales basados en datos geoespaciales desarrollando tres productos: el Atlas de fuego de Guatemala (AFG), el Modelo de análisis de patrones y causas de igniciones (MAPCI) y el Sistema dinámico de riesgo de fuego (SIDRIF).

Todos estos productos son una primera aproximación que deben ser mejorados y que establece un punto de partida para abordar el problema de los incendios con información geoespacial relevante. Este proyecto fue llevado a cabo por el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), el Instituto Nacional de Bosques (INAB), el Sistema Nacional de Prevención y Control de Incendios Forestales (SIPECIF), la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED) y el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) (SIGMA-I, 2010).

2.5. Amenaza a incendios forestales

2.5.1. Generalidades sobre la amenaza

La amenaza es un fenómeno o evento potencialmente destructor o peligroso, de origen natural o producido por la actividad humana (antrópico), que puede causar muertes, lesiones, epidemias, daños materiales, interrupción de la actividad social y económica, degradación ambiental y amenazar los medios de subsistencia de una comunidad o territorio en un determinado período de tiempo. Es un peligro latente que representa la probable manifestación de un fenómeno físico de origen natural, socio-natural o antropogénico, que puede producir efectos riesgo físico externo a un elemento o grupo de elementos sociales expuestos, que se expresa como la probabilidad de que un fenómeno se presente con una cierta intensidad, en un sitio específico y dentro de un período de tiempo definido (CONRED, 2015).

Peligro latente que representa la posible manifestación de un fenómeno particular (en este caso, un incendio de la cobertura vegetal), de origen natural, socio-natural o antropogénico, en un territorio particular, que puede producir efectos adversos en las personas, la producción, la infraestructura, los bienes y servicios y el ambiente. Es un factor de riesgo sobre un elemento o grupo de elementos expuestos (vegetación), que se expresa como la probabilidad de que un evento (incendio) se presente con una cierta intensidad, en un sitio específico y en un tiempo definido (IDEAM, 2011).

2.5.2. Factores antrópicos:

En los incendios forestales existen dos grupos causantes, el primero de ellos son los naturales, vinculados a otros fenómenos atmosféricos como los rayos o el aumento excesivo de la temperatura ambiental que al tener efecto de lupa en elementos naturales o introducidos provocan incendios.

Algunos estudios aseguran que los incendios forestales son parte de los cambios propios del medio ambiente ya que de esta manera se va modificando el paisaje y ayuda a que algunas especies con poca probabilidad de propagación puedan desarrollarse al eliminar los elementos aledaños, en algunos casos los incendios son solamente rastreros lo que elimina parte de las plagas que están presentes en algunos árboles, además pueden ayudar a desarrollar resistencia de parte de los árboles a estos tipos de acontecimientos aumentando la probabilidad de que puedan sobrevivir a un incendio mayor (European Forest Institute, 2009).

Pero este equilibrio se rompe cuando los incendios se vuelven más recurrentes por la intervención humana que logra la magnitud destructiva y repetitiva, eliminándose el espacio para la recuperación de organismos que tienen relaciones ecosistémicas. Normalmente estas causas son antrópicas, dada la intervención específica de algunas actividades que se pueden vincular fácilmente según algunos estudios nacionales contemplando solo elementos totalmente humanos (IARNA, 2005)⁷. Según informes del SIPECIF se tomó en cuenta tres sub-factores que son: los poblados, las áreas con cultivo de ciclo corto, (específicamente del maíz) y los caminos.

2.5.2.1. Sub-factor poblados

La mayoría de incendios en Guatemala son intencionales para modificar el ambiente, como es el caso de los leñadores, áreas con colmenas y basureros clandestinos, de esta manera se visualiza que los poblados que están cerca o inmersos en masa forestal pueden causar estos problemas (Rodríguez Jácome, 2013)⁸.

2.5.2.2. Sub-factor áreas con cultivo de ciclo corto

El segundo elemento más importante causante de incendios forestales dentro del área guatemalteca es vinculado a cultivos de ciclo corto como es el caso del maíz, dado que dentro de las actividades agrícolas se contempla la roza al momento de darle limpieza a los terrenos y que por descuidos se propaga a los bosques aledaños al lugar. Este fenómeno se agrava al practicarse en los meses en donde los incendios forestales son más propensos (febrero-abril)

⁷ Página 18 del perfil ambiental de Guatemala, elaborado en el 2005 por el IARNA, es un estudio en donde se acepta que los incendios forestales son parte de los problemas antrópico que aquejan al país.

⁸ Rodríguez asegura que los incendios forestales son causados por razones antrópicas y que es de suma importancia tomarlas en cuenta dentro de cualquier análisis que se desee realizar para conocer el actuar del fuego.

además el municipio de Santa María Chiquimula presenta entre sus actividades agrícolas más fuertes la siembra de cultivos de granos básicos.

2.5.2.3. Sub-factor caminos:

Según los informes del SIPECIF (2012) un gran porcentaje de los incendios forestales se inicia junto o cerca de los caminos, presentando más problemas aquellos que son más transitados o donde su uso contempla dos o más lugares aledaños.

2.5.3. Factores meteorológicos:

En los meses en donde se presentan el mayor número de puntos de calor según el SIGMA-I la precipitación también es baja y cuando aumenta la cantidad de lluvia sobre el territorio la cantidad de estos fenómenos disminuye, lo que claramente quiere decir que entre menos precipitación exista más vulnerable será el lugar a presentar incendios forestales, esto se compara con un ambiente con temperaturas altas la cual será un área vulnerable a incendios forestales dado que al subir la temperatura la humedad disminuye, dando paso a que los pastos y elementos del bosque pierden cierta cantidad de líquidos convirtiéndolos en un combustible fácil de incendiar.

En el caso del SIGMA-I toman en cuenta las temperaturas máximas en el territorio nacional para crear el SIDRIF porque se sobreentiende que la temperatura máxima dictara combustible a favor de los incendios forestales y un ambiente adecuado para que las llamas se propaguen con facilidad.

2.5.4. Factor topográfico:

La mayoría de modelos de riesgos a incendios forestales desarrollados en España toman en cuenta la topografía para medir la propagación de incendios forestales, se muestra la existencia de muchos elementos que se pueden tomar en cuenta como es el caso de la pendiente y la orientación al sol.

Dentro del manual para bomberos forestales del INAB se menciona los tipos de propagación de los incendios forestales, y se explica que la pendiente ayuda a dos de ellos (radiación y la convección) creando un cambio en el comportamiento del fuego, en algunos casos el incendio empieza de una manera rastrera, si la pendiente es pronunciada esta rápidamente puede cambiar a un incendio de copa aumentando la dificultad para apagarlo, además la pendiente favorece a que el fuego pueda radiar calor hacia dirección vertical disminuyendo la humedad relativa y creando material combustible seco, lo que crea llamas más grandes y mayor velocidad de avance.

La orientación de un bosque es importante porque esto está ligado a cuanta exposición solana puede llegar a tener, entre más horas sol tenga un área más combustible seco existirá para la propagación de los incendios, por el contrario, aquellas en donde la orientación no ayuda a la exposición del sol la humedad relativa será elevada disminuyendo la probabilidad de que el incendio se propague en ese espacio.

2.5.5. Factor combustible

El combustible es una parte indispensable para que el fuego exista, por ello es parte del triángulo del fuego, su importancia variará según el tipo que puede llegar a ser, existen algunos cuya facilidad para propagar el fuego es conocida y otros que necesitan de una alta exposición al calor para que pueda ser aprovechado por el fuego. En el protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgo a incendios de la cobertura forestal de Colombia se analiza tres elementos que a continuación se explican:

2.5.5.1. Sub-factor tipo de combustible.

Los combustibles vegetales son cualquier material vegetal vivo o muerto que puede entrar en combustión al aplicársele calor y que según su tamaño pueden ejercer mayor o menor resistencia a la combustión ya que por su contenido de humedad, su composición química, etc., pueden tener diferentes grados de condición calórica y de velocidad de encendido. En el caso de la metodología colombiana los combustibles predominantes por bioma y ecosistema se definieron con los siguientes grupos de combustibles:

- a) **Combustibles pesados:** Árboles, codominancia de árboles y arbustos y solo arbustos
- b) **Combustibles livianos:** Hierbas, codominancia de hierbas y pastos

En el protocolo no se consideraron los combustibles muertos, pero es necesario aclarar que son importantes en la probable generación de incendios, razón por la cual este aspecto no debe pasar inadvertido.

2.5.5.2. Sub-factor duración del combustible.

La clasificación por la duración del proceso de ignición es de alta importancia para entender la capacidad pirogénica de la vegetación, ya que la duración del combustible expresa de una forma indirecta qué tan peligroso puede ser un incendio.

Con combustibles de rápida ignición el control del fuego es más difícil ya que la cobertura se quema muy rápido y el impacto en términos de áreas afectadas es mayor. Con combustibles de larga duración el control es más fácil, y en cuanto al área, con las medidas adecuadas de control el impacto puede ser menor. Respecto a los bienes y servicios ambientales que prestan los ecosistemas, el efecto ambiental del fuego es independiente de la duración y depende de

otros factores (biodiversidad, fragilidad, resistencia, resiliencia, etc.). Según la duración, los combustibles se clasifican en:

- a) **Combustibles de una hora de duración:** Son los que pueden quemarse en una hora o menos debido a su bajo contenido de humedad, poca área foliar y porcentajes de material fibroso (lignina) altos en sus tejidos. En esta categoría se incluyen los pastos y las hierbas, así como los arbustos presentes en matorrales abiertos de bajo porte.
- b) **Combustibles de diez horas de duración:** Son los arbustos en formaciones de matorral-arbustiva, y la asociación arbustos-árboles presente tanto en formaciones secundarias como en ecosistemas de bosques secundarios y arbustales.
- c) **Combustibles de cien horas de duración:** La duración de combustión es de cien horas o más debido a la alta humedad intersticial de los tejidos, la alta área foliar y por estar generalmente localizados en zonas con alta humedad ambiental y del suelo.

2.5.5.3. Sub-factor carga de combustible.

Caracterización cualitativa dependiente de la correlación de los siguientes elementos:

- a) **Altura en metros:** La altura de la vegetación se toma en rangos expresados en metros (>0.5, 0.5-2, 2-5, 5-10, 10-30 y < de 30), datos inferidos a partir de la información descriptiva del mapa de ecosistemas usado en Colombia.
- b) **Cobertura en valores porcentuales:** Entendiendo como cobertura el área proyectada por la vegetación sobre el suelo, se determina este elemento como referencia fundamental para la evaluación de la continuidad espacial en el plano horizontal de los combustibles,
- c) **Biomasa aérea en Ton/ha:** Cantidad total de combustible (expresada en Toneladas / Hectárea) que posiblemente se queme en un eventual incendio en un lugar determinado del país.
- d) **Humedad media de la vegetación;** Obtenida a través de una distribución cualitativa de los rangos obtenidos a partir del índice de vegetación NDVI (Índice Normalizado del Infrarrojo). Este último nivel define el modelo de combustible para una determinada unidad de vegetación.
(Parra Lara, y otros, 2011)

2.5.6. Factor histórico:

Se toman en cuenta los antecedentes de los incendios, se conoce por la literatura que una vez un área es incendiada corre el riesgo de hacerlo de nuevo, ya que las especies primarias según la sucesión ecológica son pastos y herbáceas lo que propicia combustibles para los tiempos más cálidos, de esta manera se pueden encontrar espacios que son susceptibles históricamente (European Forest Institute, 2009).

2.6. Vulnerabilidad a incendios forestales

La vulnerabilidad es definida por la CONRED como las condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, políticos, económicos y ambientales, que aumentan la predisposición, susceptibilidad y exposición de una comunidad al impacto negativo de un fenómeno físico destructor (producido por amenazas naturales o antrópicas) y a reponerse después de un desastre.

Para algunos la vulnerabilidad es la predisposición de un elemento a ser afectado, a sufrir daño y de encontrar dificultad de recuperarse. Corresponde a la probabilidad de afectación física, económica, política o social que tiene una comunidad o un grupo de elementos de sufrir efectos adversos en el caso de que se presente un fenómeno peligroso de origen natural o antrópico.

En el caso específico de la vegetación y de los ecosistemas, la vulnerabilidad se expresa como la susceptibilidad física dada por las características propias que tiene la vegetación (adaptaciones de los ecosistemas al fuego), a sufrir daños o ser afectada por factores externos, como de resistir y de recuperarse ante un incendio (IDEAM, 2011).

CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO.

3.1. Características de la mixtura

3.1.1. Método cuantitativo y método cualitativo.

3.1.1.1. Método cuantitativo:

Se usaron dos metodologías diferentes, una para encontrar el nivel de amenaza que conllevan los incendios y la otra para abordar la vulnerabilidad del territorio ante este fenómeno; el primer método es derivado del protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgo a incendios de la cobertura forestal, propuesto por el Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, que pertenece al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible del gobierno de Colombia.

Con la metodología del IDEAM se realizó un mapa para las amenazas por medio de factores y sub factores fueron procesados en SIG y luego se multiplicaron con la vulnerabilidad, llegando a representar el riesgo local dentro del lugar. Los pasos de la metodología son sencillos y explicativos, sin embargo, se han cambiado ciertos parámetros para adaptarla a la realidad del país de Guatemala, ya que no se cuentan con información que se requiere, pero se buscan alternativas locales para mejorar el análisis⁹.

En el caso de la vulnerabilidad se realizó mediante la metodología para el análisis y estimación de riesgo parte de la caja de herramientas para la elaboración del plan de ordenamiento territorial del SEGEPLAN. Está se basa en analizar todas las amenazas y vulnerabilidades del lugar para encontrar el riesgo que presenta dicho espacio, sin embargo, solo se tomó la parte que analiza la vulnerabilidad, específicamente la de lugares poblados en donde se utiliza la matriz de análisis GR-4 que contempla diferentes indicadores para poder conocer al territorio local y cómo se comporta ante la presencia de una amenaza.

3.1.1.2. Método cualitativo:

Ya que mucha de la información geográfica se tiene en diferentes parámetros o medidas, la integración es difícil de realizar, por lo tanto se condensa la información en cinco clasificaciones cualitativas (muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto), además, se realizó un análisis multicriterio tomando en cuenta la importancia de cada uno de los factores y subfactores según expertos locales que tengan experiencia en el tema de incendios forestales, lo que da como resultado un análisis más consistente y adecuado para la realidad del municipio de Santa María Chiquimula.

⁹ Véase en el apartado de la amenaza meteorológica el cambio de los parámetros climáticos en las páginas 27 y 28; además dentro del análisis de resultados en el apartado de la amenaza histórica se crearon diferentes parámetros como se observan en las páginas 68, 70 y 71.

3.1.2. Secuencia temporal

Los métodos se realizaron de manera secuencial ya que al analizar los datos geoespaciales se reclasifico la información y luego de tener los datos clasificados del análisis cuantitativo se procedió a multiplicar según el grado de importancia que los expertos en el tema le dieron desde un enfoque cualitativo, combinando el método cualitativo con el cuantitativo.

3.1.3. Importancia de los métodos.

El método cuantitativo es de importancia superior ya que por medio del análisis geoespacial se llega a los productos deseados y el método cualitativo nos permite ponderar la información adquirida.

3.1.4. Estrategia utilizada

Al momento de utilizar los métodos son complementarios ya que el método cuantitativo se sustenta en información adquirida y validada por medio de rangos cualitativos.

3.1.5. Pasos del trabajo de campo.

3.1.5.1. Recolección de datos

Para la recolección de datos se necesitó de datos actualizados, por lo tanto, se realizó una búsqueda exhaustiva dentro de las entidades gubernamentales y no gubernamentales para poder utilizarlos y mejorar el análisis. A continuación, se detalla los datos iniciales que se necesitaron y en donde fue posible encontrarlos:

Tabla 1. Recolección de datos.

TABLA DE DATOS.			
Información.	Tipo de archivo.	Para que se usó.	En donde se consiguió.
Mapa de centros poblados.	SHP	Para la ubicación espacial de centros poblados urbanos y rurales.	SEGEPLAN CUNOC-USAC
Mapa de división política por departamentos.	SHP	Extracción del departamento de Tonicapán.	SEGEPLAN CUNOC-USAC
Mapa de división por municipios.	SHP	Extracción del municipio de Santa María Chiquimula	SEGEPLAN CUNOC-USAC

TABLA DE DATOS.			
Información.	Tipo de archivo.	Para que se usó.	En donde se consiguió.
Mapa del municipio de Santa María Chiquimula con división por aldeas.	SHP	Análisis de amenaza, vulnerabilidad y riesgo a incendios forestales según cada aldea.	Municipalidad de Santa María Chiquimula, Totonicapán. ONG's.
Mapa de cobertura vegetal y uso de la tierra.	SHP	Extracción de los cultivos de ciclo corto (maíz) y crear el mapa de tipos de combustibles.	MAGA. DIGEGR. (Dirección de información Geográfica, Estrategia y Gestión de Riesgos)
Mapa de caminos.	SHP	Ubicación de caminos de todo tipo (asfaltado, terracería, comunal, etc.) que existen en el lugar.	CIV. (Ministerio de Comunicación, infraestructura y vivienda) SEGEPLAN. CUNOC-USAC.
Datos de estaciones meteorológicas dentro o aledañas al departamento de Totonicapán.	XLS	Para la interpolación de los datos meteorológicos, exponiéndose las áreas según el grado de precipitación y temperatura de todo el departamento de Totonicapán.	INSIVUMEH. INDE.
Curvas de nivel de Guatemala.	SHP	Creación del modelo digital del terreno MDT.	MAGA. CUNOC-USAC.
Base de datos de incendios forestales.	XLS.	Ubicación espacial de los incendios forestales desde 2001 al 2015.	INAB. CONAP. SIPECIF. INE.
Base de datos cantidad de población en el municipio de Santa María Chiquimula.	XLS.	Cantidad de personas que habitan en cada aldea y lugar poblado, ordenado según la división del municipio.	INE. Centro de Salud, de Santa María Chiquimula.
Base de datos de la matriz modificada GR-4 vulnerabilidad por lugar poblado.	XLS	Para la creación de los mapas de vulnerabilidad físico estructural, social, de servicios, cultural e ideológica, político institucional y educativa.	Elaboración propia.

Fuente: elaboración propia.

3.1.5.2. Elaboración del mapa de amenaza a incendios forestales.

a. Análisis del factor antrópico.

Paso 1: Mapa de centros poblados.

- ✓ De la capa de municipios se extrajo a el municipio de Santa María Chiquimula (perteneciente al departamento de Totonicapán)
- ✓ Por medio de la selección por localización se seleccionaron los centros poblados que existen en el municipio de Santa María Chiquimula.
- ✓ A través de la herramienta Euclidian Distance se escogió los centros poblados en Santa María Chiquimula, cuidando que el tamaño de la celda de salida sea de 25 m, para que pueda combinarse con los siguientes mapas.
- ✓ El resultado final, son los niveles de movilidad que se interpretan como zonas de mayor actividad humana el cual esta generado en ráster y fue guardado dentro de una geodatabase creada para este estudio.

Paso 2: Mapa de cultivos de ciclo corto (Maíz)

- ✓ Con la selección por atributos se buscó dentro de la capa de cobertura vegetal los cultivos anuales (Granos básicos) y se creó una nueva capa con estos datos.
- ✓ Por medio de la selección por localización se extrajeron los datos de cultivos anuales que están dentro municipio de Santa María Chiquimula y se constituyó como una nueva capa.
- ✓ La herramienta Euclidian Distance, fue usada para crear rangos de distancias, al tamaño de la celda de salida 25 m. para que pueda ser compatible con los centros poblados.
- ✓ El resultado final, es la capa de distancias que hay entre los cultivos anuales y las masas forestales presentes en Santa María Chiquimula, el cual esta generado en ráster y se guardó dentro de una geodatabase.

Paso 3: Mapa de Caminos.

- ✓ Por medio de la selección por localización se extrajeron los caminos que existen en el municipio de Santa María Chiquimula.
- ✓ Se utilizó la herramienta Euclidian Distance para crear un ráster de distancias con el tamaño de la celda de salida 25 m.
- ✓ El resultado son los niveles de movilidad que se interpretan como zonas de mayor actividad humana el cual esta generado en ráster y fue guardado dentro de una geodatabase.

Paso 4: Unión de los sub-factores.

Con la calculadora ráster se procedió a seleccionar los datos anteriormente realizados (ráster de poblados, cultivos y caminos) para sumarlos. La herramienta Reclassify fue usada para crear nuevos valores (new values) con el ráster de la suma anterior y se agruparon según la tabla 2.

Tabla 2. Categoría de factores antrópicos

Categorías y calificación de factores antrópicos		
Distancia en metros	Categoría de amenaza	Calificación
0 – 500	Muy alta	5
500 – 1000	Alta	4
1000 – 1500	Moderada	3
1500 – 2000	Baja	2
Más de 2000	Muy baja	1

Fuente: (IDEAM, 2011)

El resultado es el mapa del factor antrópico que muestra la categoría de amenaza según las distancias que tienen los diferentes sub-factores (poblados, cultivos y caminos) que se interpretan como lugares como mayor incidencia de actividades humanas.

b. Factor meteorológico.

Paso 1: Orden de datos meteorológicos.

Algunas estaciones meteorológicas carecen de datos por temporadas debido a diferentes factores, por lo que los datos faltantes se rellenan a base de una correlación con ayuda del programa Excel, luego se ordenan para poder ser usados desde ArcMap 10.2.

Los datos que lleva la tabla son: coordenadas geográficas (X, Y), nombre de estación meteorológica, datos generales de muestra (año, mes) y los datos meteorológicos (precipitación, temperatura).

Paso 2. Mapa de precipitación.

- ✓ Con la opción Add XY Data del programa ArcMap 10.2, se definió la proyección en GTM y se exportaron como shapefile.
- ✓ Se utilizaron las herramientas histogram y Trend Analysis para procesar el shape de puntos y se seleccionó el atributo en donde se encontraba la precipitación.
- ✓ En la herramienta Kriging, se seleccionó el atributo en donde se encontraba la precipitación, el tipo de análisis fue ordinario (type “ordinary”), en transmisión de tipo se utilizó la opción logarítmica de segundo orden.
- ✓ En la opción Model #1 se seleccionó por el tipo de datos esférica y la anisotropía fue verdadera porque no se forma en orden circular los datos.
- ✓ Se exportó el Kriging que representa la interpolación de las estaciones meteorológicas cerca o dentro de Tonicapán y se guardó con formato ráster.

- ✓ Con el municipio de Santa María Chiquimula se extrajo la zona de estudio por medio de una máscara del lugar, El resultado es la variación de la precipitación dentro del municipio de estudio.

Paso 3: Mapa de temperatura

En el mapa de temperatura se realizaron los mismos pasos que se llevaron a cabo en la precipitación, primero se observaron las características del histograma y su variación, luego se realizó una interpolación de datos con el método Kriging y finalmente se extrajeron los datos del municipio. El resultado fue la variación de la temperatura dentro de Santa María Chiquimula expresado en formato ráster.

Paso 4: Reclasificación de los datos.

Ninguna estación meteorológica está situada en Santa María Chiquimula, la información disponible en las entidades públicas y privadas son en sitios aledaños¹⁰; debido a la falta de información se utilizó la técnica de interpolación Kriging, lo que generó datos de precipitación y temperatura en los meses afectados por los incendios, luego se extrajeron los datos que se necesitan para Santa María Chiquimula. Los valores se normalizaron con la ecuación de la lógica difusa (fuzzy) expresada de la siguiente manera:

$$Factor\ normalizador = \frac{x - Min}{Max - Min}$$

Donde:

X, valor que adquiere puntualmente en el espacio el factor.

Min, Valor mínimo del factor en toda el área de estudio.

Max, Valor máximo presentado por el factor en toda el área de estudio.

La fórmula lógica difusa es un método empleado para categorizar la información en intervalos que la metodología del IDEAM define según el nivel de amenaza o vulnerabilidad que van de 1 a 5, además estos datos sirven para valorizarlos posteriormente, por esta razón en la investigación es usada en múltiples ocasiones.

En el anexo 7.4.2.1 y 7.4.2.2 se muestra ampliamente el proceso de la fórmula fuzzy para crear las categorías de las tablas 3 y 4, en donde se obtuvieron los siguientes parámetros que fueron utilizados para los mapas de cada una de los sub factores:

¹⁰ En el capítulo IV de análisis y resultados en el apartado de amenaza meteorológica se muestra la tabla 15, en donde se observa la procedencia de los datos con los que se trabajaron.

Tabla 3. Categorías y calificación de precipitación.

Categorías y calificación de precipitación		
Precipitación Media (mm)	Categoría de amenaza	Calificación
Más de 350.90	Muy baja	1
350.90 - 326.23	baja	2
326.23 - 301.55	Moderada	3
301.55 - 276.88	Alta	4
Menos de 276.88	Muy alta	5

Fuente: Elaboración propia con datos del INSIVUMEH e INDE.

Tabla 4. Categorías y calificación de temperatura.

Categorías y calificación temperatura.		
Temperatura Media (C°)	Categoría de amenaza	Calificación
Menos de 15.71	Muy baja	1
15.71- 16.29	baja	2
16.29 - 16.87	Moderada	3
16.87 - 17.46	Alta	4
Mas de 17.46	Muy alta	5

Fuente: Elaboración propia con datos del INSIVUMEH e INDE.

- ✓ Con la herramienta Raster Calculator se seleccionaron los datos anteriormente obtenidos (ráster de temperatura y precipitación) y se suman, el resultado se reclasificó (herramienta Reclassify) en cinco categorías para facilitar el análisis.
- ✓ El producto final fue el mapa del factor meteorológico que contempla los lugares en donde la precipitación es muy baja y la temperatura muy alta, lo que genera facilidad de ignición en el ambiente.

c. Factor topográfico

Paso 1: Creación del modelo digital de terreno

- ✓ Se utilizaron las curvas de nivel con distancias de 50 metros entre cada una y la capa del municipio de Santa María Chiquimula, por medio de la selección por localización se extrajeron las curvas de nivel que existen en el lugar
- ✓ Con las curvas de nivel existentes en el municipio de Santa María Chiquimula se crearon las redes irregulares de triángulos (TIN) y se pasó a formato ráster.
- ✓ El resultado final fue el modelo digital del terreno (MDT) del municipio de Santa María Chiquimula.

Paso 2. Creación de mapas de pendiente y orientación.

Para conocer la pendiente del lugar se utilizó la herramienta Slope, se seleccionó el MDT de Santa María Chiquimula, el resultado fue expresado en grados (degree). Se reclasificó (herramienta Reclassify), y se crearon nuevos valores (new values) según el siguiente cuadro:

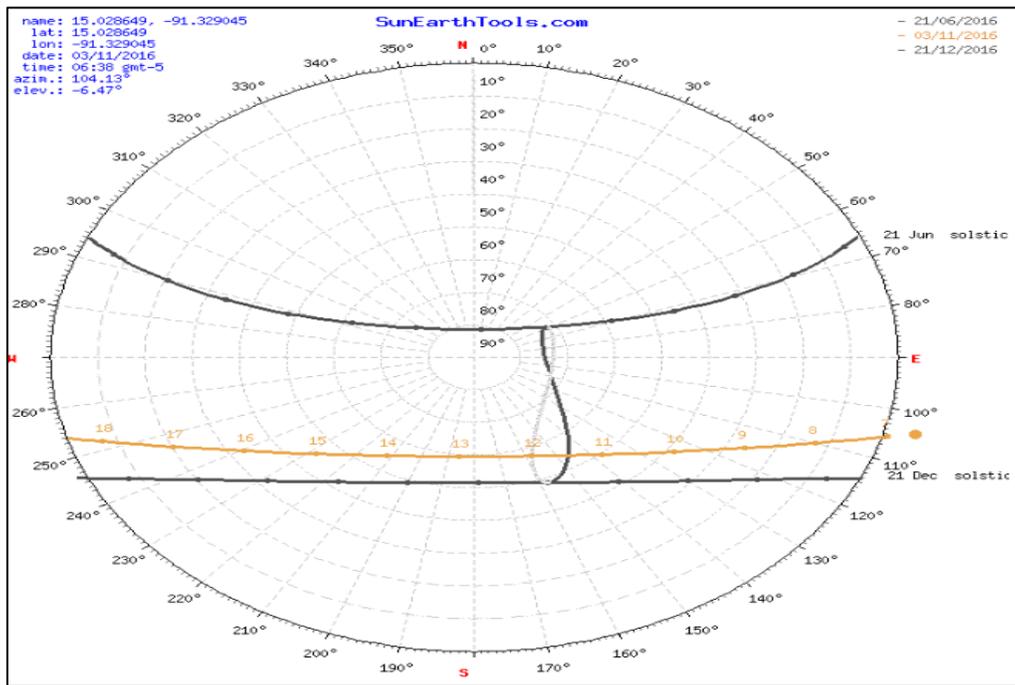
Tabla 5. Categorías de pendiente

Categorías y calificación pendiente		
Pendiente Media (%)	Categoría de amenaza	Calificación
0 – 7	Muy baja	1
7 – 12	Baja	1
12 – 25	Moderada	2
25 – 75	Alta	3
Mas de 75	Muy alta	4

Fuente: (IDEAM, 2011)

Para calcular la orientación se utilizó la herramienta Aspect en el MDT de Santa María Chiquimula, lo que dió como resultado los grados con respecto al norte; los valores se reclasificaron dependiendo de la amenaza que representa el ángulo con respecto al sol según lo muestra la gráfica siguiente:

Gráfica 1. Orientación del sol respecto al municipio de Santa María Chiquimula



Fuente: (SunEarthTools.com , 2016)

Las coordenadas en el lado izquierdo de la gráfica 1 corresponden al centro del municipio y el círculo abarca el área de estudio; el recorrido que tiene el sol se visualiza por medio de la línea color amarillo la cual está dividida según las horas del día, además las líneas negras paralelas al recorrido del sol son los cambios que pueden existir en el equinoccio y solsticio en un año. A base de la información anterior se realizó la tabla 6 en donde las categorías con mayor amenaza son las que tienen más horas de exposición al sol según el grado azimut de la gráfica anterior.

Tabla 6. Categorías de orientación

Categorías y calificación orientación			
Grados en azimut	Puntos cardinales	Categoría de amenaza	Calificación
0 – 22.5	Norte	Baja	1
22.5 – 67.5	Noreste	Alta	4
67.5 – 112.5	Este	Muy alta	5
112.5 – 157.5	Sureste	Media	3
157.5 – 202.5	Sur	Baja	1
202.5 – 247.5	Suroeste	Media	3
247.5 – 292.5	Oeste	Muy alta	5
292.5 – 337.5	Noroeste	Alta	4
337.5 – 360.0	Norte	Baja	2
-1	Zonas llanas	Baja	1

Fuente: Elaboración propia con datos de (SunEarthTools.com, 2016).

- ✓ Los resultados finales de pendiente y orientación fueron expresados en formato ráster y se guardaron dentro de una geodatabase previamente creada.

Paso 3: Creación del mapa del factor topográfico

- ✓ Con calculadora ráster (Raster Calculator) se seleccionaron los ráster anteriormente realizados (pendiente y orientación) para sumarlos.
- ✓ Se reclasifico (herramienta Reclassify), creando cinco categorías para un mejor análisis. El resultado es el mapa del factor topográfico que unifico la amenaza de la pendiente y la cantidad de exposición al sol según la orientación.

d. Factor de combustible.

Paso 1: Generación del mapa de tipo de combustible

- ✓ Los datos expresados en ráster de cobertura vegetal y uso de la tierra que son del municipio de Santa María Chiquimula se extrajeron por medio de una máscara (Mask) y se reclasificaron (Reclassify), cambiándole el nombre como tipo de combustible predominante o TCPD, los valores fueron basados en las tablas siguientes:

Tabla 7. Combustibles predominantes

Tipo de combustible predominante.			
Tipo de cobertura	Sub-tipo	Cobertura	Tipo de combustible predominante
Territorio artificial	Zonas urbanas, minas, construcción, zonas verdes artificiales no agrícolas, industria, comercios y redes de comunicación.	Tejido urbano, extracción minera, instalaciones deportivas, comercios, servicios, áreas recreativas, cementerios.	Ninguno.

Tipo de combustible predominante.			
Tipo de cobertura	Sub-tipo	Cobertura	Tipo de combustible predominante
Territorios agrícolas.	Cultivos anuales.	Granos básicos (maíz y frijol).	Pastos/hierbas.
	Pastos.	Pasto natural.	Pastos/hierbas.
Bosques y medios seminaturales	Bosques.	Bosque de coníferas.	Árboles.
		Bosque mixto.	Árboles y arbustos
	Otras tierras forestales.	Plantación de conífera.	Árboles.
		Árboles dispersos.	Árboles y arbustos.
Medios con vegetación arbustiva y/o herbácea.	Vegetación arbustiva baja (matorral y /o guamil).	Hierbas y arbustos.	

Fuente: Elaboración propia a base de la metodología (IDEAM, 2011).

Tabla 8. Categorías de tipo de combustibles

Categoría y calificación de duración del combustible		
Tipo de combustible	Categoría de Amenaza	Calificación
Ninguna	Muy Baja	1
Árboles	Baja	2
Árboles y arbustos	Moderada	3
Hierbas y arbustos	Alta	4
Pastos/hierbas	Muy alta	5

Fuente: (IDEAM, 2011)

Paso 2: Generación del mapa de duración del combustible

- ✓ La cobertura vegetal y uso de la tierra del municipio de Santa María Chiquimula, fue reclasificado por segunda vez, cambiándole el nombre como duración del combustible o DDC. Los nuevos valores fueron basados en las tablas siguientes:

Tabla 9. Duración del combustible

Tabla de duración del combustible			
Tipo de cobertura	Sub-tipo	Cobertura	Duración del combustible
Territorio artificial	Zonas urbanas, minas, construcción, zonas verdes artificiales no agrícolas, zonas industriales, comercios y redes de comunicación.	Tejido urbano, extracción minera, instalaciones deportivas, comercios, servicios, áreas recreativas, cementerios.	Ninguno
Territorios agrícolas	Cultivos anuales	Granos básicos (maíz y frijol)	10 horas
	Pastos	Pasto natural	1 hora
	Zonas agrícolas heterogéneas	Mosaico de cultivos	1 hora

Tabla de duración del combustible			
Tipo de cobertura	Sub-tipo	Cobertura	Duración del combustible
Bosques y medios seminaturales	Bosques	Bosque de coníferas	100 horas
		Bosque mixto	100 horas
	Otras tierras forestales	Plantación de conífera	100 horas
		Árboles dispersos	100 horas
	Medios con vegetación arbustiva y/o herbácea	Vegetación arbustiva baja (matorral y/o guamil)	10 horas

Fuente: Elaboración propia a base de la metodología (IDEAM, 2011).

Tabla 10. Categorías de duración del combustible.

Categorías y calificación de duración del combustible		
Duración de combustible	Categoría de Amenaza	Calificación
Ninguna	Muy Baja	1
100 horas (predominio de árboles)	Baja	2
10 horas (Predominio de hiervas)	Moderada	3
1 hora (predominio de pastos)	Alta	4

Fuente: (IDEAM, 2011)

Paso 3: Generación del mapa de carga de combustible.

- ✓ La reclasificación de los atributos de la cobertura vegetal y uso de la tierra del municipio de Santa María Chiquimula fue realizada por tercera vez, cambiándole el nombre como carga total de combustible o CTC. Los nuevos valores fueron basados en las tablas siguientes:

Tabla 11. Carga total (biomasa) de combustibles

Tabla de Carga total (biomasa) de Combustibles			
Tipo de cobertura	Sub-tipo	Cobertura	Carga de Combustibles
Territorio artificial	Zonas urbanas, minas, construcción, zonas verdes artificiales no agrícolas, zonas industriales, comercios y redes de comunicación.	Tejido urbano, extracción minera, instalaciones deportivas, comercios, servicios, áreas recreativas, cementerios.	Ninguno
Territorios agrícolas	Cultivos anuales	Granos básicos	Moderada
	Pastos	Pasto natural	Baja
	Zonas agrícolas heterogéneas	Mosaico de cultivos	Baja

Tabla de Carga total (biomasa) de Combustibles			
Tipo de cobertura	Sub-tipo	Cobertura	Carga de Combustibles
Bosques y medios seminaturales	Bosques	Bosque de coníferas	Muy alta
		Bosque mixto	Muy alta
	Otras tierras forestales	Plantación de conífera	Muy alta
		Árboles dispersos	Moderada
Medios con vegetación arbustiva y/o herbácea	Vegetación arbustiva baja	Moderada	

Fuente: Elaboración propia a base de la metodología (IDEAM, 2011).

Tabla 12. Categorías de carga total de combustibles.

Categorías y calificación de carga total de combustible		
Tipo de carga de combustible	Categoría de Amenaza	Calificación
Ninguna	Muy Baja	1
Baja (1-50 Ton/Ha)	Baja	2
Moderada (50 a 100 Ton/Ha)	Moderada	3
Muy Alta (más de 100 Ton/Ha)	Alta	4

Fuente: (IDEAM, 2011)

Paso 4: Generación del mapa de factor de combustible.

- ✓ Con la herramienta Raster Calculator, se sumaron los tres ráster creados anteriormente (TCPD, DDC y CTC). y se reclasificaron en cinco categorías con la herramienta Reclassify.
- ✓ El resultado fue el mapa del factor de combustible que unifica los tres análisis sobre el comportamiento de la cobertura vegetal al momento de haber un incendio forestal.

e. Factor histórico.

Paso 1: Orden de datos

La base de datos de incendios forestales contiene la información de todo el país por lo que se extrajeron solamente los del municipio de Santa María Chiquimula; con ayuda del programa de Excel fueron ordenadas las coordenadas geográficas (X, Y) y los demás atributos incluidos en la boleta del SIPECIF (lugar, hora, dirección del viento, etc.).

Paso 2: Generación del mapa del factor histórico.

- ✓ Con la herramienta Add XY Data se exportaron los datos como shapefile dentro de la carpeta de trabajo.
- ✓ Las distancias fueron encontradas con la herramienta Euclidian Distance para luego ser reclasificadas (herramienta Reclassify); la razón de este análisis se basa en comprender que entre más alejado está el punto histórico más disminuye la amenaza.

- ✓ Se analizaron las causas de los incendios y fueron clasificadas según la cantidad de hectáreas dañadas, luego se realizó una interpolación con el método IDW para sacar patrones de causas en el municipio.
- ✓ El mismo proceso fue realizado para la cercanía de inicio, en donde se clasificó según las hectáreas dañadas y se crearon patrones de comportamiento por medio del método IDW.
- ✓ Con la información de las distancias a incendios históricos, los patrones de causas y cercanía de inicio fue modelado el mapa del factor histórico, ya que se sumaron estos datos con la calculadora ráster y fue reclasificado en cinco categorías para su posterior análisis.

f. Unión de factores para crear el mapa de amenazas a incendios forestales.

Paso 1: Análisis multicriterio.

Por medio de un grupo de expertos que fueron entrevistados se llenaron las boletas de análisis multicriterio (7.1.1) para obtener los datos sobre la importancia de cada uno de los factores que se han tomado en cuenta en la amenaza y también en la vulnerabilidad con el fin de darles un “valor o peso”.

Paso 2: Peso de cada factor.

La matriz Analytic Hierachy Process (AHP) sirve para analizar los datos de manera ordenada y numérica. Con este proceso se encuentra el peso de cada uno de los factores tanto de la amenaza como de la vulnerabilidad.

Paso 3: Creación del mapa de amenaza a incendios forestales del municipio de Santa María Chiquimula.

Para poder calcular la amenaza se realizó una suma ponderada (Weighted Sum) con los datos ráster realizados (mapa de factor antrópico, factor meteorológico, topográfico, de combustible e histórico); por lo que se multiplicaron cada uno de los factores de la amenaza por el peso de acuerdo con el análisis multicriterio y posteriormente se sumaron, como se muestra en la formula siguiente:

$$\text{Amenaza} = (\text{Factor antrópico (peso)}) + (\text{factor meteorológico (peso)}) + (\text{factor topográfico (peso)}) + (\text{factor de combustible (peso)}) + (\text{histórico (peso)})$$

El resultado fue reclasificado (Reclassify) según cinco categorías, que son ponderada de Muy bajo (rango menor) a muy Alto (rango mayor) considerando las categorías intermedias, bajo, moderado y alto respectivamente; de esta manera se encontró el grado de amenaza a incendios forestales que tiene el municipio de Santa María Chiquimula y su distribución geográfica; así mismo la interacción de los diferentes factores analizados.

3.1.5.3. Elaboración del mapa de vulnerabilidad a incendios forestales.

g. Mapa de vulnerabilidad poblacional.

Se analizó la base de datos de la población en el municipio de Santa María Chiquimula, ordenándose según las aldeas, con estos valores se proyectaron al año 2017; y se clasificaron en cinco categorías dependiendo de la cantidad de pobladores, de esta manera se representan las áreas con más vulnerabilidad por el mayor número de pobladores.

La información anterior creada fue usada para editar la tabla de atributos del municipio de Santa María Chiquimula; para ello se crearon los campos necesarios y se trasladó toda la información de la base de datos.

h. Mapas de la vulnerabilidad físico estructural, social, de servicios, cultural e ideológica, político administrativa y educativa.

Paso 1: Matriz de vulnerabilidad

Por medio de observaciones de campo y diálogos con grupos focales se llenó la matriz modificada de vulnerabilidad a nivel de lugar poblado GR-4. Esta matriz tiene un rango de análisis de 1 a 5.

Tabla 13. Clasificación de vulnerabilidad

Calificación de Vulnerabilidad		
Nivel	Calificación	Color
Muy alto	5	Rojo fuerte
Alto	4	Naranja
Medio	3	Amarillo
Bajo	2	Verde
Muy Bajo	1	Verde Fuerte

Fuente: (SEGEPLAN, 2009)

- ✓ Toda la información se procesó en la tabla para el nivel de vulnerabilidad por lugares poblados utilizando el programa Excel.
- ✓ Los datos fueron analizados promediando los indicadores de cada tipo de vulnerabilidad.

Paso 2: Elaboración de mapas.

- ✓ Por medio del programa ArcGis se editó la tabla de atributos y se crearon los campos necesarios para poder traspasar toda la información de la matriz de vulnerabilidad.
- ✓ Se realizó un mapa diferente por cada una de las vulnerabilidades analizadas, por lo que se obtuvo un total de seis elementos diferentes.

- i. Unión de factores para crear el mapa de vulnerabilidad a incendios forestales

Paso 1: Análisis Multicriterio y peso de cada factor

Al igual que en la unión de la amenaza, primero se efectuó un análisis multicriterio con un grupo de expertos sobre el orden de importancia que tiene la vulnerabilidad. Esta información se traspasó a un análisis de peso que luego sirvió para unir las vulnerabilidades.

Paso 3: Creación del mapa de vulnerabilidad a incendios forestales del municipio de Santa María Chiquimula.

- ✓ Los datos anteriormente realizados (mapa de vulnerabilidad poblacional, físico estructural, social, de servicios, cultural e ideológica, político institucional y educativa) se convirtieron a formato ráster (Polygon to Raster).
- ✓ Se realizó una suma ponderada (Weighted Sum), por lo que se multiplicaron cada uno de las vulnerabilidades por el peso de acuerdo con el análisis multicriterio y posteriormente se sumaron, como se muestra en la formula siguiente:;

Vulnerabilidad = (Vulnerabilidad Poblacional (peso)) + (Vulnerabilidad Fisco estructural (peso)) + (Vulnerabilidad Social (peso)) + (Vulnerabilidad de servicios (peso)) + (Vulnerabilidad Cultural e ideológica (peso)) + (Vulnerabilidad Político institucional (peso)) + (Vulnerabilidad Educativa (peso))

- ✓ Las cinco categorías de muy bajo (rango menor) a muy alto (rango mayo) fueron clasificadas (Reclassify) para poder comprender el grado de vulnerabilidad que tienen las aldeas en Santa María Chiquimula.

3.1.5.4. Creación del mapa de riesgo a incendios forestales.

- ✓ La multiplicación de la vulnerabilidad por amenaza es la que dio como resultado el riesgo, para ello se utilizó la herramienta calculadora ráster (Raster Calculator) y se seleccionaron los datos anteriormente realizados (mapa de amenaza y mapa de vulnerabilidad).

Riesgo = Amenaza a incendios forestales * Vulnerabilidad a incendios forestales.

- ✓ Los datos fueron reclasificados (Reclassify) en cinco categorías, que van de muy bajo (rango menor) a muy alto (rango mayo) considerando las categorías intermedias, bajo, moderado y alto respectivamente.
- ✓ El resultado es el mapa de riesgo en donde se observa la distribución espacial de las zonas en donde los daños pueden ser de gran magnitud para los pobladores, así mismo como los lugares que representan las zonas con mejor cuidado en cada una de las aldeas.

3.2. Dimensión cuantitativa

3.2.1. Definición del método de investigación utilizado

3.2.1.1. Protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal.

El protocolo fue elaborado por el Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales, perteneciente al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible del gobierno de Colombia. Siendo la primera y única versión la del año 2011, se presentó como un manual práctico que pretende analizar la situación de los incendios forestales y de esa manera mejorar el accionar dentro del país, con el fin de crear una base georreferenciada de los lugares en donde se deben concentrar los esfuerzos para la gestión integral de incendios forestales (IDEAM, 2011).

De esta metodología se utilizó la herramienta para la evaluación de amenazas, la de normalización, ponderación, categorización de variables y la evaluación final de riesgo; la dificultad de usar la parte de la vulnerabilidad radica en la cantidad de información previamente diseñada y creada desde un punto de vista cualitativo adaptada a la realidad de Colombia, por esta razón se buscó una metodología que estuviese diseñada y probada en el país.

3.2.1.2. Metodología para el análisis y estimación de riesgo.

Diseñada por la Secretaria de Planificación y Programación de la Presidencia SEGEPLAN, como parte de la caja de herramientas para la elaboración de Planes de Ordenamiento Territorial; se aplica a un nivel participativo para crear un análisis de riesgo a nivel Municipal y/o Lugares Poblados, para la investigación solo se usa la parte de vulnerabilidad, específicamente la parte de análisis de poblados. (SEGEPLAN, 2009).

Dentro de la matriz de vulnerabilidad a nivel de lugar poblado GR-4 se cambiaron algunos elementos y otros se eliminaron para poder darle énfasis a la vulnerabilidad a incendios forestales, por lo que quedaron siete factores fundamentales (poblacional, físico estructural, social, de servicios, cultural e ideológica, político institucional y educativa), agregándose un elemento externo, la vulnerabilidad poblacional como una forma de complementar la información que se desea analizar. La metodología está diseñada para que al final se pueda realizar los mapas de vulnerabilidad, por lo que su uso facilito el análisis geoespacial.

3.2.2. Contexto espacial y temporal de la investigación.

3.2.2.1. Contexto Espacial:

El Municipio de Santa María Chiquimula se encuentra ubicado al Oeste de la cabecera departamental de Totonicapán a 42 kilómetros, de la capital de la república a 225 kilómetros; desde cuatro caminos se llega por la carretera interamericana con desvío y pasa al centro del municipio de San Francisco el Alto, pertenece a la Región VI, su extensión territorial es de 80 Kilómetros cuadrados, siendo uno de los municipios más grandes del departamento. Su cabecera municipal se encuentra a una altura de 2,130 metros sobre el nivel del mar, su latitud de: 15° 01' 45'' norte y su longitud: 91° 19' 49'' oeste. Colinda con los municipios de San Francisco el Alto y Totonicapán en el sur, en el este con San Antonio Ilotenango, al oeste con Momostenango y al norte con Santa Lucia la Reforma.

3.2.2.2. Contexto Temporal:

La investigación se realizó entre los meses de noviembre 2016 a octubre del año 2017 para recolectar y analizar la información requerida.

3.2.2.3. Variables de la investigación:

- a. Clasificación en independientes y dependientes.

Tabla 14. Variables de la investigación

Dependientes e independientes	
Independientes	Dependiente
Amenaza a incendios Forestales con factores: <ul style="list-style-type: none">• Antrópicos• Topográficos,• Meteorológicos,• Combustión• e Históricos	Riesgo a incendios Forestales
Vulnerabilidad a incendios forestales con indicadores: <ul style="list-style-type: none">• Poblacionales• Físicos estructurales• Sociales• Red de Servicios• Cultural e ideológicos• Político-institucionales y• Educativos	

Fuente: elaboración propia

b. Definición conceptual, operativa e instrumental de cada una.

Tabla 15. Conceptos de Variables

Variable	Concepto	Operación	Instrumentos a Utilizar
Amenaza a incendios Forestales	Es la probabilidad de ocurrencia de un incendio forestal, en determinada área de estudio.	Analizar la interacción entre diferentes factores Meteorológicos topográficos, históricos, antrópicos y combustión Que conduzcan a un probable incendio.	Software de ArcGis 10.2. para el análisis geográfico Software de Excel 2016 para análisis de datos estadísticos. Y Cámara fotográfica.
Vulnerabilidad a incendios forestales	Es el sistema de condiciones y procesos resultado de los factores físicos, sociales, políticos, culturales e ideológicos que aumentan o disminuyen la vulnerabilidad a incendios forestales.	Cuantificar a los elementos o factores que se cruzan con la amenaza y la reacción que se tiene dependiendo de los factores: Poblacionales Físico estructural Sociales De servicios Cultural e ideológico Político institucional y Educativo.	Matriz para el análisis de vulnerabilidad a nivel de lugares poblados, Software de ArcGis 10.2. para el análisis geográfico Software de Excel 2016. Cámara fotográfica.

Fuente: elaboración propia

3.2.3. Sujetos

3.2.3.1. Población y muestra.

La muestra para analizar la vulnerabilidad en el municipio fue por medio de grupos focales con líderes que tuvieran una participación activa en el desarrollo del lugar, se buscaron espacios en organizaciones municipales y organizaciones no gubernamentales que aglomeraban a líderes comunales con conocimientos agrícolas, ambientales y forestales.

3.2.4. Fuentes de información.

3.2.4.1. Primarias.

- Grupos focales (alcaldías comunitarias, promotores agrícolas, forestales y de salud)
- Expertos en incendios forestales (personal institucional y municipal)
- Observaciones directas de campo.

3.2.4.2. Secundarias.

- Base de datos de los incendios históricos en Guatemala mediante informes del SIPECIF.
- Base de datos de las estaciones meteorológicas cercanas y dentro del departamento de Totonicapán.
- Shape de Curvas de nivel.
- Shape de cobertura vegetal y uso de la tierra.
- Shape caminos en Guatemala.
- Shape de Centros poblados en Guatemala.

3.2.5. Técnicas de análisis de los datos.

Para obtener la amenaza a incendios forestales se realizó un análisis geográfico con datos que se han generado a lo largo de los años, con ellos se formó una categorización de cinco rangos que varían desde muy baja, baja, moderada, alta y muy alta.

En el caso de la vulnerabilidad se procedió a utilizar la matriz modificada de vulnerabilidad a nivel de lugar poblado GR-4, desarrollada por SEGEPLAN en donde se analizó en un rango de 1 a 5 según sea el caso para cada aldea del municipio, luego se calculó la vulnerabilidad total por aldea.

Se multiplicaron los factores de amenaza e indicadores de vulnerabilidad por la importancia que posee cada uno, esto dependiendo de las observaciones y el conocimiento de los expertos en incendios forestales; al finalizar se calculó el rango de riesgo que presenta el municipio según el análisis geográfico, con ello se delimitaron zonas que necesitan mayor atención al momento de formular acciones preventivas.

Al analizar los diferentes sub-factores de la amenaza se pudo observar cuál de ellos influye más para el surgimiento de los incendios forestales y de esa manera poner especial cuidado a las áreas en donde existen ambientes propicios (temperatura, precipitación, pendiente, orientación, etc.) que necesitan un manejo técnico.

Se encontraron los elementos que influyen en la vulnerabilidad y los indicadores que deben reforzarse en las aldeas del municipio de Santa María Chiquimula para preparar a los habitantes mediante la mejora de la reacción y prevención ante los incendios forestales, además se identificaron las masas forestales que están cercanas a las áreas en donde el riesgo es alto para facilitar la planificación, en el caso de los bomberos forestales y las brigadas comunales se puede utilizar la información para realizar técnicas preventivas como rondas corta fuego, barreras muertas e incluso el plan para monitoreos en época de alta intendencia.

3.3. Dimensión cualitativa:

3.3.1. Categorías de análisis de la investigación.

Se compararon diferentes puntos de vista para proceder a la ponderación que ayuda a la interpretación final de los datos obtenidos en el método cuantitativo; lo que permitió tener un mismo valor que facilitó el análisis.

Categoría	Definición conceptual	Definición Operacional:
Método de agregación mediante análisis. Multicriterio (ponderación de datos)	Análisis multicriterio para unión de factores por medio de boletas a expertos. Manera de ordenar diferente información y catalogarla por medio de una visualización cualitativa que luego se convierte a cuantitativa.	Según la opinión y el análisis multicriterio de cinco expertos en el tema de incendios forestales se pondera cada sub-factor; a base de este análisis se busca tener un índice de importancia el cual se multiplicó con los valores asignados de 1-0, siendo 1 el de mayor importancia.

3.3.2. Características de los informantes

- ✓ Profesionales con experiencia en los temas de incendios forestales dentro del área de Santa María Chiquimula.
- ✓ Trabajadores de organizaciones gubernamentales con cobertura en el municipio de Santa María Chiquimula.
- ✓ Profesionales con experiencia en análisis multicriterio e incendios forestales.

3.3.3. Fuentes de información.

3.3.3.1. Primarias.

Boleta con análisis multicriterio de 5 profesionales.

3.3.4. Técnicas seleccionadas para analizar los datos.

3.3.4.1. Método Analytic Hierachy Process (AHP)¹¹:

Es una matriz que permite hacer una comparación jerarquizada de elementos para poder adecuarse a la realidad, la importancia de este método radica en la facilidad para unificar datos cualitativos y cuantitativos que luego se pueden someter a un análisis numérico y así conocer el valor y el peso que cada uno posee sobre los otros. En el caso de los sub factores se encuentra el valor de cada uno, con estos datos se procede a realizar el análisis final para encontrar la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo a incendios.

¹¹ En el anexo 7.4.3.1 se puede observar los procesos que conlleva la matriz AHP.

CAPITULO IV. ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS DATOS

4.1. Análisis de los datos.

4.1.1. Amenaza

4.1.1.1. Amenaza a incendios forestales por factor antrópico

Tanto los poblados como los caminos existentes se encontraron en la base de datos de SEGEPLAN y las hojas cartográficas del Instituto Geográfico de Guatemala, las dos fuentes fueron comparados para obtener exactitud en cuanto a la ubicación y número de los elementos; el resultado fue utilizado para analizar la facilidad de acceso que tienen los habitantes a las zonas forestales para realizar actividades vinculadas a los incendios; con ello se determinó que el municipio de Santa María Chiquimula está muy amenazado, ya que existen 169 centros poblados y 236.49 kilómetros de camino, que aseguran la afluencia de personas en zonas forestales.

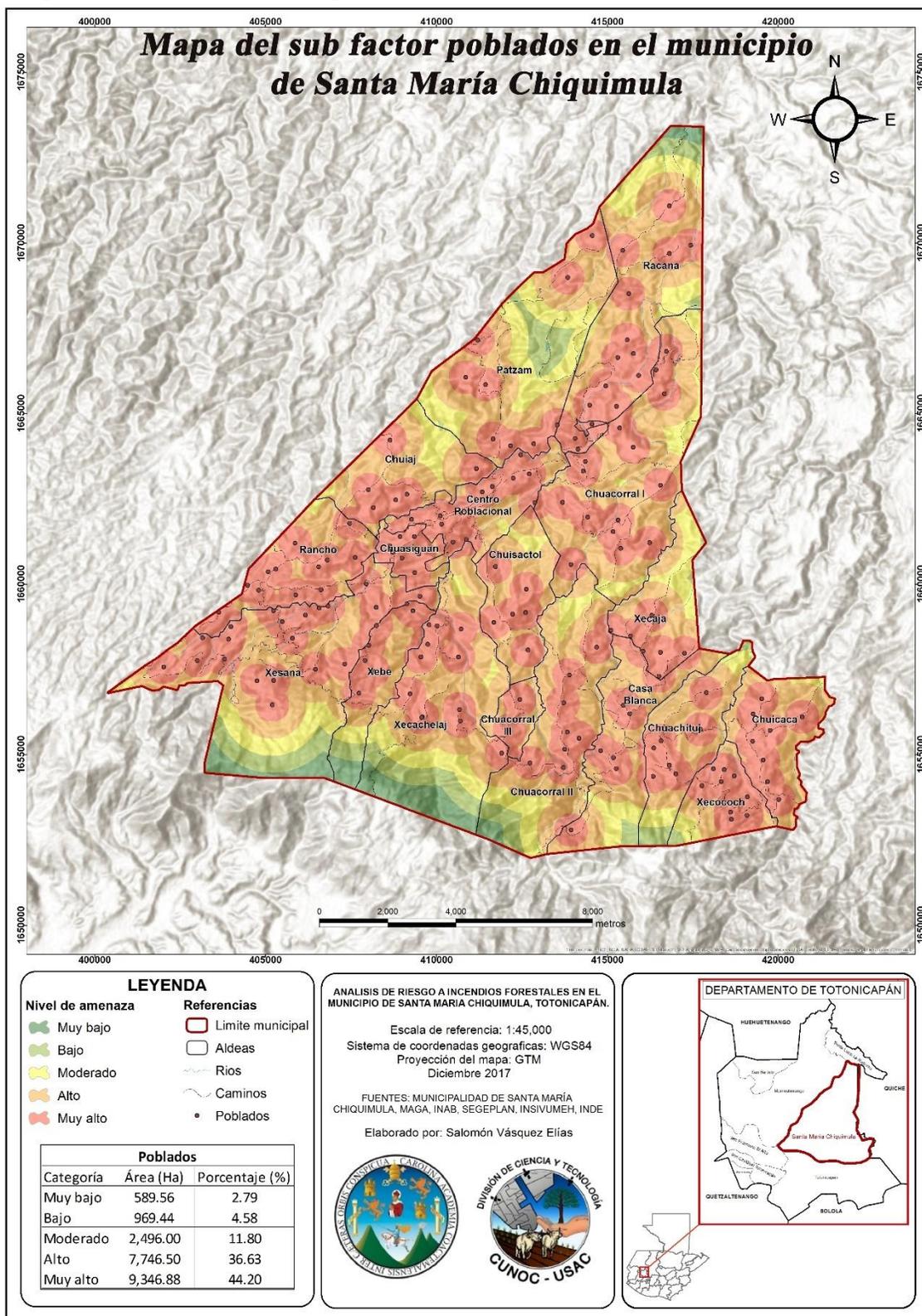
En lo que corresponde al sub-factor de granos básicos, según el mapa de uso actual de la tierra y cobertura vegetal del MAGA, el municipio de Santa María Chiquimula posee 4,190.125 Ha, en donde el uso predominante es de producción para maíz y frijol; esta actividad es importante dentro del análisis ya que un gran número de agricultores tienen la costumbre de realizar quemadas agrícolas con el fin de eliminar los residuos e incorporarlos al suelo, por lo cual la cantidad de incendios vinculados a esta práctica es elevada; en las reuniones con los grupos focales los líderes comunales expresaron preocupación porque no está regulada adecuadamente esta práctica.

En los mapas 1 y 2 se puede observar la existencia de una franja con menos amenaza en la parte sur que pasa por la zona baja de las aldeas Xesana, Xebé, Xecachelaj y Chuacorrall II ya que no hay poblados y tampoco cultivos, por esta razón es probable que existan menos actividades que propicien los incendios forestales como lo es la apicultura, los basureros, sitios turísticos, etc.; además por ser un lugar sin zonas agrícolas la quema de rastrojos será nula lo que disminuye la probabilidad de incendios accidentales.

Aunque con algunas variaciones el patrón se repite en el mapa 3, exceptuando la aldea Xecachelaj por un camino alternativo que viene de la cabecera departamental con uso recurrente. Las zonas con amenazas significativas¹² representan los lugares en donde existe gran cantidad de personas transitando, por tal razón pueden causarse incendios intencionados o accidentales; en cambio en las zonas con amenazas bajas los pobladores tienen más dificultad de acceso lo que crea áreas seguras en donde el ambiente no es modificado fácilmente.

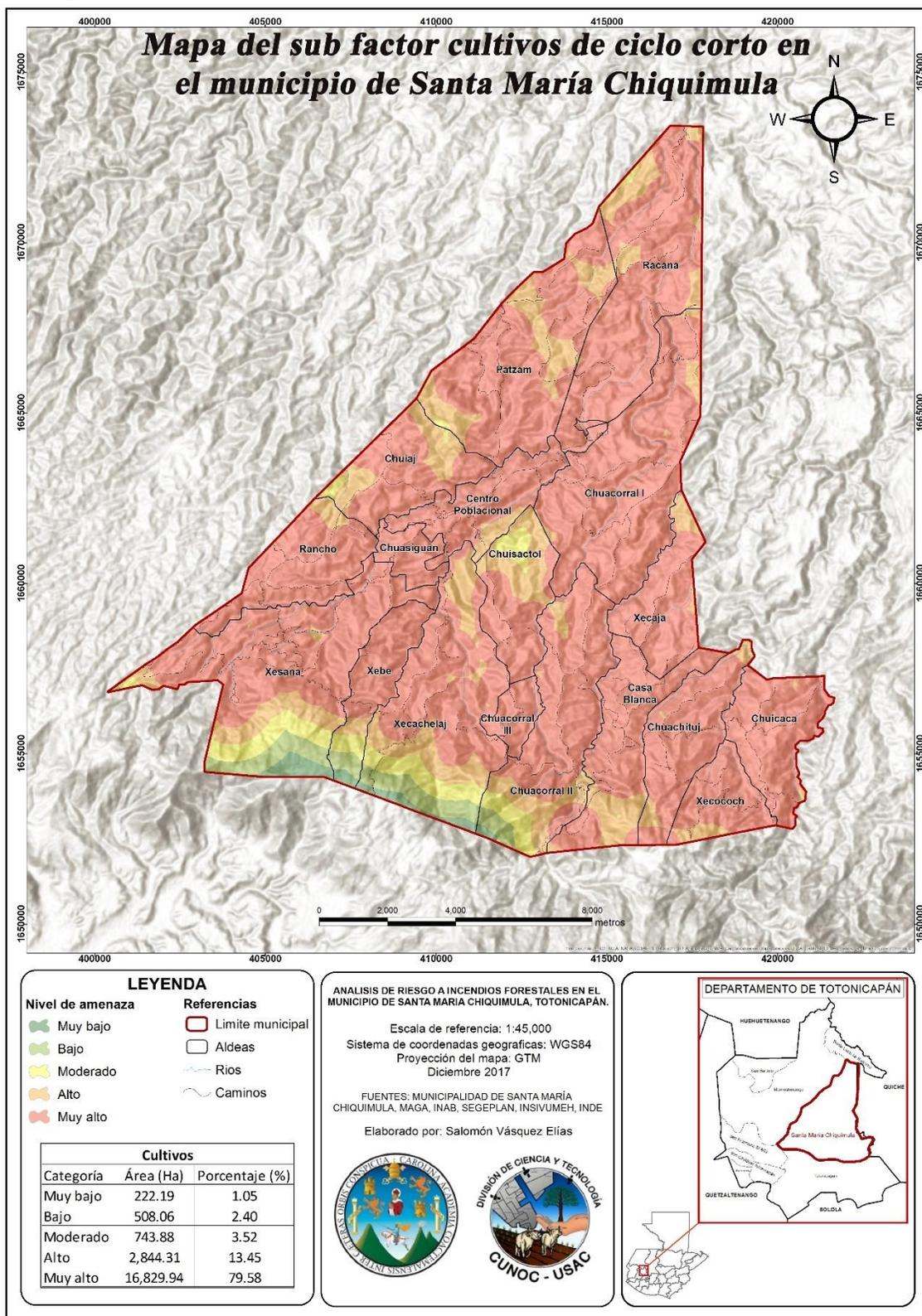
¹² Para este estudio entiéndase amenazas significativas como el conjunto de los niveles, moderado, alto y muy alto.

Mapa 1. Sub factor de centros poblados.



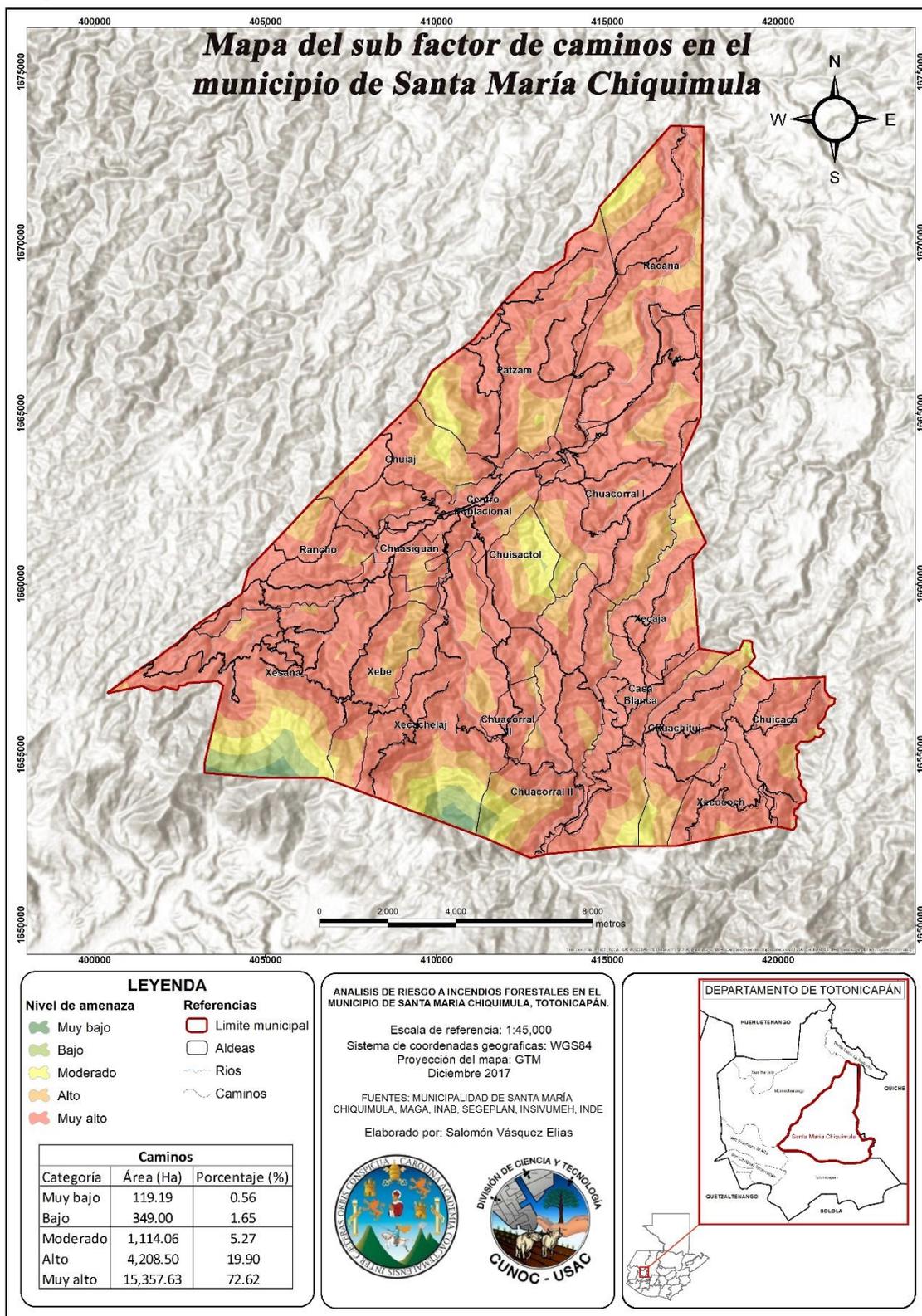
Fuente: Elaboración propia.

Mapa 2. Sub factor de cultivos.



Fuente: Elaboración propia.

Mapa 3. Sub factor de caminos.

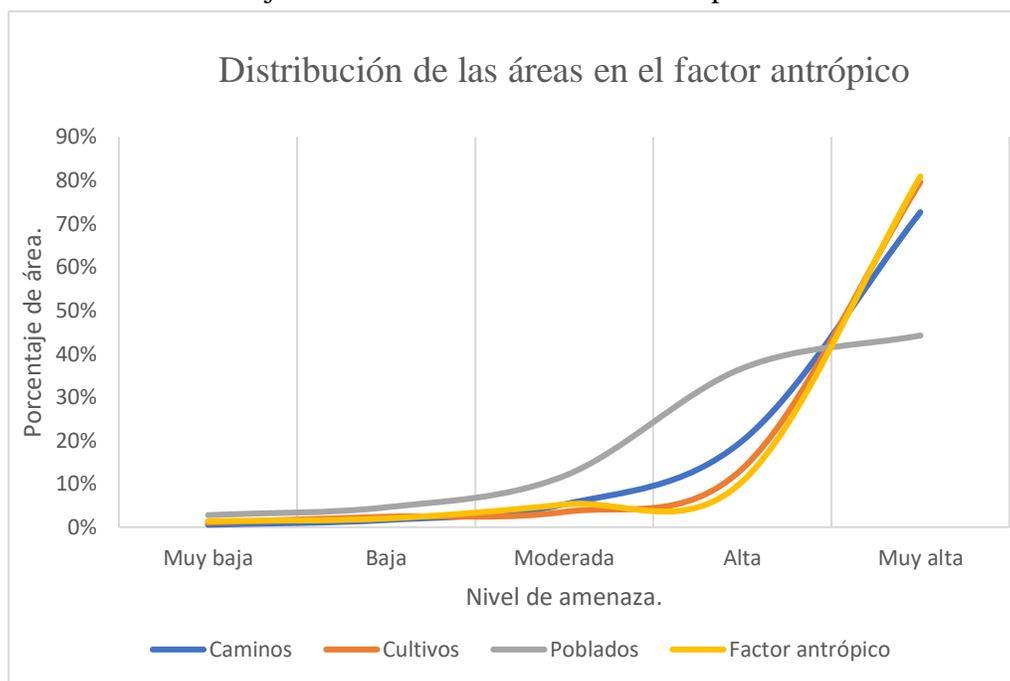


Fuente: Elaboración propia.

En el mapa 4 del factor antrópico se puede apreciar que el municipio tiene una amenaza muy alta en casi todo el territorio, por la facilidad de movilización y distribución de parte de los habitantes, lo que deja en claro que el lugar puede ser propenso a incendios accidentales o intencionados ya que son espacios recorridos habitualmente.

Es necesario destacar que el mapa 4 muestra que las aldeas Chuasiguan, Chuicaca, Rancho, Centro poblacional, Chuacorrall III y I tienen todo su territorio con amenaza muy alta y que la mayoría de aldeas solo presentan pequeñas variaciones entre amenazas significativas, esto toma mucha importancia al observar que históricamente los incendios son relacionados a una actividad humana, por lo que estas zonas son consideradas detonantes de los incendios forestales. El único espacio de poca amenaza es la franja en la parte sur descrita anteriormente, la cual se mantiene, salvo por algunas variaciones en su tamaño que disminuye si se compara con los mapas anteriores.

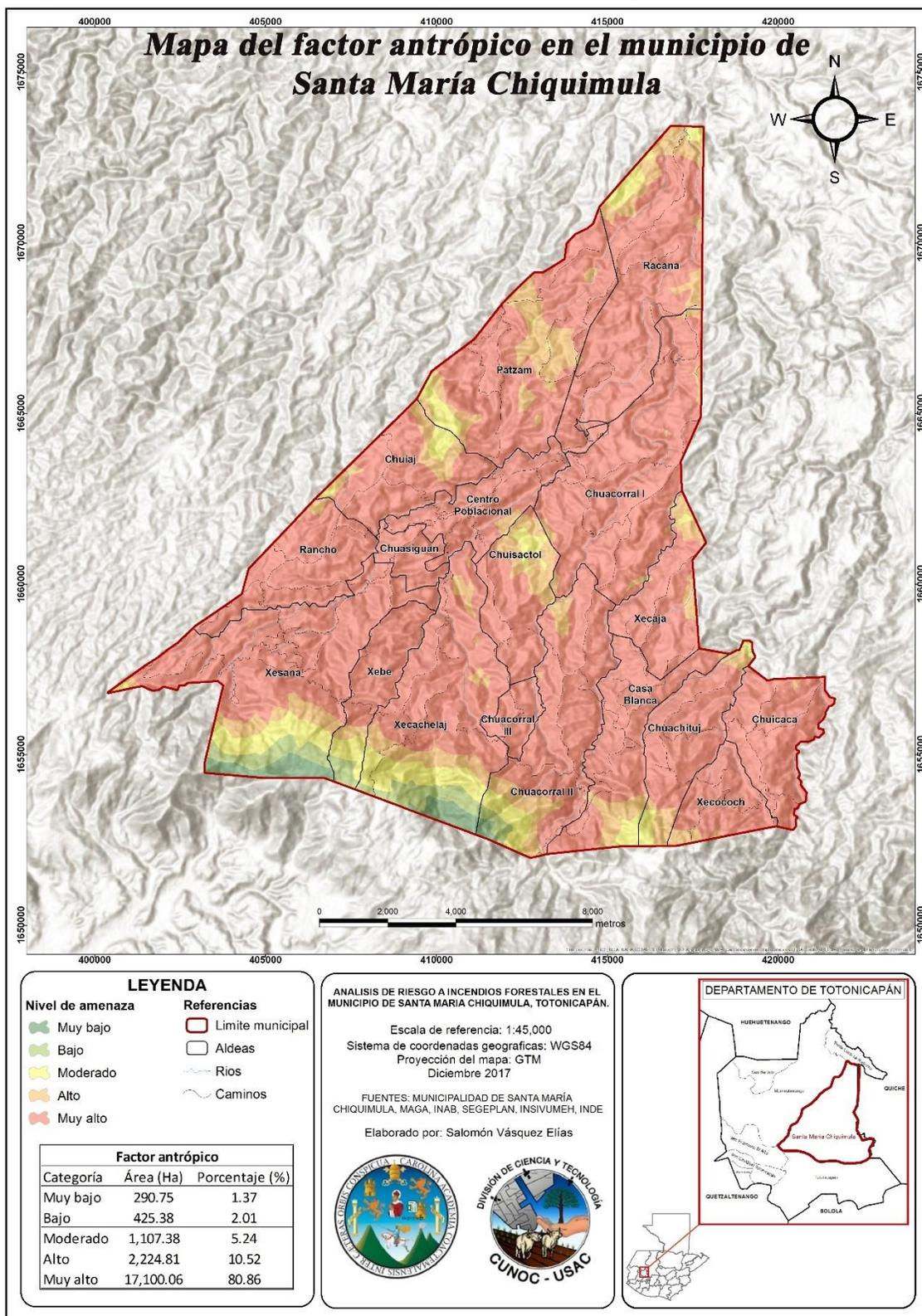
Gráfica 2. Porcentaje de distribución en el factor antrópico



Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica 2 se comparan los porcentajes de cada uno de los sub factores con el resultado final, lo que demuestra que la amenaza relacionada a actividades agrícolas presenta un comportamiento similar al factor antrópico lo cual indica que este elemento es influyente. Aunque existe una gran cantidad de poblados, este sub-factor posee menos territorio en amenaza alta y muy alta, la razón es que su distribución no es homogénea en el municipio, sino que están conectados entre ellos dejando espacios vacíos en el análisis.

Mapa 4. Amenaza a incendios forestales por el factor antrópico.



Fuente: Elaboración propia.

4.1.1.2. Amenaza a incendios forestales por el factor meteorológico.

Se contó con información de ocho estaciones meteorológicas, cuatro estaciones climáticas del Instituto Nacional de Sismología, Meteorología e Hidrología (2017), ubicadas cerca del departamento de Totonicapán y cuatro estaciones del Instituto Nacional de Electrificación (2017), ubicadas dentro del departamento.

Tabla 16. Estaciones utilizadas en el análisis meteorológico.

Estaciones	Departamento	Municipio	Fuente
Chinique	Quiche	Chinique	INSIVUMEH
El Tablón	Sololá	San Lucas Tolimán	INSIVUMEH
Huehuetenango	Huehuetenango	Huehuetenango	INSIVUMEH
Labor Ovalle	Quetzaltenango	Olintepeque	INSIVUMEH
Cuatro Caminos	Totonicapán	San Cristóbal Totonicapán	INDE
Tierra Blanca	Totonicapán	San Bartolo	INDE
Totonicapán	Totonicapán	Totonicapán	INDE
Xequemeyá	Totonicapán	Momostenango	INDE

Fuente: Elaboración propia.

Según los registros analizados, aparecen meses en los que no existen datos de la temperatura media, esto se debe a diferentes situaciones; para llenar los vacíos se procedió a utilizar la “estimación de temperatura media mensual mediante el modelo de regresión del INSIVUMEH (2017)”¹³, mientras que los datos de precipitación están completos en los meses analizados por lo que no se cambió ninguna información.

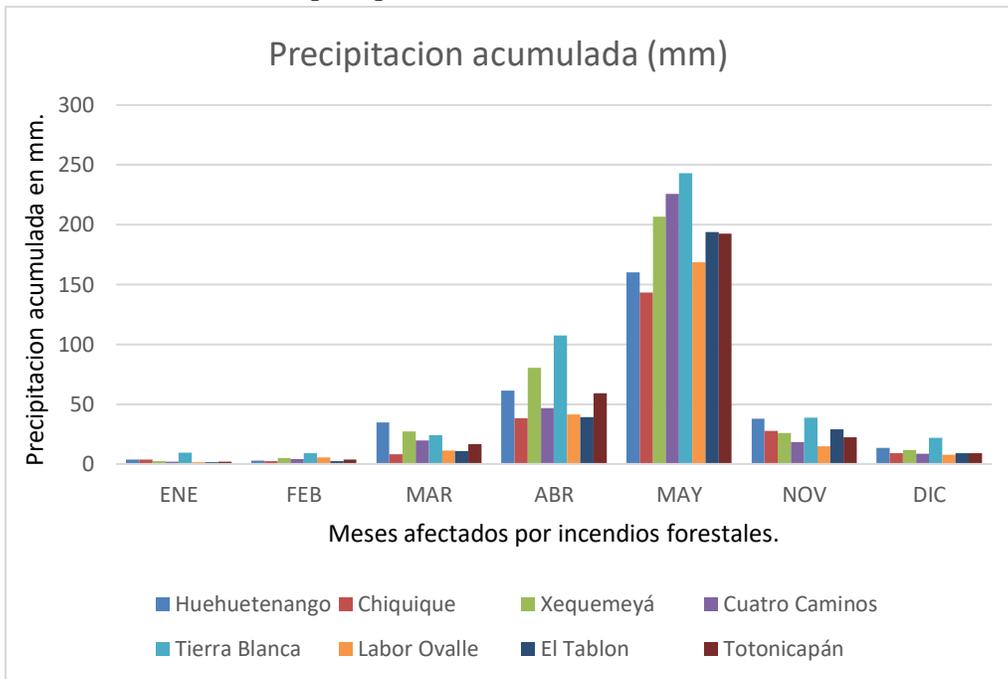
Se excluyeron los meses que no tienen incidencia a incendios forestales para un análisis adecuado a la temporada en donde se suscita el fenómeno¹⁴; en la gráfica 3 y 4 se muestran las variaciones de los dos sub-factores (temperatura media y precipitación acumulada) en los meses afectados; y se observa que los primeros cuatro meses del año presentan bajas cantidades de precipitación, exceptuando a mayo que culmina con el ciclo de incendios, pero nuevamente baja drásticamente en los dos últimos meses del año; en el caso de la temperatura es más constante, sin embargo, se eleva en los meses de marzo, abril y mayo, siendo una ventana de tiempo propicia para los incendios forestales según datos históricos¹⁵.

¹³ INSIVUMEH. 2017. Estimación de temperatura media mensual mediante el modelo de regresión. INSIVUMEH, Guatemala.

¹⁴ Según informe del SIGMA-I, pagina 7, se puede interpretar que cada año la temporada de incendios inicia el mes de enero el pico más alto a nivel nacional se obtiene en el mes de abril y decae rápidamente en mayo, reinstaurándose en los meses de noviembre y diciembre, pero con menos intensidad.

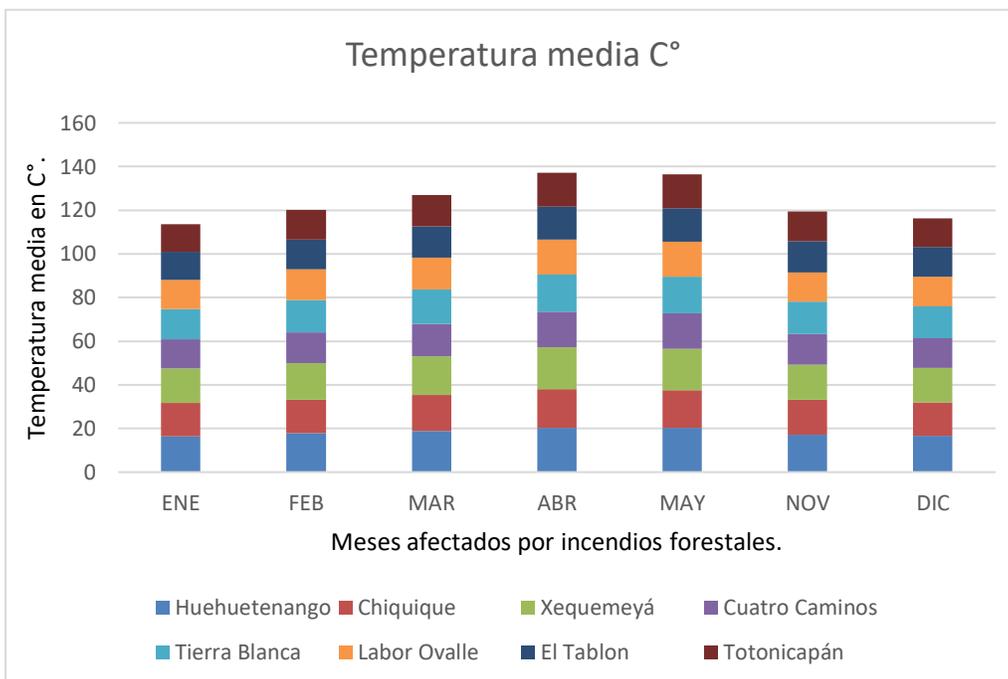
¹⁵ En los datos del SIPECIF analizados en el factor histórico se puede observar que en los meses de marzo y abril es donde existen más registros de incendios forestales.

Gráfica 3. Variación de precipitación acumulada.



Fuente: Elaboración propia con datos del INSIVUMEH e INDE.

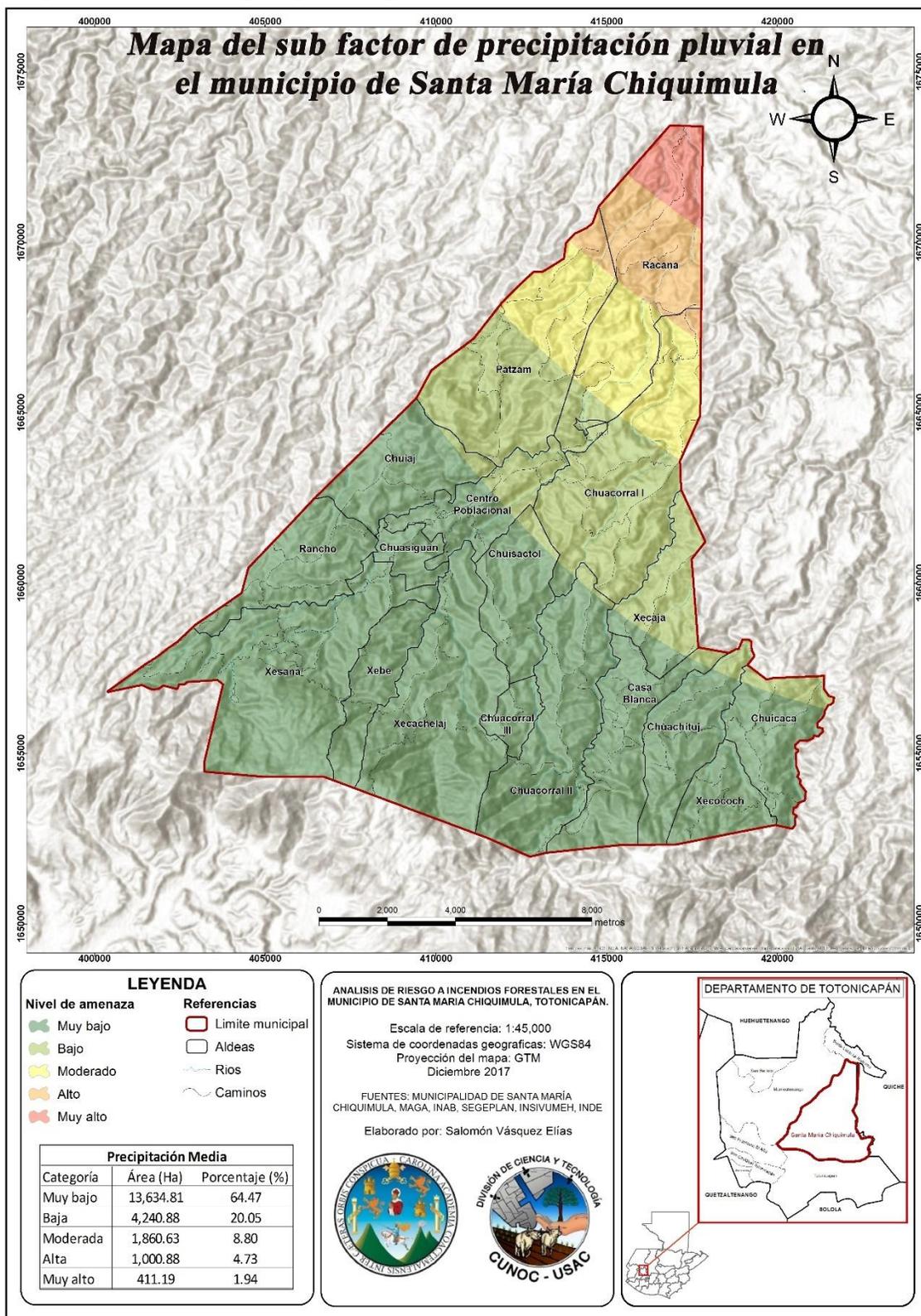
Gráfica 4. Variación de temperatura.



Fuente: Elaboración propia con datos del INSIVUMEH e INDE.

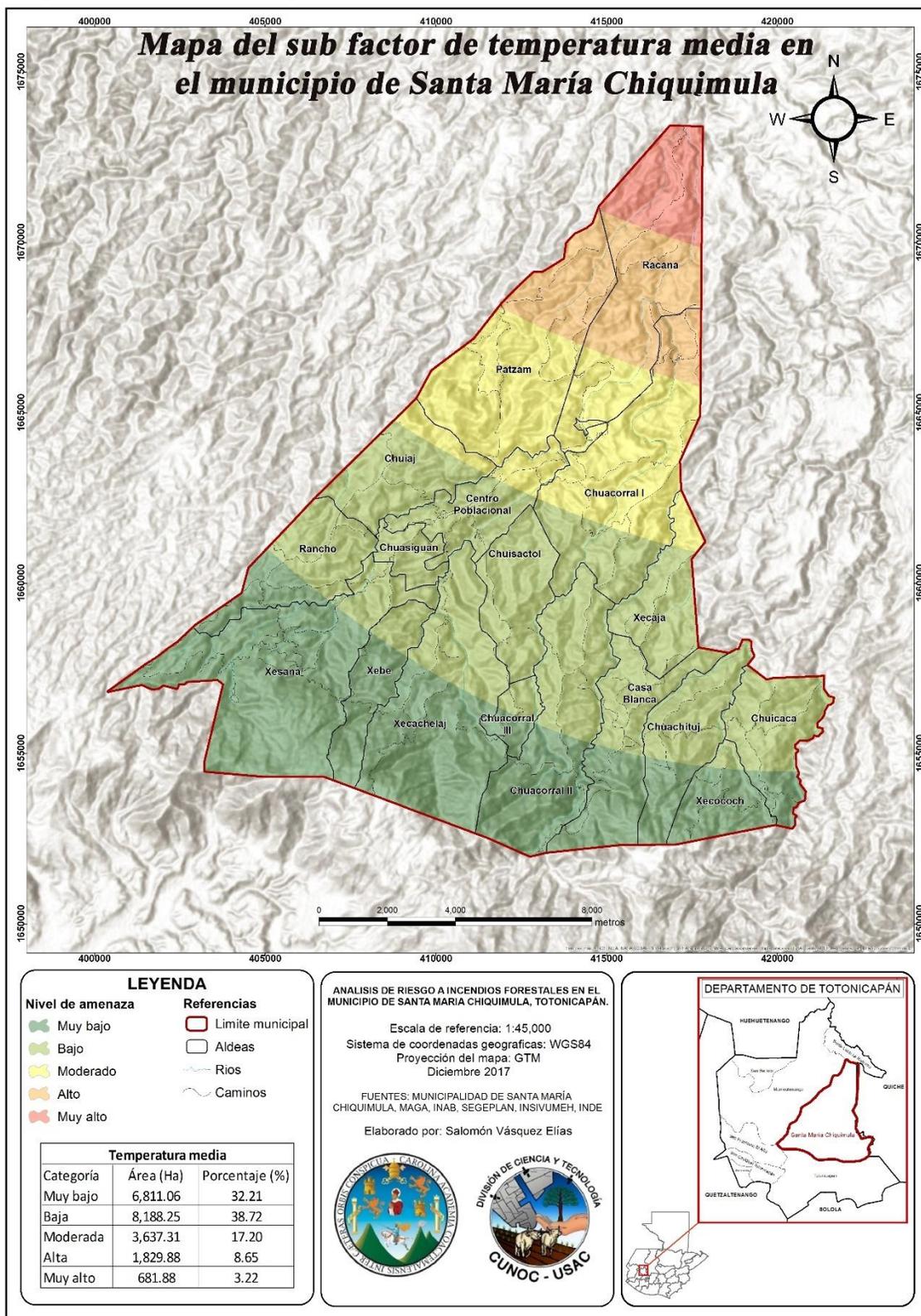
Para poder observar de mejor manera los cambios de temperatura en la grafica 4 se realizó una suma acumulativa, por tal razón los valores expresados en grados centígrados son acumulativos y no la expresión individual de los meses afectados por incendios forestales.

Mapa 5 Sub factor de precipitación pluvial.



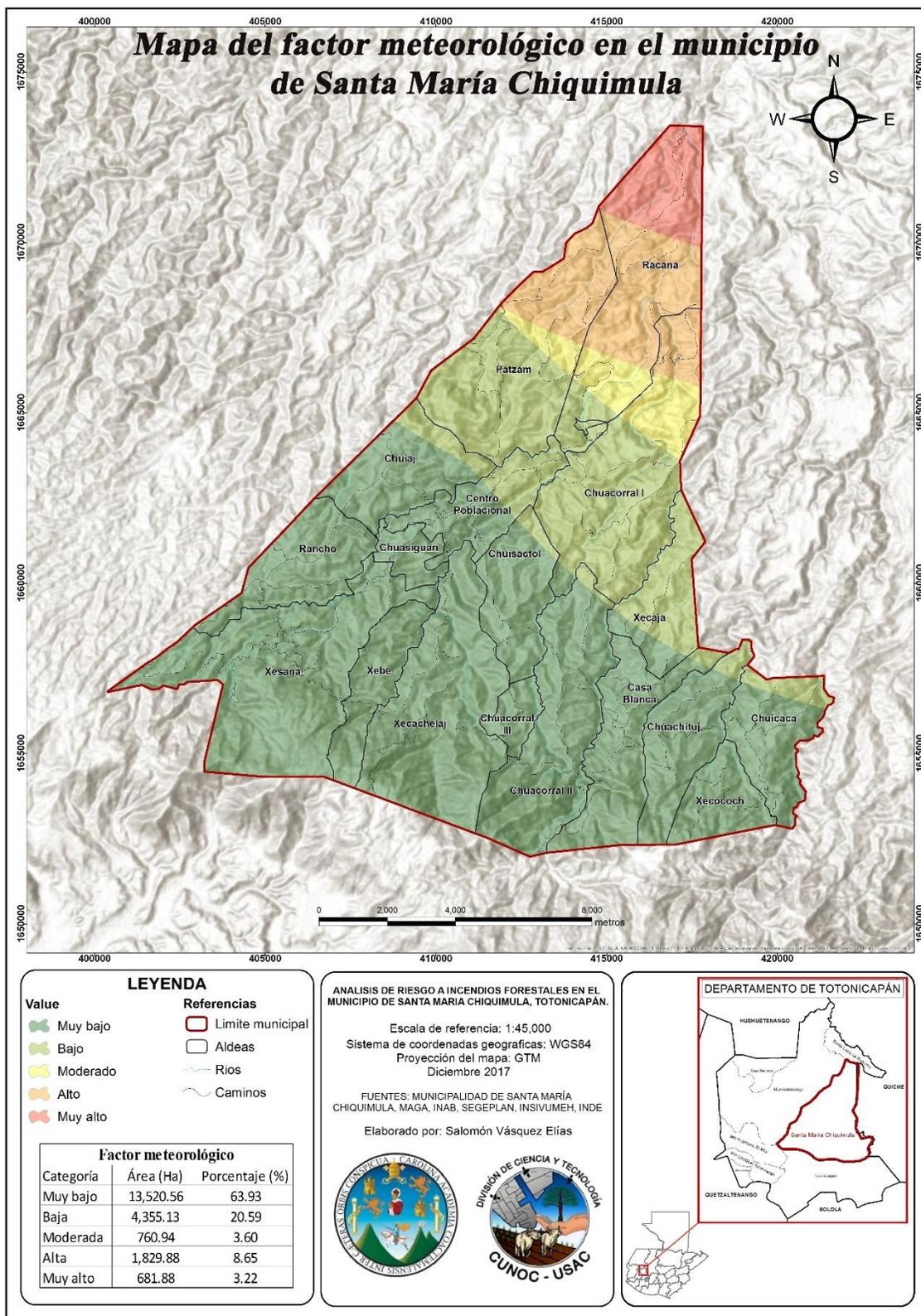
Fuente: Elaboración propia con datos del INSIVUMEH e INDE.

Mapa 6. Sub factor de temperatura media.



Fuente: Elaboración propia con datos del INSIVUMEH e INDE.

Mapa 7. Amenaza a incendios forestales por factor meteorológico.



Fuente: Elaboración propia con datos del INSIVUMEH e INDE.

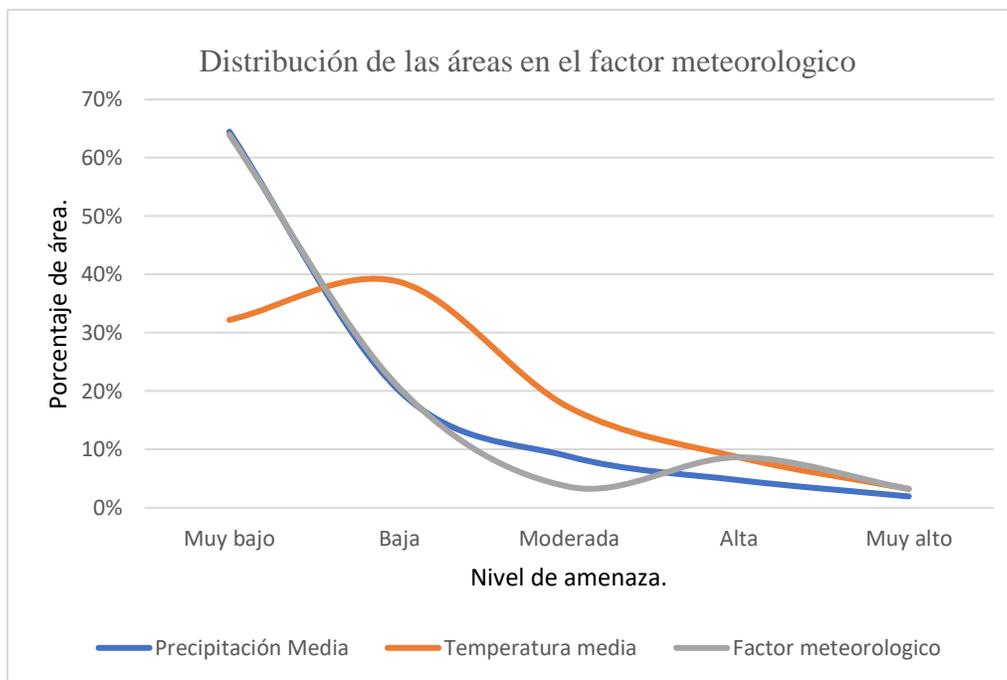
El mapa del factor meteorológico, tiene como resultado cinco categorías que se van dividiendo según la temperatura y la precipitación; tal como lo muestra el cuadro a continuación, la amenaza más alta presenta baja precipitación y altas temperaturas lo que crea un clima favorable para los incendios.

Tabla 17. Características del mapa de amenaza meteorológica.

Categoría de amenaza	Calificación	Temperatura		Precipitación	
		MIN	MAX	MIN	MAX
Muy baja	1	15.12	16.29	350.90	375.57
baja	2	15.88	16.86	326.23	355.93
Moderada	3	16.58	16.87	310.62	326.23
Alta	4	16.87	17.46	281.12	325.56
Muy alta	5	17.46	18.04	252.21	289.86

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 5. Distribución de las áreas en el factor meteorológico.



Fuente: Elaboración propia.

Se visualiza en los mapas 5, 6 y 7 que la única aldea con amenaza muy alta es Rácana, es importante resaltar que es considerada parte del corredor seco del país¹⁶ al igual que las otras

¹⁶ En el Plan de Respuesta para la Atención del Hambre Estacional de la SESAN se enfocan al sector seco del país y se menciona al departamento de Totonicapán por cuatro municipios, entre ellos Santa María Chiquimula, en el mapa de amenaza de sequía se puede observar a las aldeas Rácana, Patzam y Chuacorrall I. (SESAN, 2017)

aldeas que tienen amenazas significativas en sus territorios; además el aumento de amenaza va de dirección suroeste a noreste y se tiene una tendencia de disminución en área (entre más amenaza exista, menos territorio se ve afectado), por lo que la mayoría del municipio tiene una amenaza muy baja en los sub factores y se continua con este comportamiento al unirlos tal como se muestra en la gráfica 5 que compara el porcentaje de territorio afectado por cada una de los factores.

4.1.1.3. Amenaza a incendios forestales por el factor topográfico.

Por medio de las curvas a nivel del MAGA se construyó el Modelo Digital del Terreno, con esta información se calculó la pendiente y la orientación respecto al sol. El primero es un indicador de la velocidad con la que se propaga el incendio y el nivel de acceso que tiene el lugar al momento de combatirlo; mientras que la orientación define el tiempo que está expuesto el combustible al sol, por lo que para este análisis se compara con el uso actual de la tierra o cobertura vegetal en el municipio.

En el mapa 8 de amenaza por pendiente, se observa que el 29.38% del territorio se encuentra en amenaza alta, el uso que se le da a estas zonas en su mayoría es forestal, ya que hay bosques mixtos y árboles dispersos, sin embargo, una parte es usada para cultivos, lo que demuestra la sobre explotación del recurso suelo¹⁷ de esta manera se genera susceptibilidad a los incendios forestales. Al momento de existir ignición el avance del fuego es rápido ya que las pendientes pronunciadas ayudan a que se propague de mejor manera, además este ambiente es propicio a derrumbes en laderas lo que pone en riesgo la vida de los bomberos.

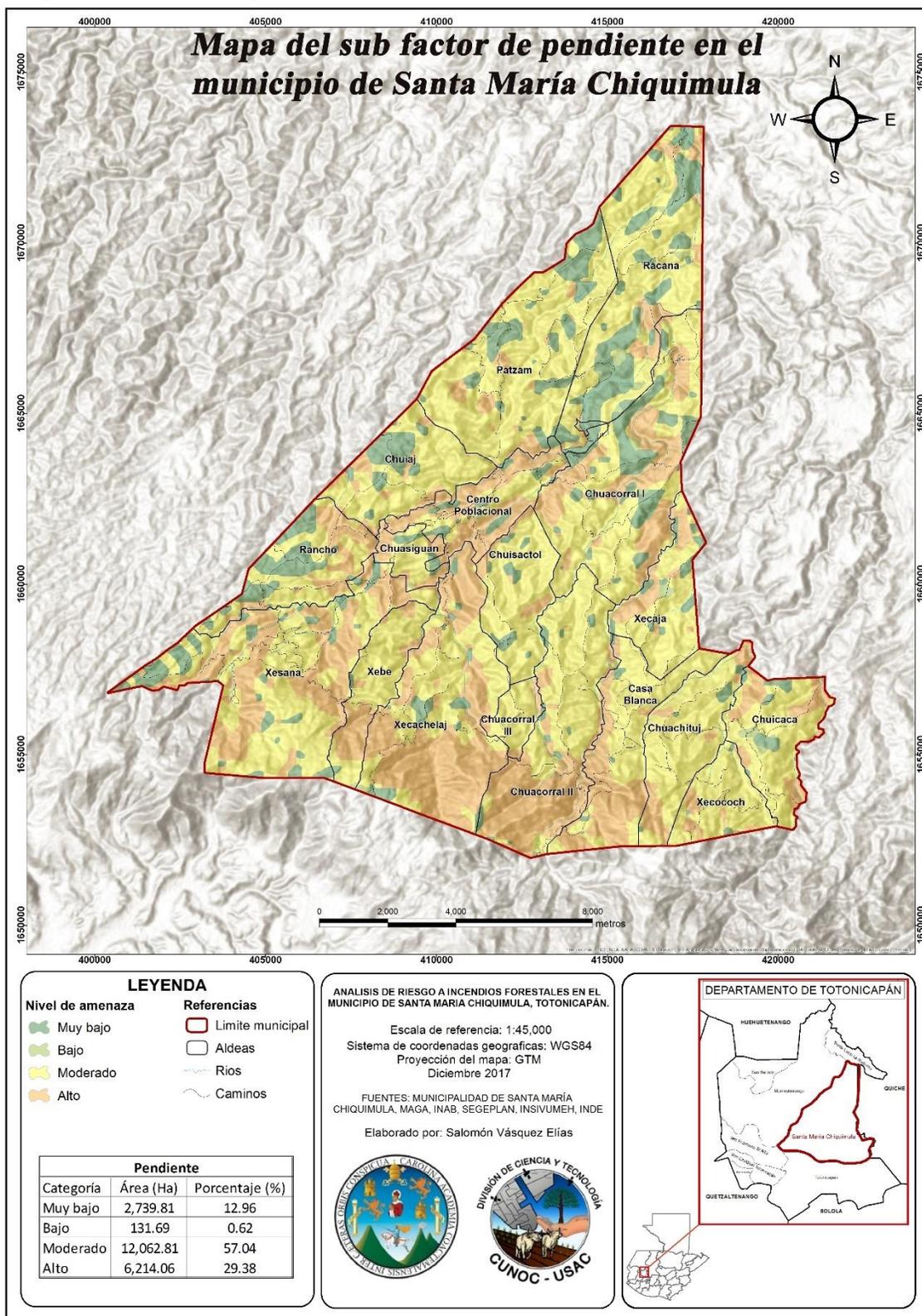
La amenaza moderada consta del 57.04% del área, en su mayoría es ocupada por árboles dispersos y mixtos, las pendientes moderadas, al igual que las altas, dificultan el acceso al área afectada, por lo que hay mayor desgaste físico al combatir un incendio; al momento de analizar el mapa 8, se notan que las zonas con amenazas significativas se sitúan en el sur del municipio tomando a las aldeas Xebé, Xecachelaj, Chuacorrál II, y Casa blanca.

En el caso de las amenazas mínimas¹⁸ el porcentaje es menor, ya que tan solo el 13.58% del territorio se encuentra en estas categorías, en su mayoría son zonas destinadas para la agricultura, seguido de pequeños espacios boscosos y también áreas urbanizadas.

¹⁷ En la tabla 5 la categoría de amenaza alta para la pendiente consta de los porcentajes mayores al 75%, si se compara estos datos con la “clasificación de tierras por capacidad de uso” del INAB se concluye que no importando la profundidad efectiva de suelo estas zonas son para producción forestal o tierras forestales de protección y el usarlas para cultivos se considera sobre uso en la tierra y pueden presentar erosión y derrumbes. (INAB, 1998).

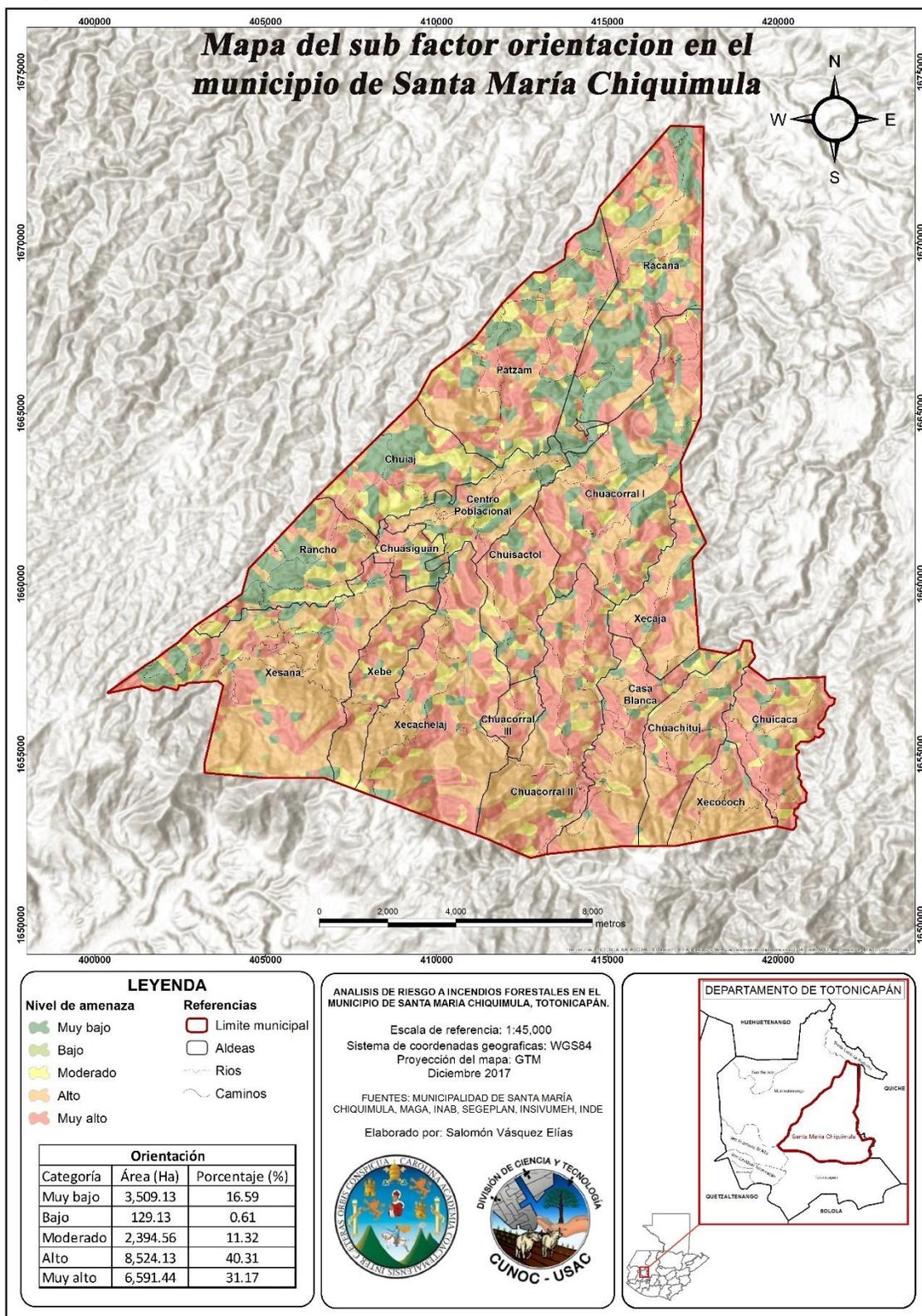
¹⁸ Para finalidad de este estudio se define “amenazas mínimas” como el conjunto de las amenazas bajas y muy bajas.

Mapa 8. Sub factor de pendiente.



Fuente: Elaboración propia.

Mapa 9. Sub factor de orientación.



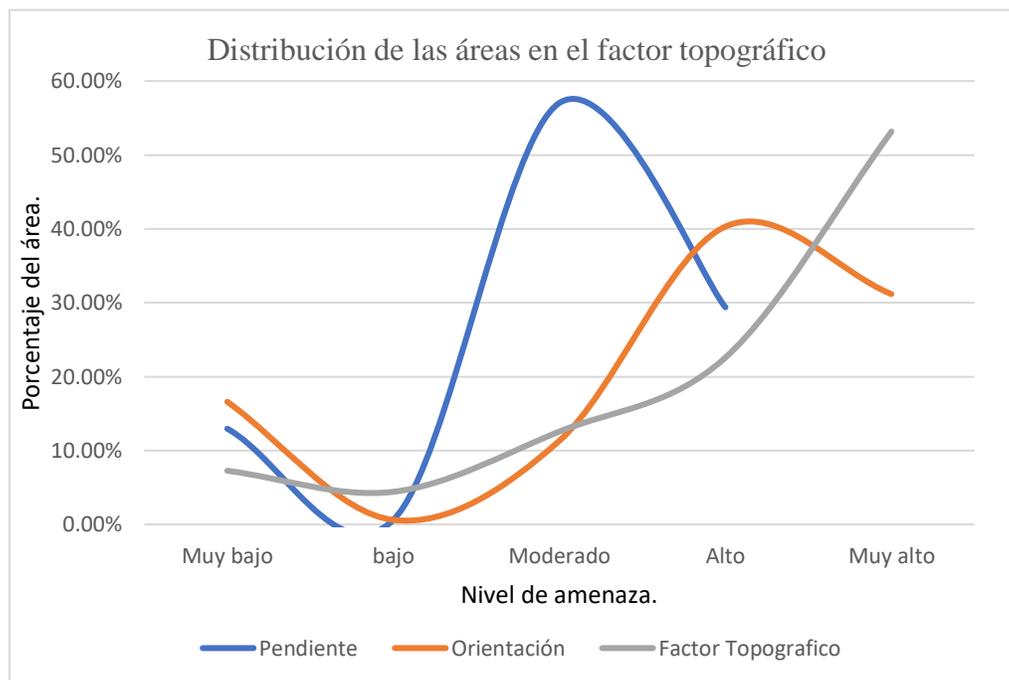
Fuente: Elaboración propia.

La orientación respecto al sol califica a la mayoría del territorio en amenaza alta y muy alta, estas áreas cuentan con zonas boscosas, por tal razón si la cobertura vegetal es cerrada, como es el caso de los bosques mixtos y bosques de coníferas, no influirá en la amenaza del combustible ya que la radiación solar es aprovechada por las copas de los árboles; en cambio en la vegetación arbustiva y árboles dispersos la exposición prolongada al sol es problemática puesto que el sotobosque se convierte en un combustible seco de porte bajo en temporada de incendios y facilita la ignición. En el mapa 9 se observa que las zonas con amenaza alta y muy alta se encuentran en el sureste del territorio.

La amenaza moderada representa según la gráfica 6 el 16.59% de territorio municipal, en su mayoría son árboles dispersos, bosques mixtos y zonas agrícolas, aunque en estos lugares existe exposición media al sol, los niveles son aceptables pues no constituyen cambios significativos dentro del actuar del fuego.

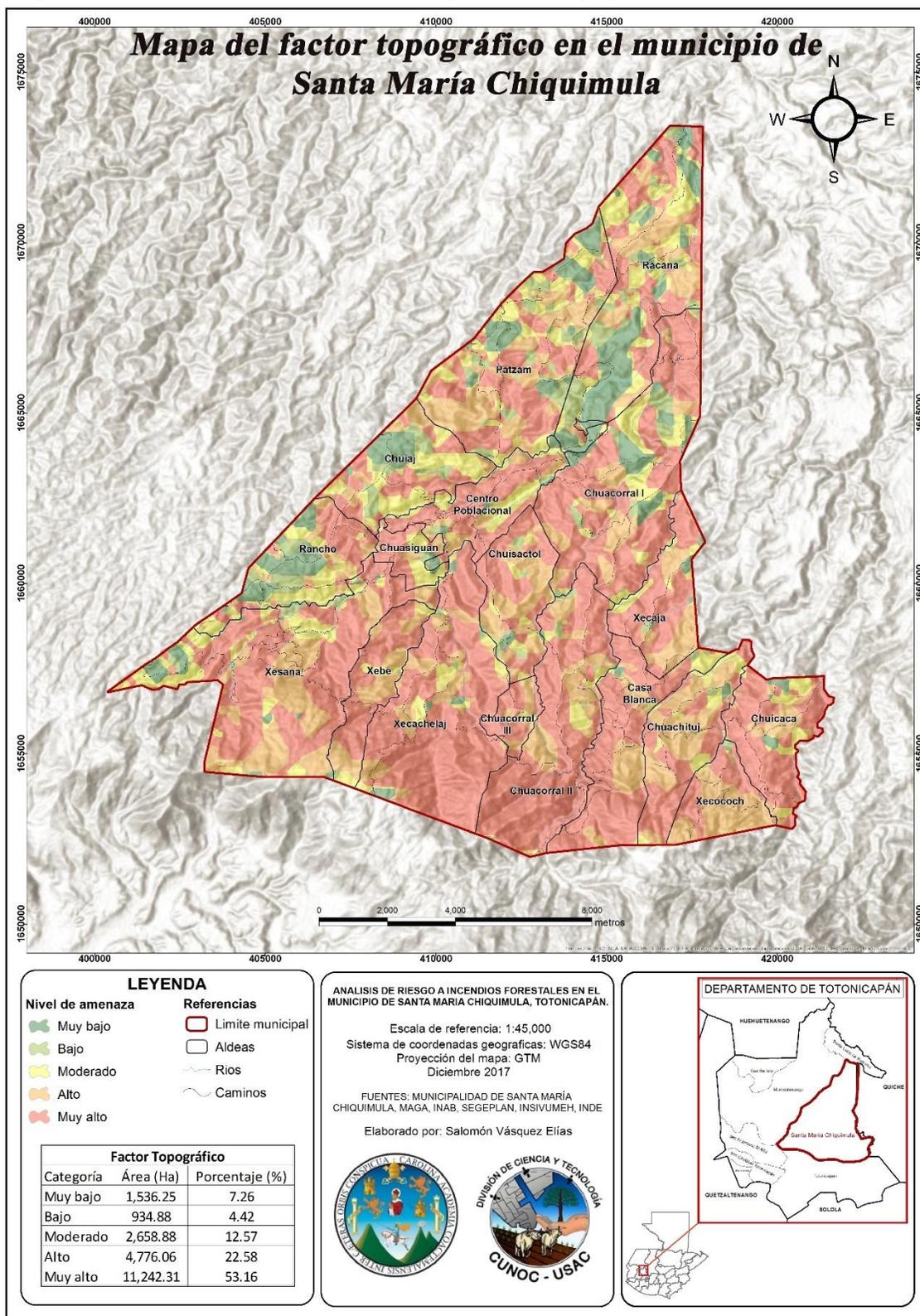
Las amenazas mínimas se sitúan en lugares donde hay producción de granos básicos y árboles dispersos, en el primer caso la orientación al sol resulta ser negativa, ya que la producción de maíz o frijol depende de las horas luz que reciben; en cambio en los árboles dispersos se genera un efecto positivo porque el material que puede servir como combustible no estará lo suficientemente seco en la temporada de incendios. En el mapa la amenaza muy baja está orientada en el noroeste, teniendo las zonas grandes en las aldeas de Rácana, Patzam, Chuij y Rancho.

Gráfica 6. Distribución de las áreas en el factor topográfico



Fuente: Elaboración propia.

Mapa 10. Amenaza a incendios forestales por factor topográfico.



Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica 6 y en el mapa 10 del factor topográfico, se define un porcentaje mayor en la amenaza alta, además la variación desde muy alta en el sureste a muy baja a noroeste se acentúa, las zonas más grandes se encuentran en las aldeas de Xesana, Xebé, Xecachelaj, Casa Blanca, Chuachituj, Xecococh, Chuicaca, Chuacorrall I y II.

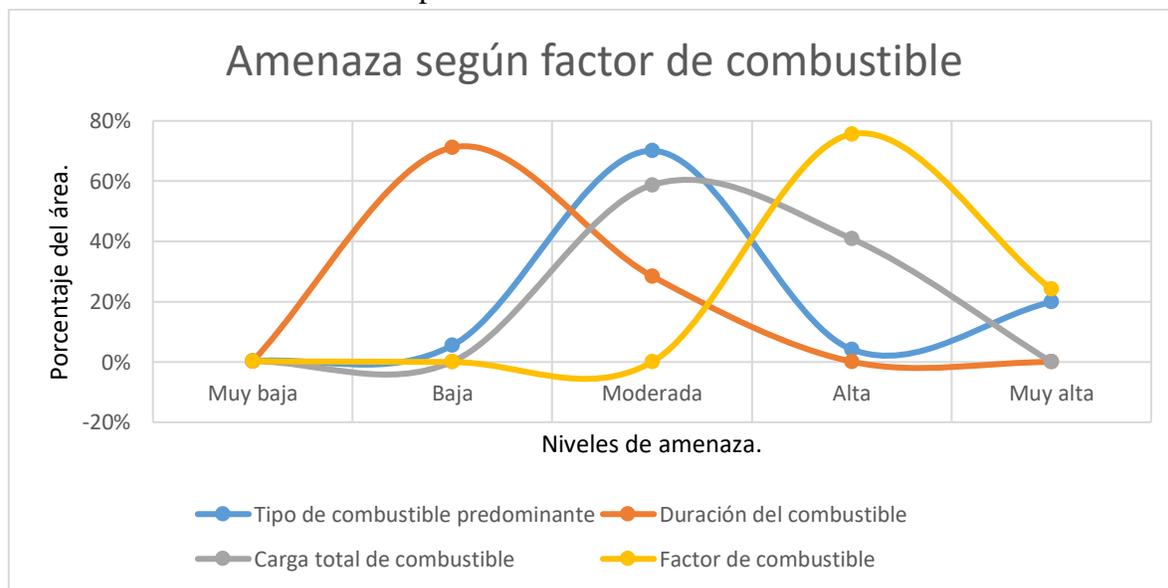
Rácana, Chuiay y Rancho son las aldeas que cuentan con los mayores espacios de amenazas mínimas, por lo que puede deducirse que en estas zonas las pendientes bajas y la orientación al sol condicionan que tengan características poco importantes para los incendios forestales, además son lugares con menos combustibles por estar en áreas agrícolas o zonas pobladas.

4.1.1.4. Amenaza a incendios forestales por el factor de combustible.

El mapa de uso actual de la tierra y cobertura vegetal del DIGEGR, sirvió para poder extraer los datos del municipio de Santa María Chiquimula y categorizarlos según la metodología del IDEAM, de esta manera se encuentran los diferentes tipos de amenazas que existen en el lugar según el combustible predominante, el tipo, la duración y la carga total, con lo que se pretende conocer cómo actúan los diferentes tipos de cobertura vegetal en la región y su influencia al momento de un incendio forestal.

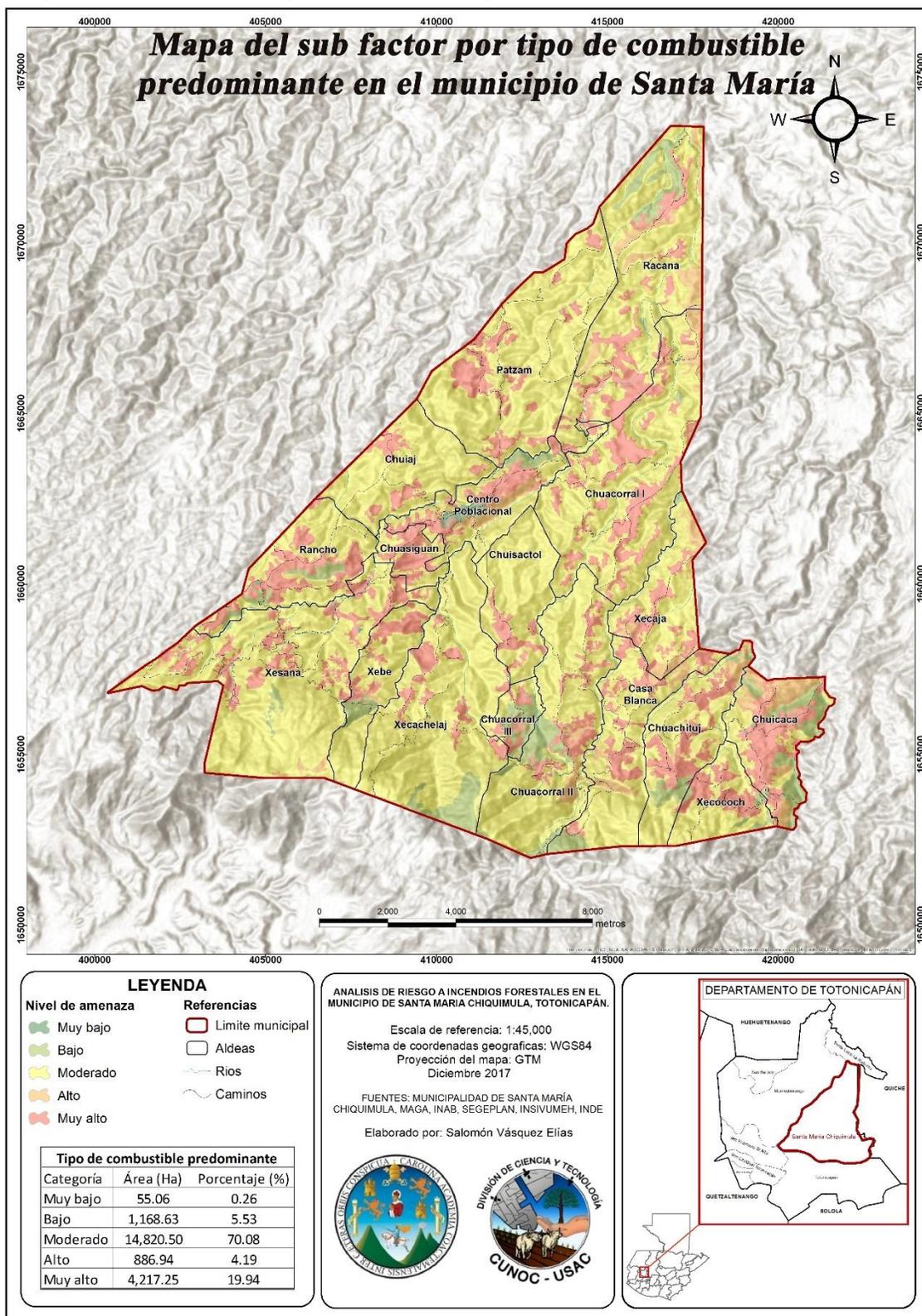
La gráfica 7 muestra la distribución de la amenaza según cada sub factor y el porcentaje de área que ocupa cada uno, se puede observar que la mayoría del territorio tiene una amenaza moderada en la carga total y el tipo de combustible, solo en la duración el porcentaje baja considerablemente; sin embargo, en el factor de combustible, el cual es la unión de los tres sub factores, se cambia el comportamiento y el mayor porcentaje es de amenaza alta.

Gráfica 7. Distribución del área por el factor de combustible.



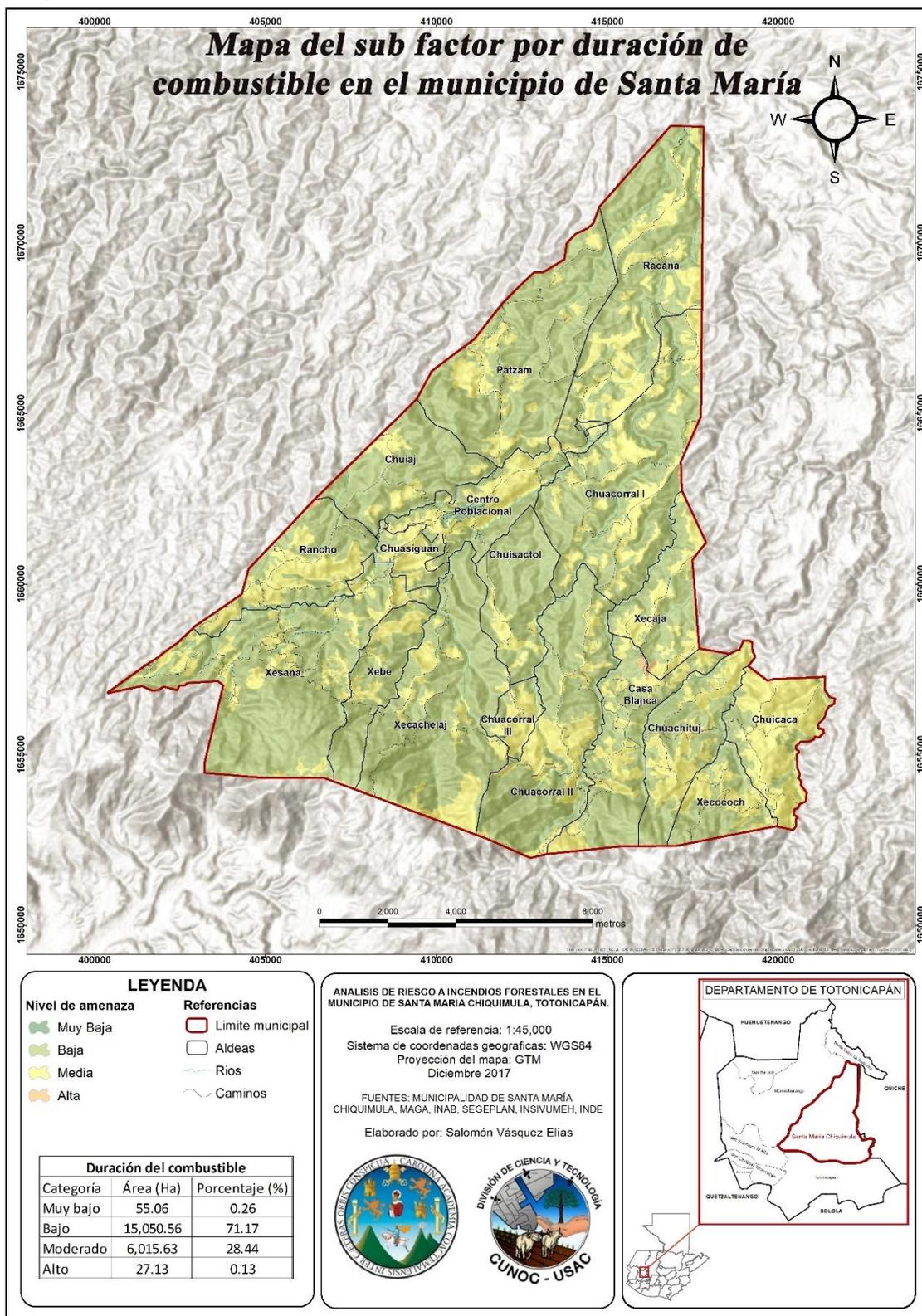
Fuente: Elaboración propia.

Mapa 11. Sub factor del tipo de combustible predominante.



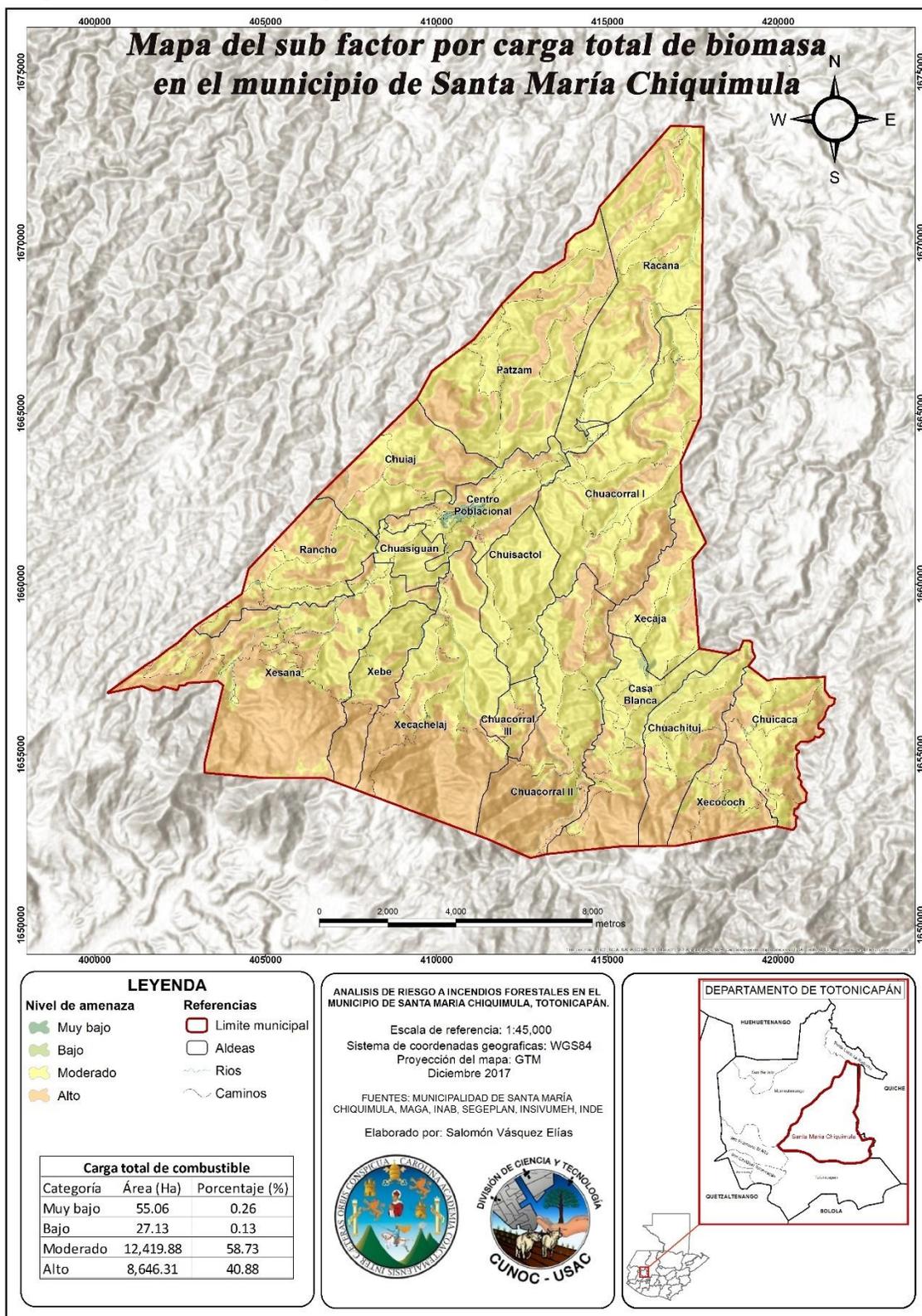
Fuente: Elaboración propia

Mapa 12. Sub factor de la duración del combustible.



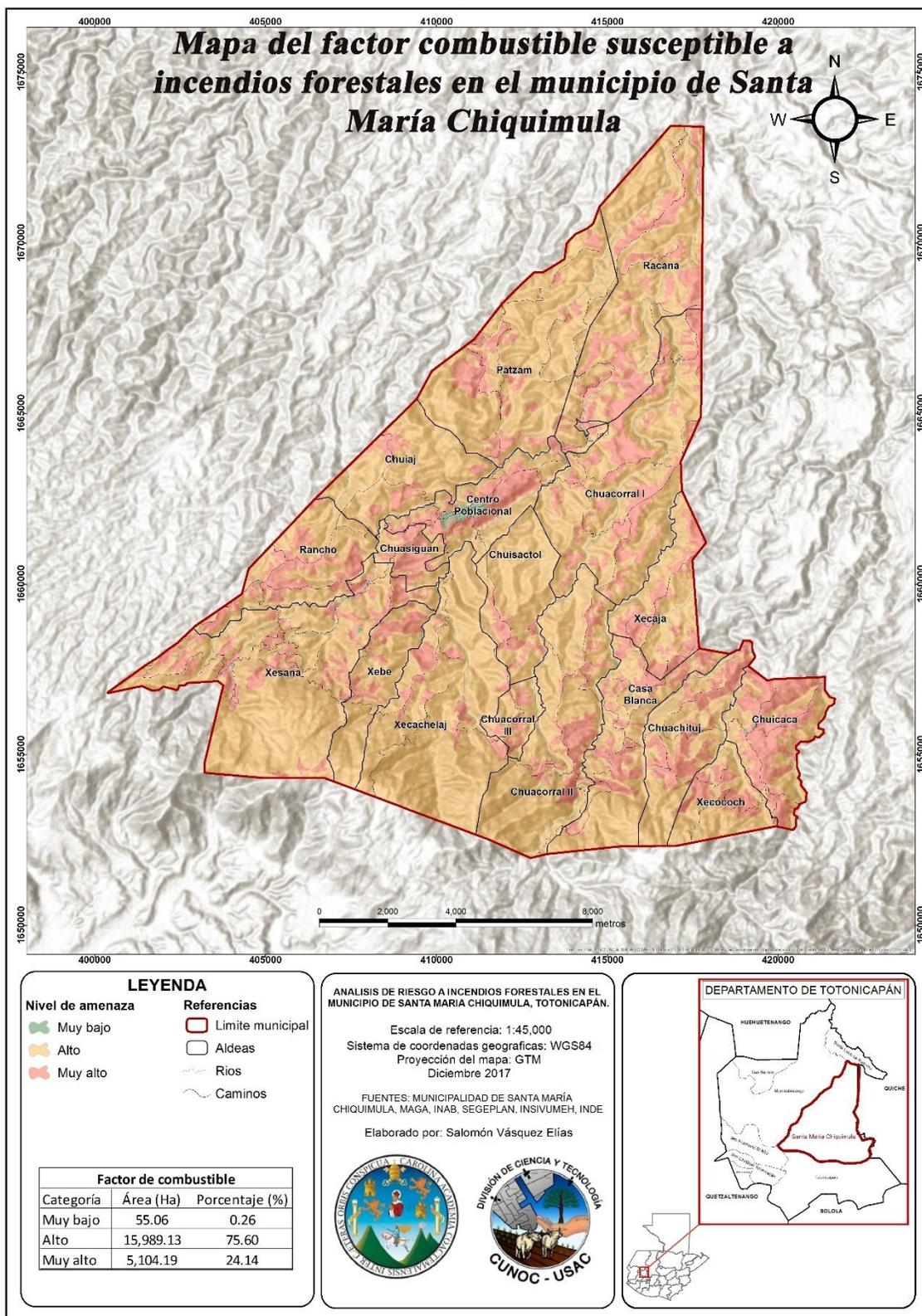
Fuente: Elaboración propia.

Mapa 13. Sub factor de la carga total de biomasa.



Fuente: Elaboración propia.

Mapa 14. Amenaza a incendios forestales por factor de combustible.



Fuente: Elaboración propia.

En los mapas 11, 12 y 13 se puede visualizar que los sub factores tienen patrones cambiantes, esto se refleja en el mapa 14 del factor combustibles susceptibles a incendios forestales, el cual es la unión de los tres primeros; aunque este comportamiento no se explica por medio de un factor dominante se puede con los niveles de cobertura vegetal y uso de la tierra, ya que se encuentra distribuido según la primera categorización¹⁹.

La amenaza muy baja en el mapa 14 está representada por los territorios artificiosos que abarcan las zonas modificadas por el hombre y está constituida por zonas urbanizadas; zonas industriales o comerciales y redes de comunicación; minas y zonas en construcción, lo que representa el 0.26% del territorio. La amenaza alta ocupa el 75.6% del municipio, siendo zonas en donde existen densos espacios de árboles (plantaciones de árboles, bosques mixtos y de coníferas) que resultan los más afectados; otro aspecto es la categoría de “árboles dispersos” con una densidad de copas inferior al 30%, asociándose con vegetación arbustiva baja, que poseen la capacidad de ser combustibles susceptibles al fuego de superficie.

La amenaza muy alta representa el 24.14%, en este caso son granos básicos y pastos naturales. En el municipio de Santa María Chiquimula el modo de producción de maíz se realiza por medio de un sistema tradicional, lo que conlleva realizar la quema de los desechos agrícolas que normalmente deja la producción, por tal razón existe una amenaza muy alta al no utilizar prácticas adecuadas, reflejándose en la cantidad de incendios que son causados o iniciados junto a esta actividad²⁰; los pastos naturales son tierras compuestas por vegetación de gramíneas naturales y hierbas con alturas que no sobrepasan los 0.5 m y en el periodo de incendios esta vegetación está seca por lo que pueden llegar a ser un combustible fácil de arder.

4.1.1.5. Amenaza a incendios forestales por el factor histórico.

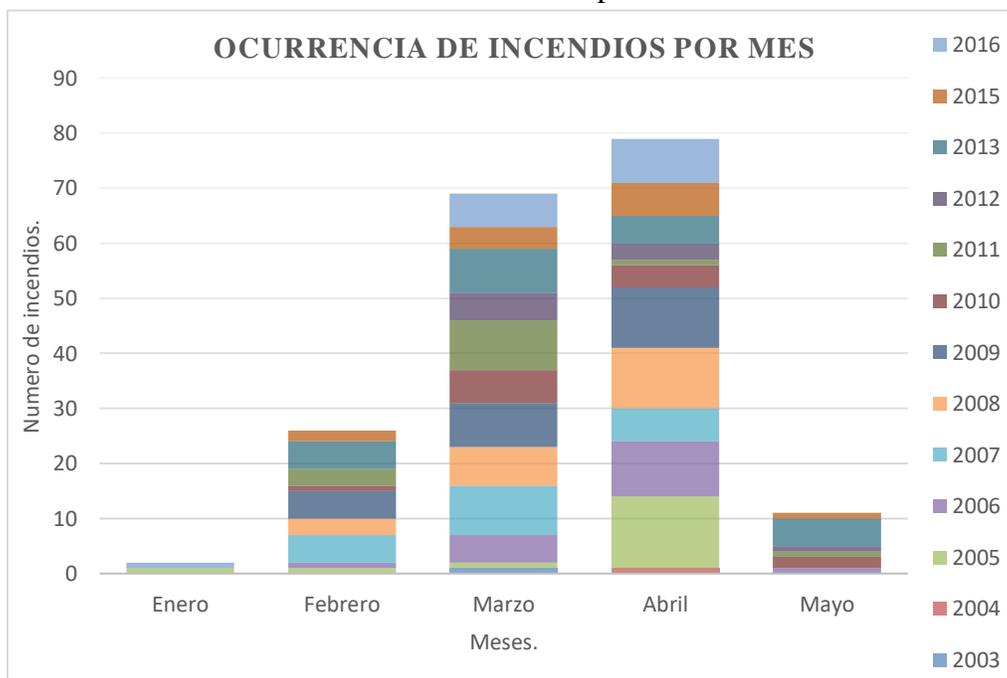
El factor histórico es analizado con los datos proporcionados por la brigada del SIPECIF, en donde se ha recopilado información de 16 años en todo el país. En esta base de datos existen cuatro conjuntos de valores importantes: las coordenadas geográficas de los incendios forestales, la ocurrencia de incendios por mes y año; finalmente las causas de los incendios y su inicio junto a diferentes lugares. Las coordenadas se proyectaron en el sistema GTM, seguido a esto se realizó una selección ya que los datos poseen un margen de error por los dispositivos GPS y se seleccionaron los que están en el área de estudio, este proceso ha dejado un total de 187 datos de los 194 registros en el municipio.

¹⁹ En el anexo 7.4.1, se puede observar cada uno de los niveles de cobertura y capacidad de uso de la tierra, además de la superficie ocupada y el porcentaje que representa la amenaza por combustible susceptible a incendios forestales en el territorio del municipio.

²⁰ Véase en el factor histórico en el apartado de causas y cercanía de inicio.

Los incendios de los años 2001 y 2002 no fueron evaluados puesto que solo poseían uno o dos registros y ninguno fue georreferenciado adecuadamente; el año 2014 tampoco es tomado en cuenta, ya que tras consultar al personal del INAB, CONAP y SIPECIF argumentaron que los datos del departamento de Totonicapán fueron extraviados. Después de tener la base de datos completa se procedió a analizar la ocurrencia de incendios por año y mes²¹, como lo muestra la gráfica siguiente:

Gráfica 8. Ocurrencia de incendios forestales por mes.



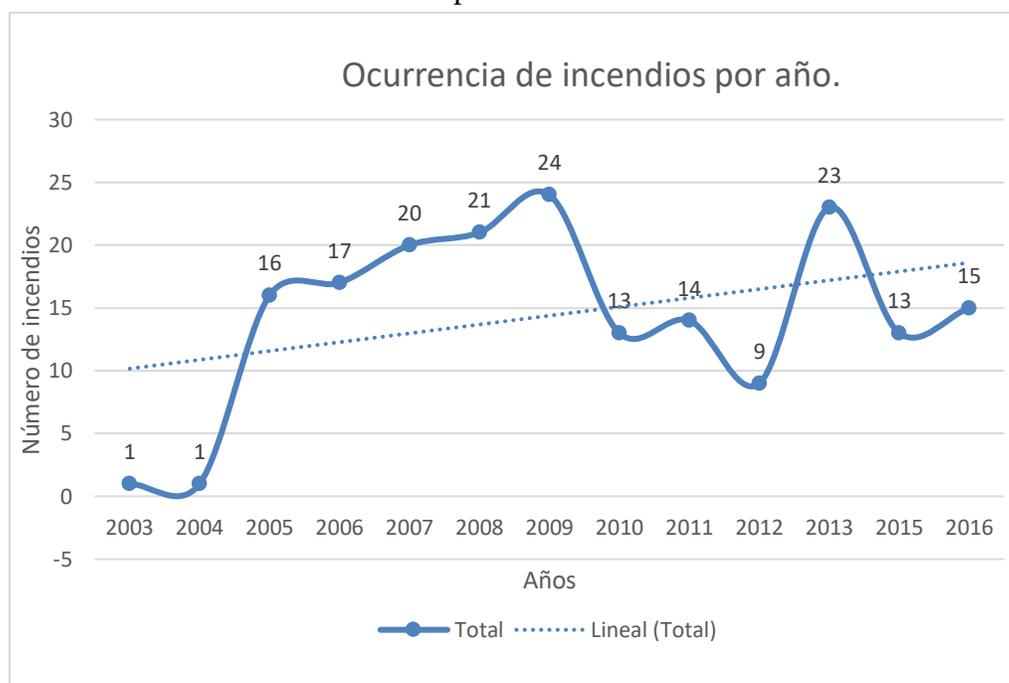
Fuente: Elaboración propia con datos del SIPECIF.

Como se visualiza en la gráfica 8, el mes más afectado ha sido abril, ya que se han registrado un total de 79 incendios, además en el año 2005 se atendieron 13 en diferentes lugares del municipio siendo históricamente el mayor número de casos registrados en un solo mes. Marzo es quien le sigue con un total de 69 incendios, luego febrero con 26, mayo con 11 y finalmente 2 en enero.

Se puede distinguir en la gráfica 8 el patrón siguiente: en el mes de enero inicia la temporada de incendios, la ocurrencia aumenta hasta llegar al pico más alto en el mes de abril y desciende rápidamente en el mes de mayo, este fenómeno está afectado directamente por los factores meteorológicos ya que al momento de iniciarse la temporada de invierno en el país baja drásticamente el número de incendios forestales.

²¹ Hay que tomar en cuenta que los meses analizados son también el tiempo en que se contrataba temporalmente a la brigada del SIPECIF, es decir que si existieron incendios en los meses de noviembre o diciembre no se tienen registros por parte de esta entidad.

Gráfica 9. ocurrencia de incendios por año.



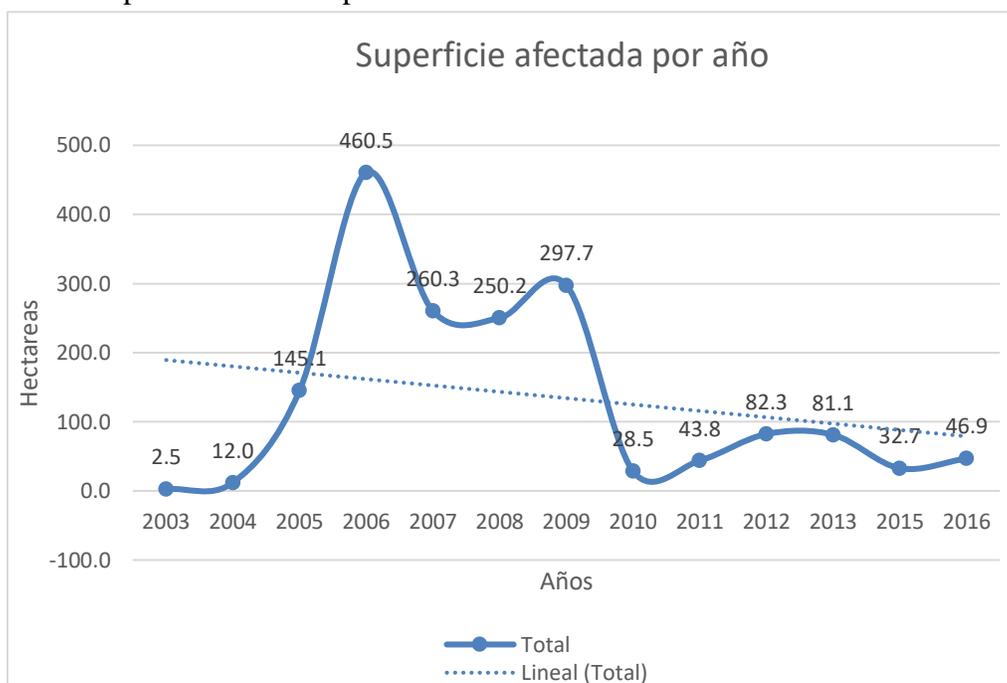
Fuente: Elaboración propia con datos del SIPECIF.

La ocurrencia de incendios por año ha sido variable según lo muestra la gráfica 9, muchas veces a causa de errores como la falta de registros (caso específico de los años 2004, 2004 y 2014), sin embargo, se pueden observar picos de aumento, tal es el caso del año 2009 en donde se registraron 24 incendios; en los años siguientes baja la cantidad de incendios, pero nuevamente en el año 2013 se incrementan con 21 registros, aunque esta cantidad ya se había presentado en el año 2008 se esperaba la disminución de eventos como se habían dado en los años anteriores. Además, en la gráfica la línea de tendencia exponencial muestra que es muy probable el aumento de los incendios forestales en los siguientes años debido a que la cantidad de registros del año 2015 al 2016 va incrementándose.

En la gráfica 10 se observa cómo ha cambiado la cantidad de área dañada por incendios forestales a lo largo del tiempo; es importante resaltar que, aunque en el año 2009 la cantidad de incendios fue histórica, los daños expresados en área ya iniciaban a decrementar²²; el pico de daño medido en área quemada de bosque se presentó en el año 2006, registrándose 17 incendios con un total de 460.51 Ha, si dividimos el espacio por la cantidad de incendios se tendrían que haber quemado 27 Ha por cada siniestro; no es de extrañar que en este año se registrarán 3 de los 6 incendios más devastadores sobrepasando cada uno 50 ha de superficie dañada.

²² Existe un aumento sustancial de 47.5 Ha al comparar este periodo con el 2008, sin embargo, no sobrepasa el pico de hectáreas afectadas en el año 2006

Gráfica 10 Superficie afectada por año.



Fuente: Elaboración propia con datos del SIPECIF.

El incendio más pequeño ha sido de 0.2 Ha, registrado en el año 2005 y el más grande es de 96 Ha en el mes de marzo del 2009, en los años siguientes no se ha llegado a superar este registro, ni siquiera por la suma total de cada año, tal como lo muestra la gráfica. En cuanto a los meses, el comportamiento del daño por área cambia moderadamente a la ocurrencia, ya que el mes de marzo es el más afectado perdiendo en promedio 58.98 Ha en cada año, seguido por el mes de abril con 57.76 Ha; el mes de febrero ha perdido en promedio 9.67 Ha, el mes de mayo 7.22 Ha y finalmente el mes de enero 0.49 Ha dañadas²³.

Según la línea de tendencia la cantidad de áreas afectadas va en disminución, lo que contrasta con la línea de tendencia de la ocurrencia de incendios, concluyéndose que, aunque la cantidad de incendios forestales incrementen, la pronta acción puede hacer la diferencia y seguir disminuyendo las de áreas afectadas históricamente. Cabe destacar que los periodos siguientes: agosto de 2004 a enero de 2005, septiembre de 2006 a enero de 2007, julio de 2009 a abril de 2010 según CALO (2015) y marzo de 2015 a mayo de 2016 según INSIVUMEH, (2015, 2016), fueron periodos afectados por el fenómeno del niño lo que se refleja en las gráficas 9 y 10 ya que existe un incremento en cada uno de estos periodos, por lo que puede asegurarse que las variaciones climáticas están muy relacionadas con la amenaza histórica a incendios forestales.

²³ Para este cálculo se promedió las hectáreas dañados por mes a lo largo de 12 años.

Para poder representar los datos anteriores en análisis espacial se realizaron tres mapas diferentes que posteriormente fueron unidos, el primero de ellos es la cercanía histórica que tienen los incendios forestales, para ello se utilizaron las coordenadas geográficas y se categorizo la distancia en cada uno de los puntos tomados.

En los datos del SIPECIF se menciona el área afectada por el incendio, pero no se sabe la forma del polígono, por ello para su adecuada representación se procedió a calcular el radio y ya que las coordenadas registradas corresponden a la zona central se utilizó como punto de partida y se extendió para crear polígonos circulares. Además, se tomó como referencia el radio promedio²⁴ de los datos analizados para realizar las categorías de amenaza que se visualizan en la tabla 17.

Tabla 18. Categorías de amenaza para la distancia histórica

Categorías y calificación distancia histórica.		
Radio (m)*	Categoría de amenaza	Calificación
Más de 689.11	Muy baja	1
516.83– 689.11	baja	2
344.56 – 516.83	Moderada	3
172.28 – 344.56	Alta	4
0 – 172.28	Muy alta	5

Fuente: elaboración propia.

*Los rangos fueron calculados mediante la multiplicación del promedio por valores del 4 (baja) al 1 (muy alta) generando una sucesión creciente.

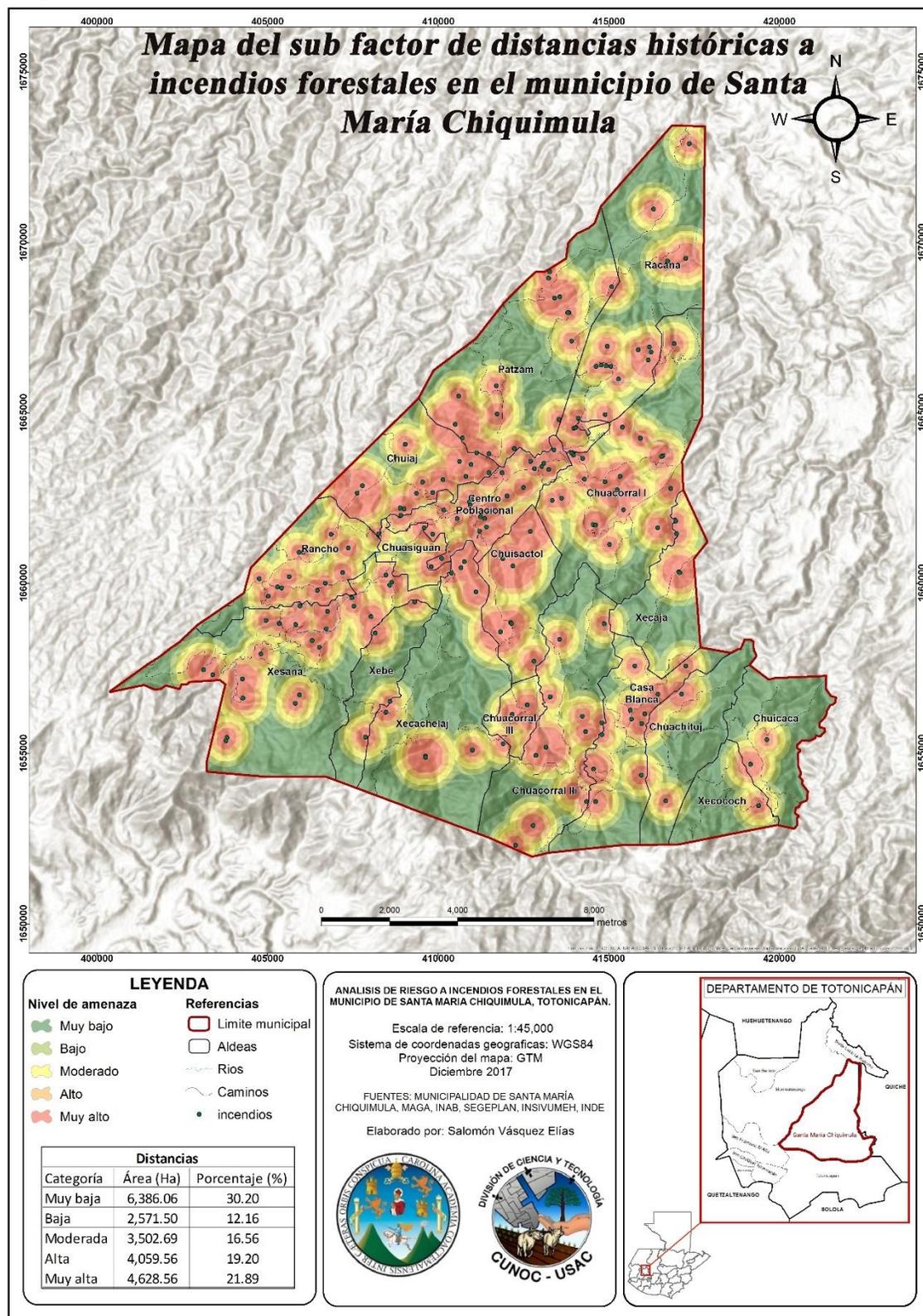
Con la tabla 17 se realizó un proceso similar al del factor antrópico²⁵, donde se razona que entre más cercano el incendio existe más amenaza, y va disminuyendo a medida que se aleja del área afectada; a base de este proceso se obtuvo como resultado el mapa 15 en donde se expone la amenaza por distancia histórica.

Existen zonas en donde no se han registrado incendios forestales según el mapa 15, por tal razón se puede deducir que estos lugares presentan baja amenaza histórica, además se puede apreciar que las aldeas más afectadas son el centro poblacional, Rancho, Chuachituj, Chuisactol, Casa blanca, Chuacorrall II y III, ya que estos territorios tienen amenazas significativas por la cercanía entre incidentes registrados. Se puede visualizar que los incendios se aglomeran alrededor del centro poblacional, esto puede ser explicado por la cantidad de personas que transitan por el lugar al ser una zona comercial y genera movimientos que favorecen a la amenaza antrópica de incendios forestales.

²⁴ La cantidad promedio quemada históricamente por cada incendio es de 9.32 Ha y su radio en metros es de 172.28.

²⁵ En el factor antrópico se utiliza la herramienta Euclidian Distance y se realizan categorizaciones desde el punto o polígono de origen dependiendo de la distancia en metro que la tabla de categorización indique.

Mapa 15. Sub factor de distancias históricas a incendios forestales.



Fuente: Elaboración propia con datos del SIPECIF.

En general existe una franja con alto número de incendios que va de suroeste a noreste, iniciando desde la aldea Xesana hasta Rácana, es necesario resaltar que es exactamente la dirección de la carretera principal que viene desde la ciudad de Quetzaltenango y llega al centro poblacional de Santa María Chiquimula, además sigue hasta Santa Lucía la Reforma, siendo una dirección transitada por actividades comerciales; demostrándose que la aparición de incendios está ligada a las actividades humanas. Las aldeas que presentan menos incidentes son Chuachituj, Chuicaca, Xecaja, Xecachelaj, Xebé y Xecococh, por lo que en estos lugares las amenazas mínimas tienen más extensión, de esta manera se manifiesta que han cuidado los bosques y no causan incendios intencionados con frecuencia.

Para el segundo análisis se comparó el total de bosque dañado con la causa del incendio, siendo ponderadas con amenaza muy alta las que más han consumido bosque y muy bajas aquellas que su daño no ha sido severo, tal como lo demuestra la tabla 18. Según este proceso la causa que genera amenaza muy alta son los intencionados ya que históricamente han ocurrido más y han dañado gran parte del territorio, de tal cuenta se puede asegurar que cada vez que exista un incendio intencionado se pierde bosque en gran magnitud; en este caso no existen causas que generen baja ni alta amenaza, ya que no hay razones registradas que evidencien la pérdida de bosque en estos rangos.

Tabla 19. Categorías de la amenaza a incendios forestales por causas históricas.

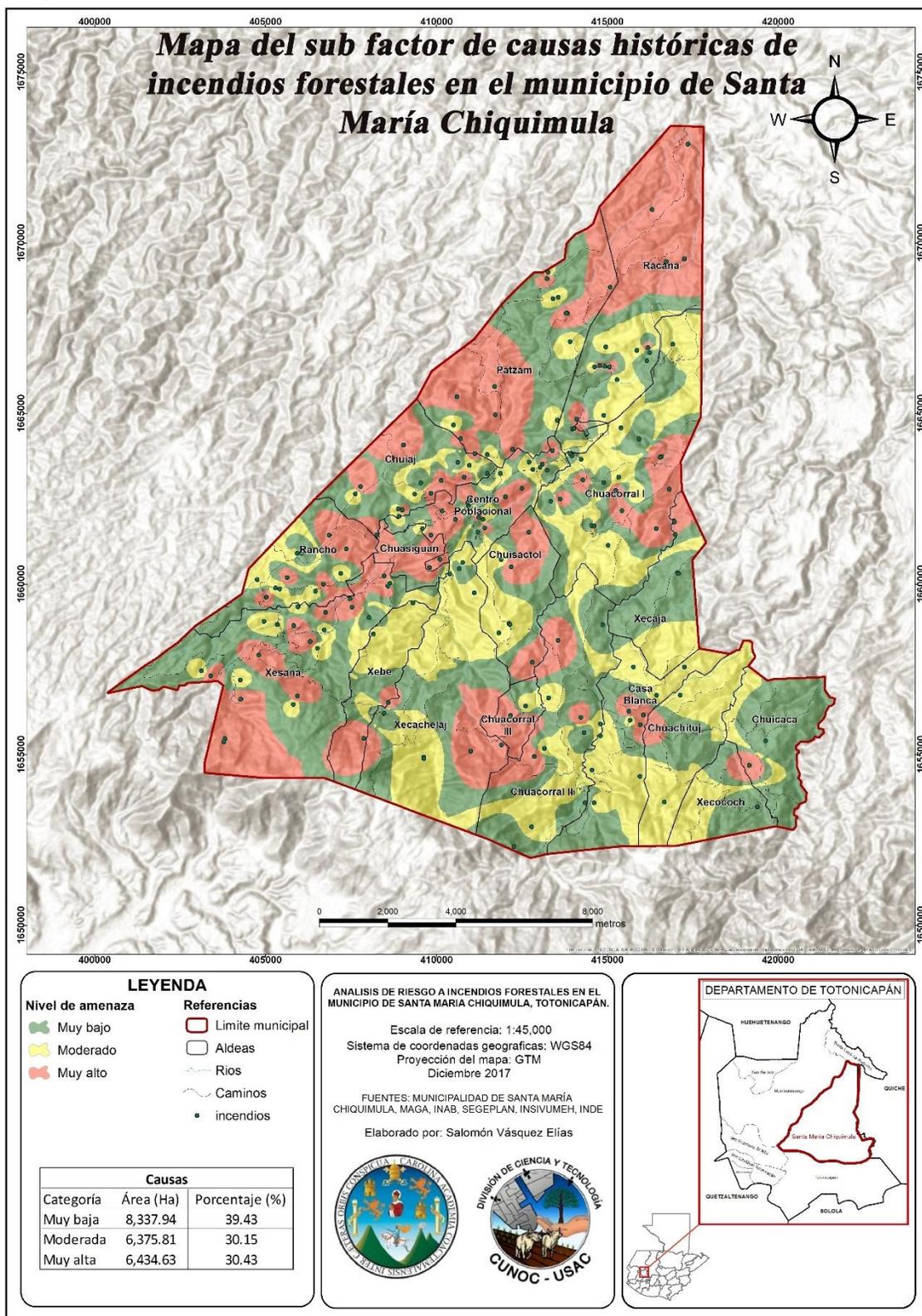
Hectáreas dañadas*	No. Incendios	Causas	Categoría de amenaza	Calificación
0 – 133.36	25	Cazadores, otras causas, colmeneros, no determinados, quema de basura, quema de pastos.	Muy baja	1
266.72 – 400.08	79	Fogatas, leñadores y quema agrícola	Moderada	3
533.44 – 666.80	83	Intencionados	Muy alta	5

Fuente: Elaboración propia.

* Para la categorización de hectáreas dañadas se utilizaron las fórmulas de la lógica difusa (fuzzy), en el anexo 7.4.2.3 se demuestra de manera amplia su proceso.

Para la elaboración del mapa 16 de amenaza por causas históricas, se le asignó la calificación correspondiente a cada uno de los puntos de incendios y se realizó una interpolación con el método IDW que crea correlación entre vecinos cercanos, lo que quiere decir que entre más aglomerados estén los incendios con la misma calificación, el espacio vecino será categorizado de la misma manera. Al modelar los datos en el territorio se visualiza una franja de alta amenaza que atraviesa a las aldeas de Xesana, Rancho, Chuasiguan, el centro poblacional y parte de Chuij por la existencia de 19 incendios intencionados que están juntos. Otras aldeas en donde se observan espacios altamente amenazados son Rácana, Patzam, Xesana, Xecachelaj, Chuisactol, Chuacorrall y III.

Mapa 16. Sub factor de causas históricas.



Fuente: Elaboración propia con datos del SIPECIF.

En cuanto a la amenaza moderada, en el mapa 16, aparece una zona en Chuacorrall I, se extiende en Rácana y una parte pequeña en el centro poblacional; los incendios que la conforman son 15, siendo en su mayoría por quema agrícola, aunque también se registra uno por leñadores y dos por fogatas; además, se puede notar que las aldeas Xebé, Chuisactol y Xecachelaj poseen una gran parte de su territorio con amenaza moderada, la mayoría de estos incendios están provocados por la agricultura. Las aldeas con muy baja amenaza son Xecaja, Chuicaca y Xecococh ya que no se han registrado problemas o las causas de los incendios son menos devastadores históricamente.

Para el tercer análisis se extrajeron datos del apartado de verificación y control, ubicado en la boleta del SIPECIF, donde se pregunta si el incendio forestal fue iniciado junto a urbanización, área de cultivo, zona con afluencia de visitantes, carretera, basurero o dentro del bosque; la información fue procesada con el método utilizado en el mapa 16, lo que conlleva el análisis de cantidad de área quemada por su inicio, creación de rangos, asignación de calificación e interpolación por el método IDW. A continuación, la tabla 19 muestra la información que fue utilizada en el proceso.

Tabla 20. Categorías de la amenaza a incendios forestales por cercanía de inicio.

Hectáreas dañadas*	No. Incendios	Iniciado junto a	Categoría de amenaza	Calificación
0 – 131.29	8	Urbanización, zona turística, basureros	Muy baja	1
131.29 – 262.57	35	Carreteras	baja	2
393.86 – 525.14	77	Área de cultivos, otros lugares	Alta	4
525.14– 656.43	67	Dentro del bosque	Muy alta	5

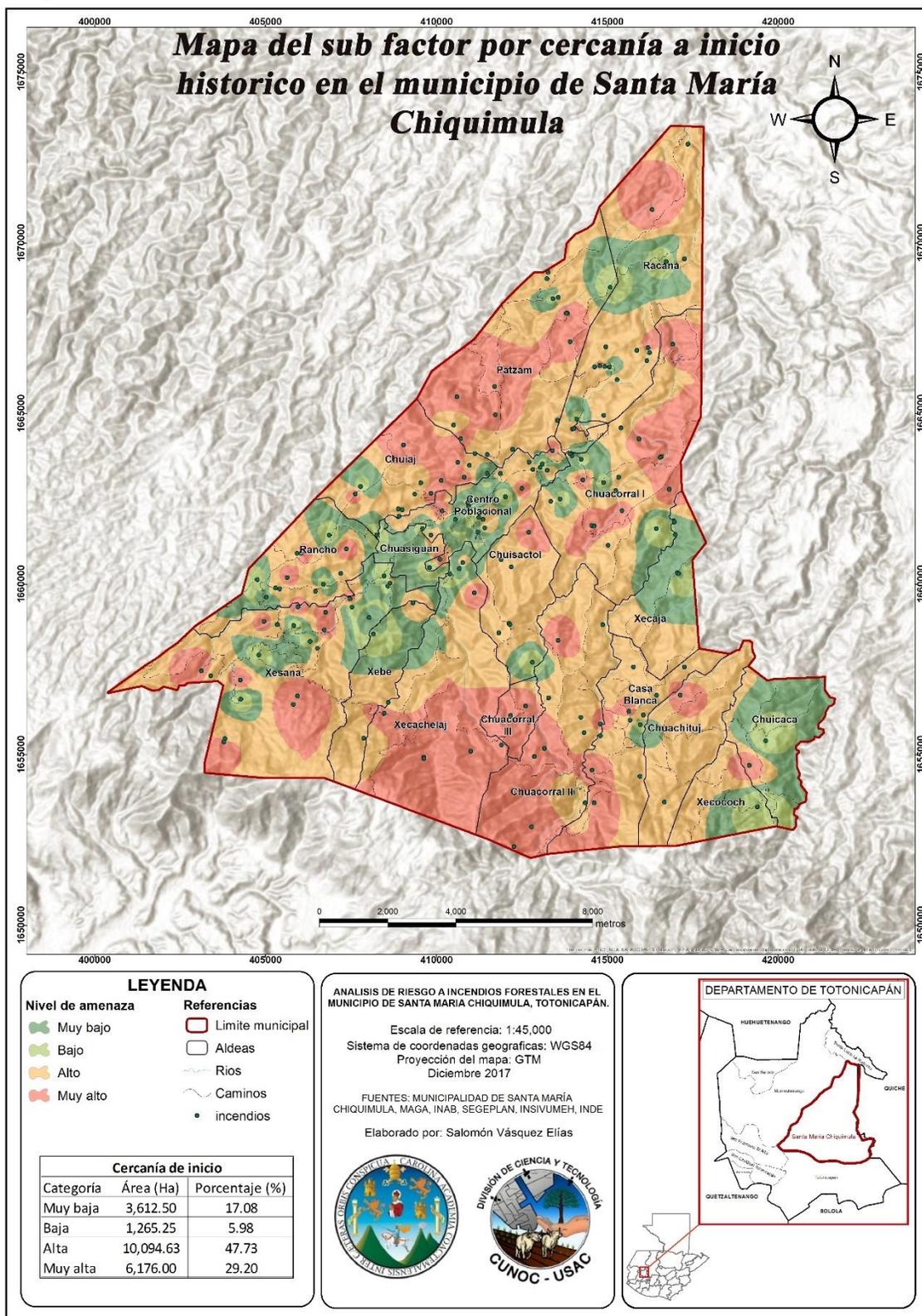
Fuente: Elaboración propia.

*En el anexo 7.4.2.4 se demuestra de manera amplia el proceso de categorización.

Lógicamente los incendios iniciados dentro del bosque son los que más hectáreas han consumido históricamente ya que tienen el combustible disponible, mientras tanto las áreas de cultivo se clasifican como amenaza alta por ser zonas cercanas a los bosques y su velocidad de avance es rápida; en cambio, los incendios que fueron iniciados cerca de las carreteras presentan amenazas bajas, sin embargo, la cantidad de registros es elevada, ya que son 35 incendios con estas características pero históricamente han consumido 221.04 hectáreas, lo que resulta poco al compararlas con los primeros lugares de la tabla

Los incendios forestales iniciados en lugares que se han modificado por actividades humanas (zonas urbanas, basureros) o son recurrentes por turistas presentan amenazas muy bajas ya que poseen poco combustible disponible, por tal razón no se expanden con facilidad a las áreas aledañas, lo que causa menos daño a los bosques.

Mapa 17. Sub factor de cercanía a inicio histórico.

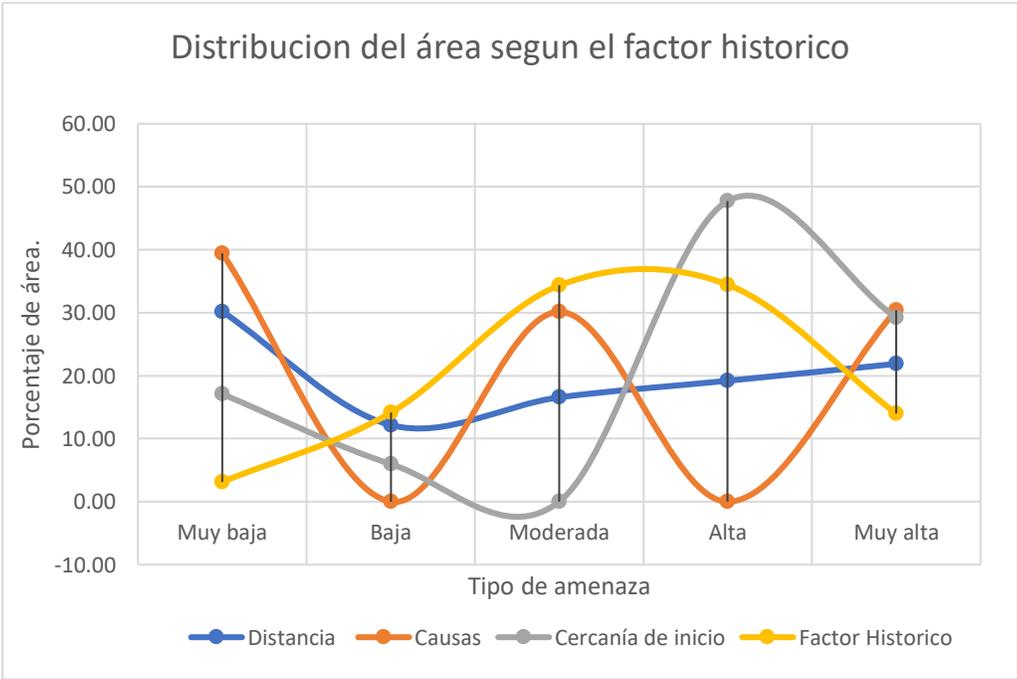


Fuente: Elaboración propia con datos del SIPECIF.

Al momento de modelar el mapa 17, se evidencia que la amenaza muy alta presenta tres zonas grandes, la primera está situada en la aldea Patzam y Chuiyaj, compuesta por 10 incendios; la segunda está situada en las aldeas de Casa Blanca, Chuacorrall II, Xecachelaj y una pequeña parte en Xebé, dentro de este espacio se registran 13 incendios; por último, se encuentra la zona en la aldea de Chuacorrall I con tan solo 8 registros. La amenaza alta se visualiza en la mayoría del territorio representando el 47.73%, la razón de esta expansión es la gran cantidad de incendios registrados tal como lo muestra la tabla 19, ya que en total son 77 de los cuales 63 son en áreas de cultivos y solamente 14 en otros lugares por lo que nuevamente se visualiza el impacto que tiene la agricultura en la iniciación de los incendios.

La amenaza baja, representada por los incendios forestales iniciados junto a carreteras, tiene una distribución geográfica distanciada entre sí según el mapa 17, esto quiere decir que se generan en diferentes caminos; entre las razones de la poca expansión histórica podemos mencionar que los incendios son controlados inmediatamente ya que poseen accesibilidad y que los caminos siempre funcionan como una barrera corta fuego que disminuye la expansión; la amenaza muy baja es poco frecuente ya que solo se contabilizan 8 incendios y los lugares que no han reportado daños. La aglomeración más grande de amenazas mínimas está cercana al centro poblacional en donde contribuye la facilidad de acceso a diferencia de las zonas dentro del bosque donde se dificulta la llegada y existe desgaste físico de parte de quienes combaten el fuego.

Gráfica 11. Distribución del área por el factor histórico



Fuente: Elaboración propia

Los tres sub factores derivados de los análisis respecto a la distancia, las causas y la cercanía de inicio, son unidos para crear el factor histórico en donde se mezclan cada una de las variaciones; en la gráfica 11 se puede apreciar la variación del porcentaje que van ocupando las diferentes amenazas según el área del municipio, además se visualiza que el factor histórico no tiene una tendencia definida por los otros elementos, por lo que se puede decir que no existe un sub factor que predomine.

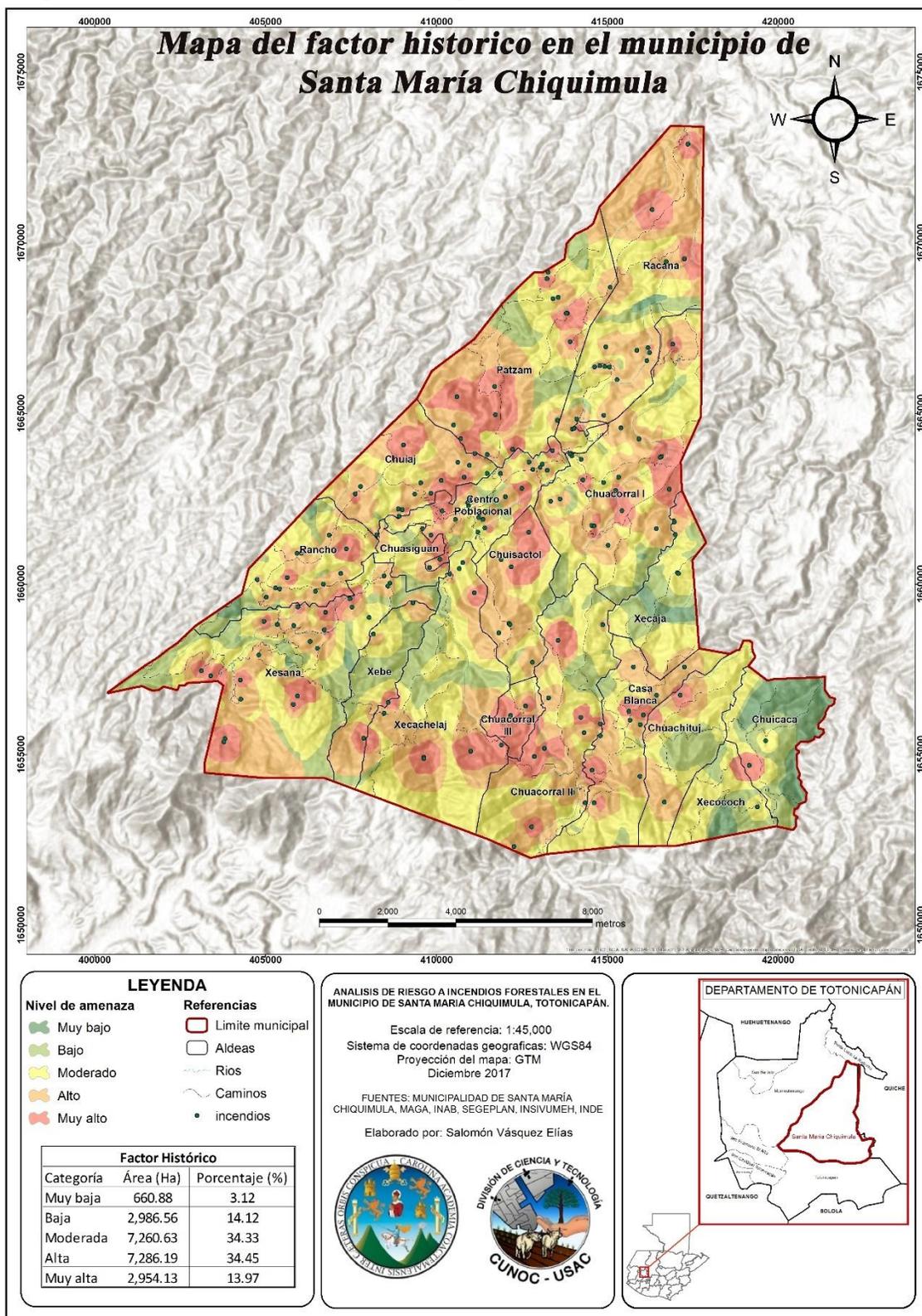
La gráfica 11 muestra que las variaciones más grandes están en la amenaza muy baja, en donde los sub factores tienen porcentajes mayores al 15% pero el factor histórico tiene el 3.12%, lo cual es una disminución considerable; en las amenazas bajas y moderadas las variaciones son positivas ya que aumenta el porcentaje de las zonas. La categoría de amenaza alta desciende comparado con la cercanía de incendios, sin embargo, es el pico del factor histórico con el 34.45%, mientras que la variación en la amenaza muy alta es negativa comparada a los sub factores, con el 13.97% de todo el territorio.

Al modelar la información se genera el mapa 18 en donde se muestra que las zonas con amenaza muy alta están distribuidas en la mayoría del territorio municipal, las aldeas con las áreas más grandes son Patzam, Chuisactol, Rácana, Chuacorrall II y III, solo se exceptúa a Xecaja quien no presenta este tipo de clasificación, El territorio altamente amenazado es el más grande distribuyéndose en todo el municipio salvo en la aldea de Chuicaca en donde no existe este tipo de amenaza, las zonas más grandes se encuentran en la aldea Rácana Chuacorrall I, Patzam y Xesana, además hay un gran espacio que se comparte entre las aldeas de Chuachituj, Casa blanca y Chuacorrall II.

Existen muchas aldeas que poseen una mezcla de diferentes amenazas, ya que varía mucho la causa, la razón de inicio junto a un lugar específico y la cantidad de incendios que se han generado, por tal motivo se puede visualizar variaciones en la mayoría de las aldeas como por ejemplo en Chuijaj, Rancho, Xesana, el centro poblacional, Chuacorrall I y II. Los espacios con amenazas mínimas son reducidos dado que en estos lugares nunca se han registrado incendios y están alejados de las zonas más afectadas, solamente algunas aldeas poseen espacios grandes con estas características entre ellas están Xecococh, Chuicaca, Xecaja y Xebé.

En conclusión todas las aldeas han sido afectadas por uno o más incendios, sin embargo, no todos tienen las mismas características, por tal razón varía el tipo de amenaza histórica dependiendo de la cantidad y el comportamiento de los incendios a lo largo de los años analizados, de este mapa también podemos resaltar que existen lugares muy amenazados que no han reportado incendios, pero su cercanía a zonas en donde la ocurrencia es repetitiva las coloca en alta susceptibilidad por lo que pueden ser afectadas en algún momento y tener daños graves, tanto los bosques como los lugares poblados.

Mapa 18. Amenaza a incendios forestales por factor histórico.



Fuente: Elaboración propia con datos del SIPECIF.

4.1.2. Vulnerabilidad

4.1.2.1. Vulnerabilidad físico estructural.

En la vulnerabilidad físico estructural se analizaron tres indicadores claves, el primero de ellos es la ubicación de las viviendas respecto a los incendios que históricamente han ocurrido, el segundo hace referencia a la calidad de construcción y de último la ubicación de edificios públicos; en el primer indicador los grupos focales aseguran que la mayoría de los incendios forestales son alejados de las casas, sin embargo, las promotoras agrícolas de Chuisactol, Xesana y Chuachituj explican que en sus localidades hay algunos casos en donde los incendios se han propagado hasta llegar a las zonas habitables, dañando cultivos y estructuras como invernaderos o corrales de animales de crianza, pero no han afectado directamente las viviendas.

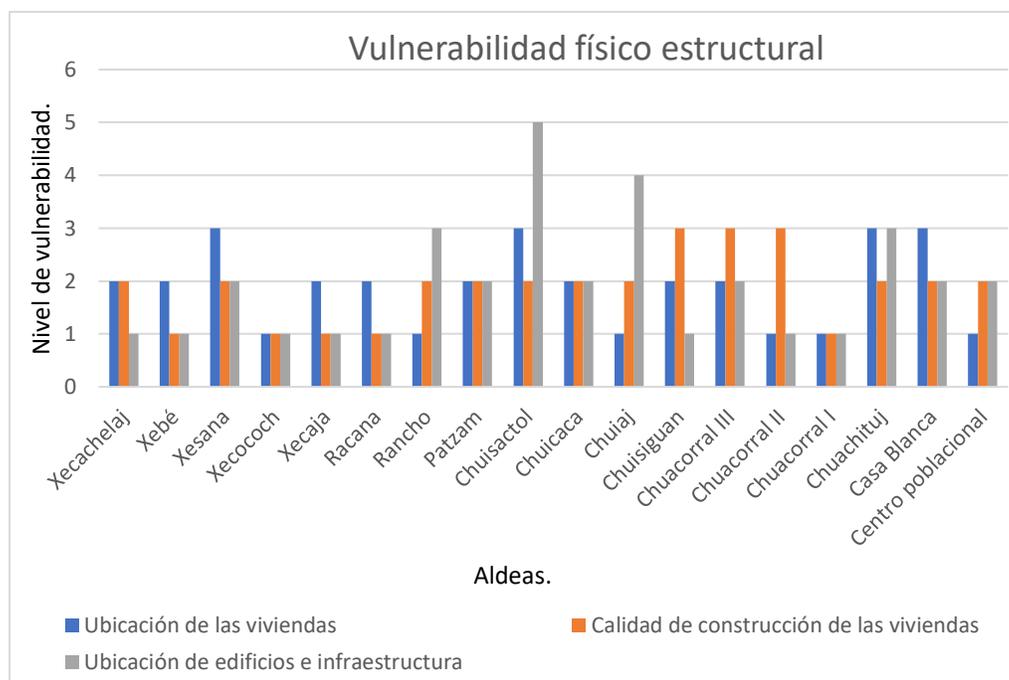
La calidad de la construcción se refiere a la inflamabilidad de los materiales que se usaron para las viviendas, en este caso los representantes de las aldeas no consideran que tengan estructuras vulnerables al fuego ya que las casas están hechas de adobe lo que para ellos no es un material tan fácil de incendiar. En otras aldeas como Chuacorrall I y II reconocieron que existen algunas viviendas hechas de madera y casos aislados en donde se caen partes del adobe que se reparan con nylon o madera, lo que genera vulnerabilidad al ser materiales fáciles de combustionar.

Por último, se analizó la ubicación de los edificios públicos (escuelas, iglesias, centros de salud, etc.) e infraestructuras (puentes, sistemas de agua, caminos, alambrado eléctrico, etc.) y los daños que se han registrado por los incendios forestales; en los edificios públicos no han existido deterioros por los incendios según lo que aseguran las alcaldías comunitarias y los promotores de las aldeas, a excepción de Chuachituj en donde se registró el daño a una iglesia. El único inconveniente en las otras aldeas es el humo que llega a las escuelas, iglesias y centros comunitarios al momento de ocurrir incendios de gran magnitud, lo que afecta las actividades realizadas en estos lugares, sin embargo, rara vez ha pasado.

La infraestructura que ha sido dañada por los incendios forestales son los sistemas de tubería que conducen agua desde los nacimientos hasta las casas, normalmente los tubos son enterrados a una profundidad considerable para garantizar su duración, sin embargo en Santa María Chiquimula la mayoría de estos trabajos han sido elaborados por personas que no toman en cuenta consideraciones técnicas y dejan los tubos al descubierto, a esto se le suma que la red de tubería con frecuencia pasa por zonas forestales por lo que al momento de ocurrir un incendio los pobladores se han visto afectados por malformaciones que disminuyen el caudal o no permiten el paso del agua.

Por otro lado, está el servicio de cableado eléctrico que pasa por los caminos principales, pero al momento de distribuirse de una aldea a otra se colocan en zonas forestales, hasta el momento los habitantes no han comprobado ningún problema, pero consideran vulnerable a estas estructuras por tratarse en su mayoría de postes de madera y cableado recubierto de materiales inflamables, además, los pobladores demuestran su preocupación a que existan fallas y puedan causar cortos circuitos que generen ignición en las masas forestales.

Gráfica 12. indicadores de la vulnerabilidad físico estructural.

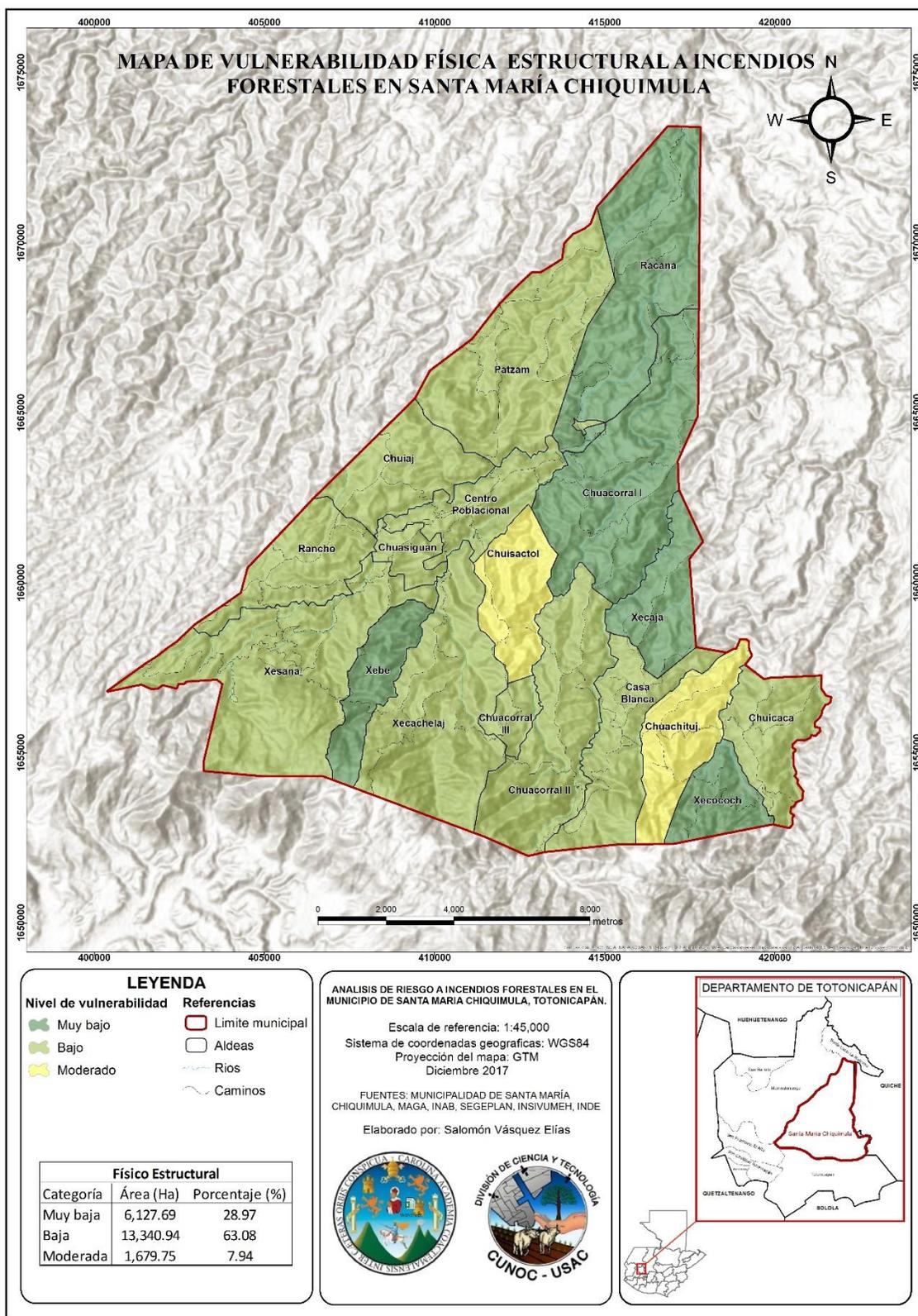


Fuente: Elaboración Propia.

Los lugares menos afectados son la aldea Chuacorrall I y Xecococh como se ve en la gráfica 12, según los pobladores los incendios se dan más en zonas retiradas y no han causado daños que afecten a la población, incluso en la segunda aldea mencionada se dice que los incendios no son recurrentes.

Tanto en la gráfica 12 como en el mapa 19 se puede observar que la aldea más afectada por los tres indicadores es Chuisactol, lugar en donde los incendios son frecuentes cada año según los promotores y los integrantes de la alcaldía comunitaria del lugar, seguido por la aldea Chuachituj que también presenta vulnerabilidad moderada. En el mapa se puede observar una franja de muy baja vulnerabilidad que está compuesta por Rácana, Chuacorrall I y Xecaja; en su mayoría el territorio presenta vulnerabilidad baja, debido a que no se han registrado daños frecuentes en las estructuras y servicios de los poblados.

Mapa 19. Vulnerabilidad físico estructural.



Fuente: Elaboración Propia.

4.1.2.2. Vulnerabilidad social.

Se calculó por medio del nivel de organización poblacional que se encuentra existente en el lugar, tomando como referencia el número de las organizaciones legalmente reconocidas en la comunidad que velan por la seguridad cuando hay incendios, algunas organizaciones son las siguientes:

Guardabosques comunitarios: Son personas de las mismas comunidades que se van rotando para cuidar los bosques comunitarios, en algunos casos estas zonas forestales se encuentran inscritas en los programas PINPEP²⁶ y/o PINFOR²⁷.

Alcaldías comunitarias: Son personas electas para ejercer como autoridades comunales, cumplen con organizar a los pobladores a fin de velar por el bien común, existen muchas que tienen una organización sólida de carácter cooperativo²⁸ con protocolos que siguen ante los incendios forestales, resguardado la integridad de la comunidad y el de los bosques.

COLRED: Son las Coordinadoras Locales para la Reducción de Desastres que existen en algunas comunidades, entre sus funciones esta prevenir, planificar, educar y apoyar en caso de amenazas como los incendios forestales, normalmente están integradas por personas de la misma comunidad y representantes de las alcaldías comunitarias.

Brigada del SIPECIF: Siendo la segunda que operaba en el departamento de Totonicapán, esta brigada actuaba al momento de generarse incendios, pero según los pobladores solo eran observados cuando los incendios forestales eran de gran magnitud.

Bomberos forestales: Son grupos capacitados por el INAB y organizaciones no gubernamentales para poder combatir incendios forestales con equipo de protección, están presentes en ocho aldeas (Xebé, Xecachelaj, Xesana, Chuacorrall III, Chuachituj, Casa Blanca, Chuijaj), aunque según el encargado de la oficina forestal no cubren toda la comunidad sino solamente grupos reducidos que están dentro de los programas PINPEP o PINFOR.

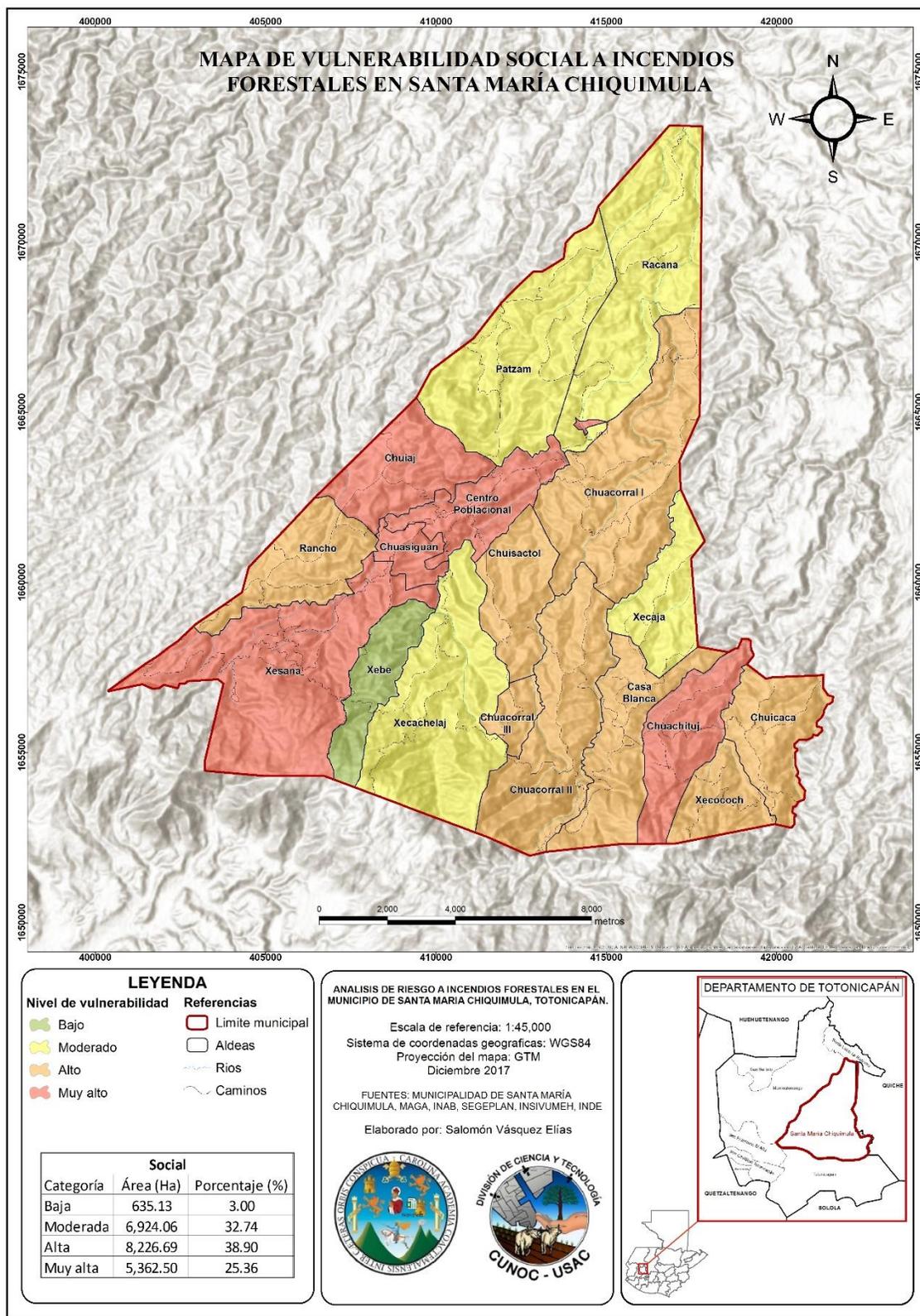
En el mapa 20 se muestra que la mayoría de aldeas presentan alta vulnerabilidad e incluso llegan a muy alta, debido a que no todas las organizaciones existentes funcionan en los poblados, otras se limitan a ciertos grupos de beneficiados como es el caso de los bomberos forestales o los guarda bosques, por otra parte, la COLRED no cuenta con una cobertura municipal completa ya que apenas están fundándose las primeras en las aldeas.

²⁶ Programa de incentivos para pequeños poseedores de tierras de vocación forestal o agroforestal,

²⁷ Programa de Incentivos Forestales, que el Estado otorga al propietario de tierras de vocación forestal, por ejecutar proyectos de reforestación o manejo de bosques naturales.

²⁸ Véase el apartado de la vulnerabilidad cultural e ideológica

Mapa 20. Vulnerabilidad social.



Fuente: elaboración propia.

La vulnerabilidad social también se incrementa al no contar con la brigada del SIPECIF²⁹, aunque los pobladores los veían escasamente en las aldeas, por el poco personal y la falta de recursos con el que contaban, eran base fundamental para el combate de incendios forestales. En el caso puntual de Xesana, se tiene una vulnerabilidad muy alta debido a malos entendidos con las organizaciones no gubernamentales y la municipalidad, por tal razón no tienen apoyo externo, sin embargo, cuentan con guardabosques comunitarios que velan por el bienestar de las zonas forestales en el lugar.

El centro poblacional tiene vulnerabilidad alta ya que los pobladores no están interesados en la conservación, aludiendo a la inexistencia de áreas forestales en el casco urbano y aunque en los alrededores si posean, son terrenos privados por lo que argumentan que los dueños deben de cuidarlos, por otro lado, las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales se enfocan en las aldeas en donde las zonas boscosas son más significativas dejando de lado las de este lugar. Xebé es la única aldea que tiene una vulnerabilidad baja, según el encargado de la oficina forestal municipal y promotores agrícolas se debe a que diferentes organizaciones han creado una buena relación con los pobladores y las autoridades del lugar, además sus habitantes están interesados en guardar el recurso bosque evidenciándose en la organización comunal que poseen.

4.1.2.3. Vulnerabilidad por red de servicios.

En el momento en que un incendio forestal pequeño llega a los lugares poblados se puede realizar actividades para el control con agua, utilizándola como un disipador del fuego al humedecer el combustible potencial, lo que suelen funcionar para disminuir el impacto o eliminarlo por completo³⁰; además el agua es un elemento que se usa para eliminar focos de incendios luego de combatirlos, según expertos en el tema es difícil utilizar este recurso ya que no se encuentra disponible en las cercanías y llevar una bomba es sumamente cansado por lo que se aconseja solo para el control posterior.

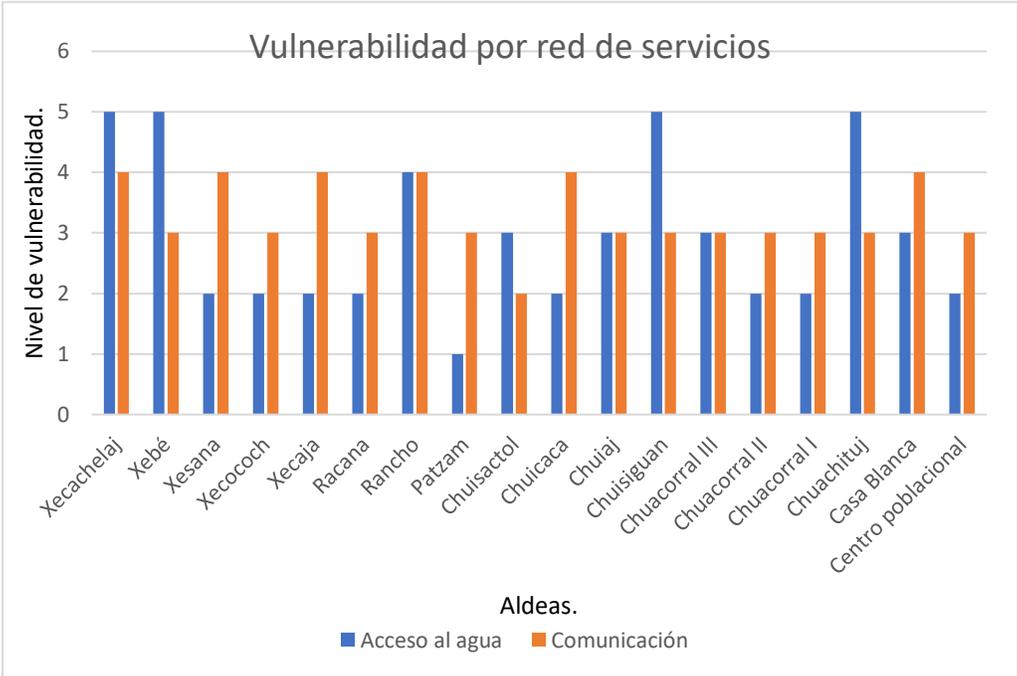
Conociendo este contexto se puede ver la importancia del acceso al agua en los hogares, sin embargo, un gran porcentaje de los pobladores en Santa María Chiquimula no poseen fuentes naturales de agua y son pocas las aldeas que tienen acceso al agua potable, ya que no existen pozos artesanales y solo algunas personas implementan técnicas de cosecha de agua según los grupos focales consultados.

²⁹ Acuerdo Gubernativo 156-2017. (Presidencial). Acuérdate derogar el Acuerdo Gubernativo Número 63-2001 de fecha 16 de febrero de 2001, por medio del cual se crea el Sistema Nacional para la Prevención y Control de Incendios Forestales -SIPECIF-.

³⁰ Aunque la ronda corta fuego es la opción más aconsejable la mayoría de pobladores no saben cómo emplearla y optan por la opción del agua al ser la más conocida, a esta técnica se le conoce como “líneas húmedas”. (Rubio, 2015)

El otro servicio evaluado es la comunicación, puesto que en algunas aldeas las casas se encuentran distanciadas unas de otras, el tener un aviso por medio de servicio móvil es importante para que los pobladores se puedan organizar entre ellos y actúen rápidamente ante el avance del fuego, lo que garantiza la inmediata extinción; además la brigada del SIPECIF contaba con números de teléfonos en donde los pobladores podían contactarlos si se presentaban emergencias con incendios forestales, igualmente los trabajadores municipales (bomberos municipales, alcalde, concejales y trabajadores de la oficina forestal) recibían llamadas y funcionaban como intermediarios para que la brigada conociera sobre la situación en diferentes lugares.

Gráfica 13. Indicadores de la vulnerabilidad físico estructural.

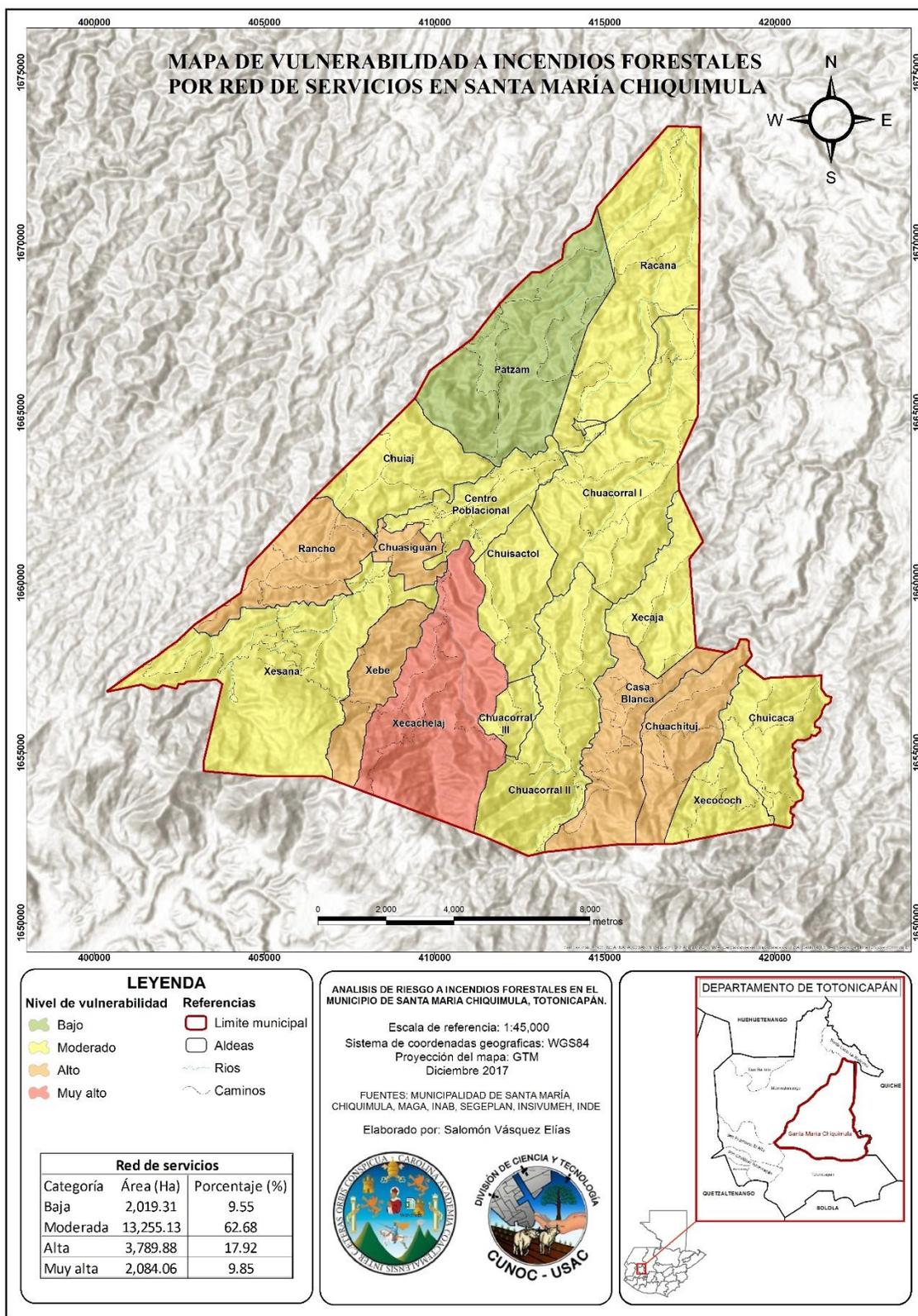


Fuente: elaboración propia.

Como se muestra en la gráfica 13 las aldeas de Xecachelaj, Xebé, Chuasiguan y Chuachituj son las que poseen un gran porcentaje de personas sin agua entubada, normalmente solo en ciertos sectores llega el servicio, además no tienen acceso a fuentes naturales; las otras aldeas se quejan de un servicio deficiente porque solo llega en ciertas horas del día y no es constante a lo largo del mes. Patzam cuenta con un porcentaje alto de pobladores con agua entubada pero los informantes no entraron en detalle con la eficiencia del servicio.

En el caso del servicio telefónico la mayoría de los grupos focales expresaron que en la familia se tenía uno o más dispositivos móviles o teléfonos residenciales sin embargo no conocen los contactos ni a las autoridades competentes; algunos promotores y miembros de las alcaldías comunitarias si estaban al tanto de a quien llamar, pero eran pocos los casos.

Mapa 21. Vulnerabilidad por red de servicios.



Fuente: Elaboración Propia.

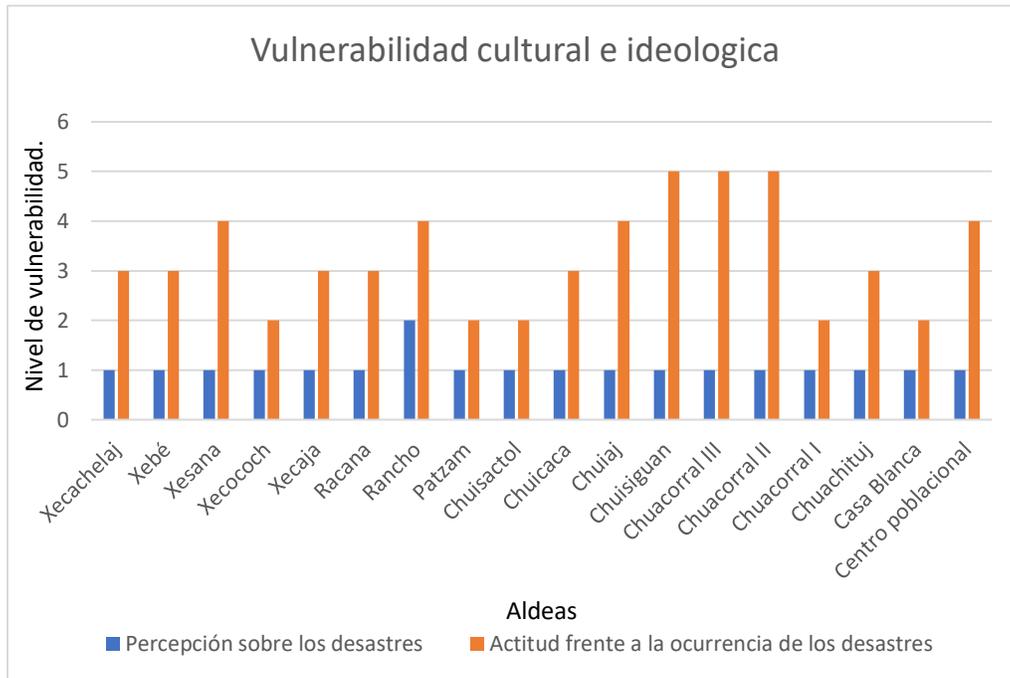
4.1.2.4. Vulnerabilidad cultural e ideológica.

Normalmente se le atribuye a una entidad divina las catástrofes, esto depende de la percepción ideológica que tenga la persona sobre el fenómeno al que es expuesto, la predisposición de un fenómeno a una fuerza mística causa que las personas no quieran tomar medidas preventivas o reactivas al momento de que ocurran los daños, en este caso en particular se utilizó como indicador en los grupos focales la cantidad de familias en la comunidad que consideran a los incendios forestales con orígenes divinos, míticos y/o naturales, la respuesta fue generalizada al expresar que en realidad los incendios forestales están fuertemente ligados a la actividad humana y no consideran que sea por causa natural puesto que nunca han visto incendios provocados por estas razones; al mismo tiempo creen que los incendios son intencionados por el deseo de utilizar los productos forestales.

Según los grupos focales las personas que desean aprovechar la leña deben de realizar los trámites en la municipalidad, pero argumentan que son tediosos y se facilitan luego de ser incendiadas las zonas de extracción, además, al momento de quemar los árboles quedan totalmente secos, lo que mejora sus características para ser utilizados en la cocción de alimentos, esto garantiza la venta a terceros o el uso doméstico; otra de las causas son los conflictos entre familiares o personas particulares por molestias vinculadas a la tenencia de la tierra e incluso la mala intención hacia los programas de incentivos forestales, ya que existen casos evidenciados por personal del INAB en donde los propietarios de las parcelas no quieren poner el rotulo de registro porque queman los terrenos con el fin de que el propietario no reciba los beneficios que proporcionan las entidades encargadas. Los grupos focales también hacen alusión a la siembra de maíz por ser importante en la región, expresan que al momento de realizar la roza no se tiene en cuenta las técnicas adecuadas, lo que provoca incendios puesto que las zonas agrícolas normalmente colindan con áreas forestales.

El otro indicador es la actitud frente a los incendios, aquí se pretende conocer como las personas reaccionan ante el avance del fuego, la forma en que se organizan y los métodos que tienen para agruparse; existen tres actitudes recurrentes al momento de un incendio forestal vinculadas a la tenencia y distribución de la tierra, la primera es individual, la segunda mixta y la tercera cooperativa; la actitud individual es observada en aldeas donde la cantidad de bosque comunal es poca o inexistente, por lo que la mayoría de zonas forestales son privadas, cada propietario vela por lo que le pertenece y solo suelen ayudarse entre familias, ejemplo de ello es la aldea Chuasiguan y el centro poblacional; la actitud mixta se refiere a que en las aldeas existen partes en donde se individualiza el esfuerzo y en otras es cooperativa, debido a dos razones: la primera es por causa de grupos asociados en ONG's, que se inclinan a apoyarse entre ellos y en algunas ocasiones a la comunidad; la otra tiene que ver con la extensión territorial de algunas aldeas, por lo que se han generado grupo de vecinos que acuden cuando el incendio es en su sector o está cercano, pero no se movilizan a grandes distancias.

Gráfica 14. indicadores de la vulnerabilidad Cultural e ideológica.



Fuente: Elaboración Propia

Cuando se toma una actitud cooperativa es porque existen bosques comunales, por tal razón las personas están organizadas para poder enfrentar los incendios forestales y tienen métodos para alertar a los vecinos; las aldeas Rácana y Chuijaj tienen tambores que se usan para convocar a reuniones comunales y estos mismos artefactos se utilizan con el fin de que los pobladores ayuden al momento de un incendio forestal, según los alcaldes comunales la respuesta siempre es positiva, incluso se apoya a los terrenos privados, conscientes de que puede expandirse hacia otros lugares, en Chuijaj se comete infracción si no se atiende al llamado, como consecuencia la persona debe de pagar con trabajo comunitario, este sistema se acaba de implementar por la falta de participación.

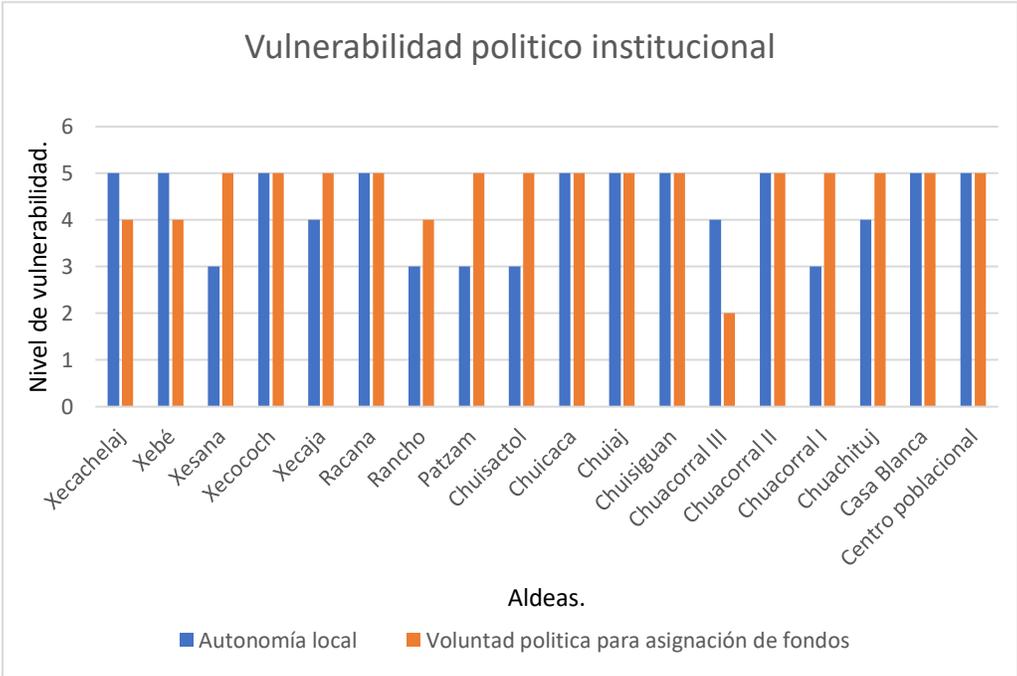
También se usan altoparlantes en la aldea Chuisactol y Xecaja con el mismo fin, se cuenta con una cantidad considerable de personas que van y apoyan para que el incendio no se propague, según la alcaldía comunitaria de Xecaja el ultimo incendio en el bosque comunal fue en el año 2012, de esta manera se evidencia la funcionalidad del sistema. En Chuicaca se tiene un amplificador de sonido que se transporta en un automóvil, con este sistema se alerta a los comunitarios para que brinden su apoyo, el ultimo incendio registrado fue en el año 2015 pero fue de pequeña magnitud, el más grande según la alcaldía comunitaria se registró en el año 2013, dando buenas referencias sobre la manera en la que trabajan las alcaldías de estos lugares.

Cuando se saca la media se puede ver que el indicador referente a la ideología influye mucho, tal como lo muestra el mapa 22, ya que se puede observar que la mayoría del territorio tiene vulnerabilidad baja por la opinión tan acertada que tienen al momento de analizar la causa de los incendios; mientras que las aldeas que tienen vulnerabilidad moderada están influenciadas por el indicador de actitud frente la ocurrencia de los desastres, en la mayoría de ellas debido a que se tiene una reacción mixta (en algunas partes es colaborativa y en otras es individual), mientras que el centro poblado y Chuasiguan suelen ser individuales como anteriormente se explicó.

4.1.2.5. Vulnerabilidad político institucional.

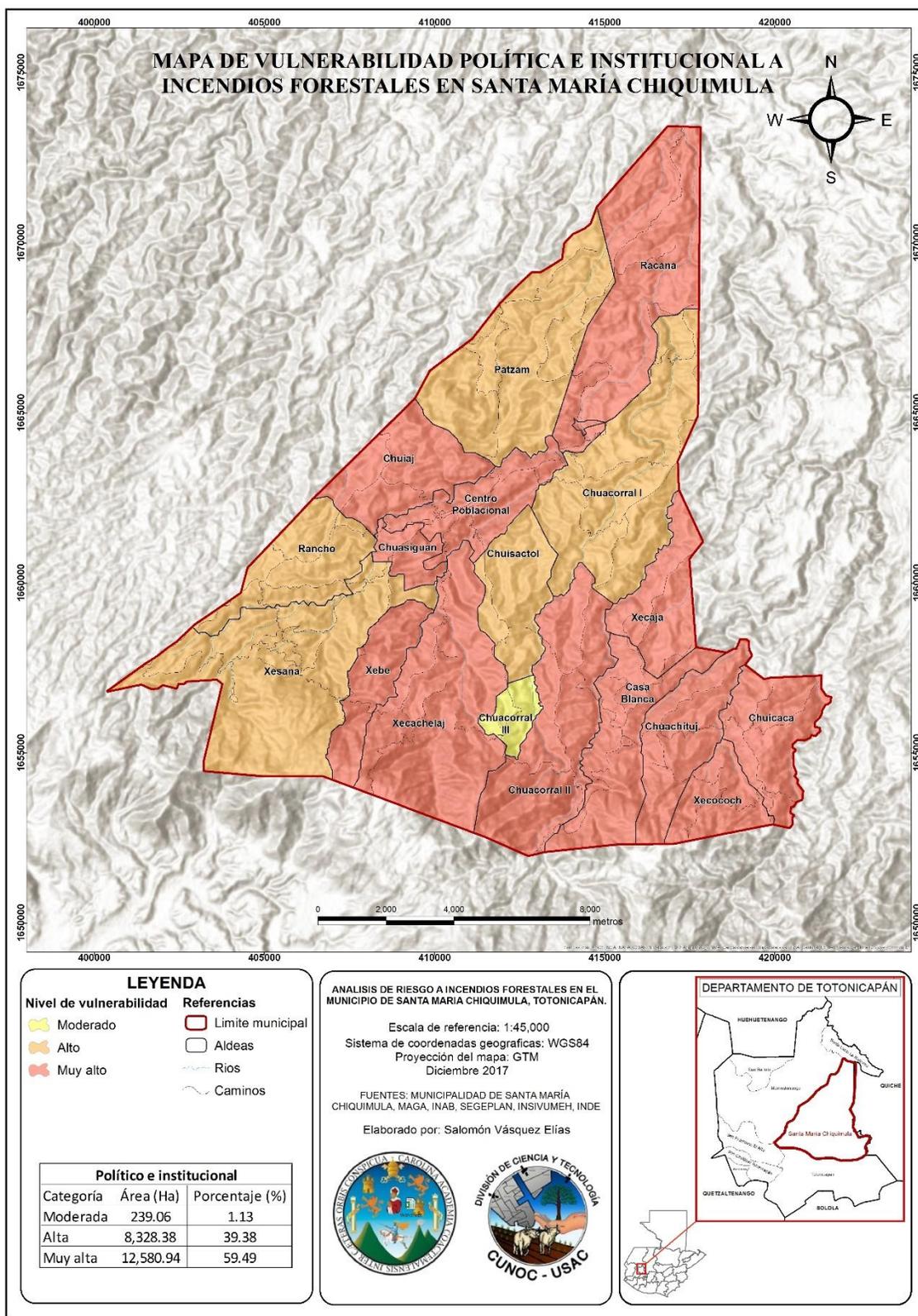
Cuando existe una amenaza se gestionan proyectos con el fin de prevenir, mitigar o adaptarse a los efectos que tiene sobre el lugar, en este contexto existen dos indicadores claves; el primero son los habitantes del lugar que generan ideas entorno a una solución y gestionan financiamiento; en segundo término están los financiadores. Para medir el primer indicador se analizó la autonomía local preguntando cuántos proyectos en ejecución con énfasis en los incendios forestales han sido propuestos por los habitantes del lugar, la respuesta recurrente de los grupos focales es la inexistencia de proyectos, normalmente se gestionan proyectos de estructura y servicios; algunas aldeas aseguran tener un proyecto en ejecución, refiriéndose a la conformación de bomberos forestales; pero no todos los entrevistados lo consideran como un proyecto propio de la comunidad.

Gráfica 15. Indicadores de la vulnerabilidad político institucional.



Fuente: Elaboración Propia

Mapa 23. Vulnerabilidad política e institucional.



Fuente: Elaboración Propia.

Las comunidades de Rancho, Patzam, Chuisactol, Xesana y Chuacorrál I, aseguran tener proyectos de resiliencia enfocados a los incendios forestales, estos se basan en los viveros gestionados que tienen disponibilidad de pilones para resembrar en lugares donde un incendio ha causado daños; aunque en otras aldeas se tienen viveros forestales impulsados por diferentes ONG's los grupos focales no lo consideran como un proyecto comunal sino de intereses particulares, lo que causa una separación de los esfuerzos en los habitantes por el bien común.

Respecto a la voluntad política, la municipalidad de Santa María Chiquimula no cuenta con asignación de fondos para proyectos enfocados a los incendios forestales, lo que dificulta apoyar a las comunidades al momento de presentarse una iniciativa según lo indica el encargado de la oficina forestal; por ello muchas comunidades se expresan negativamente sobre el interés de la comuna ante esta problemática. Sin embargo, ya que la oficina forestal es quien facilita los tramites respecto al PINPEP, algunos grupos focales toman esta acción como una manera de disminuir los incendios forestales, tal es el caso en Chuacorrál III en donde se han gestionado proyectos de este tipo y consideran positivas las acciones de la municipalidad, por ello, al calcular la media de los indicadores es la única aldea que tiene vulnerabilidad moderada tal como se observa en el mapa 23, en contraste con la mayoría de aldeas quienes presentan una vulnerabilidad alta y muy alta, ya que aunque existen proyectos no son generados desde el interés de los habitantes y tampoco cuentan con el apoyo municipal.

4.1.2.6. Vulnerabilidad educativa.

La educación es sumamente importante ya que la información puede garantizar el tomar acciones preventivas y defenderse de los incendios forestales; existen diferentes actores que se dan a la tarea de concienciar a la población, además de tener acciones concretas de prevención, a continuación, se describe algunas de ellas:

Promotores agrícolas: Organizan actividades para mejorar la producción agrícola familiar, sin embargo, algunas organizaciones con las que trabajan los orientan para no quemar los restos del cultivo de maíz, sino que los incorporen al suelo, además concientizan a los grupos para no generar incendios intencionados.

Alcaldías comunitarias: Muchas de las alcaldías reconocen que los incendios forestales son un problema grave, por tal razón al estar en temporada de incendios aprovechan cada reunión para recordar a los padres de familia tener especial cuidado con los niños ya que se creó son ellos los que generan los incendios forestales al realizar juegos mal intencionados con fuentes de calor (fósforos, brazas o juegos pirotécnicos.); en algunas comunidades se asigna a un integrante de la alcaldía, comúnmente llamados alguaciles, para que pase de casa en casa y recuerde las medidas de prevención.

Escuelas: Los maestros recuerdan a los padres de familia tener cuidado con los niños y vigilar que no se den acciones mal intencionadas en los bosques, además se les llama la atención a los adultos para que no provoquen incendios, explicándoles la importancia que tienen los bosques en las comunidades.

Comités de agua: Son personas encargadas de juntar cuotas para solucionar problemas con la red de tuberías, algunos piden cuando existen inconvenientes, mientras otros han creado una caja chica. Debido a los daños a la infraestructura de agua entubada en sus reuniones hablan sobre los problemas que suelen causar los incendios forestales, pero no todos los comités se preocupan por este tema.

Oficina forestal municipal: Entre sus funciones está el proteger el recurso bosque; en los últimos años existe mucha vinculación entre ONG's y han impulsado talleres para crear brigadas comunales de bomberos forestales que cuentan con el apoyo del INAB.

Oficina municipal de agua y saneamiento: Algunos pobladores expresan que hacen actividades en fechas como el día del agua o del bosque, en donde se realizan charlas que concientizan sobre la importancia de los bosques y como son dañados por la imprudencia humana entre ellas los incendios forestales, aunque solo se llevan a cabo en el centro poblacional comúnmente en los días de plaza.

Con esta información se modeló el mapa 24, en donde se puede observar que seis aldeas tienen una vulnerabilidad moderada ya que no todas las personas de las comunidades asisten a las reuniones organizadas por las diferentes instituciones, sin embargo, poseen conocimiento sobre los incendios forestales y han escuchado recomendaciones por medio de las escuelas en donde asisten los niños; son ocho aldeas las que tienen vulnerabilidad baja y muy baja, normalmente estos lugares tienen la presencia de diferentes organizaciones y poseen diferentes fuentes de información sobre la manera de prevenir los incendios forestales; mientras que Chuasiguan, Chuacorrall III y Chuachituj tienen vulnerabilidad alta debido al poco interés de parte de la población en los temas forestales, además en Chuasiguan no existe bosque comunal por lo que la población tiene una actitud individual y no se interesan en conocer los prejuicios de los incendios forestales.

En general existe información, los pobladores saben las razones de los incendios forestales y los daños que pueden provocar, sin embargo no hay conocimientos concretos de cómo actuar ante los incendios forestales y desconocen a quien acudir si el fuego se descontrola; de manera que el conocimiento es superficial en la mayoría de aldeas y son pocos los líderes comunitarios que tienen la capacidad de actuar adecuadamente ante esta amenaza, lo que aumenta la vulnerabilidad en el municipio en general.

4.1.2.7. Vulnerabilidad poblacional.

Para el análisis se proyectó la cantidad de población al año 2017 con el fin de tener una información actualizada, el cuadro siguiente muestra la cantidad de personas en cada aldea de los años 2007 y 2017.

Tabla 21. Proyección poblacional para el año 2017.

No.	Aldeas.	Habitantes por Año.		No.	Aldeas.	Habitantes por Año.	
		2007	2017			2007	2017
1	Xecachelaj	1855	2853	10	Chuicaca	2870	4414
2	Xebé	1861	2862	11	Chuiaj	1014	1560
3	Xesana	1564	2405	12	Chuasiqvan	606	932
4	Xecococh	650	1000	13	Chuacorrall III	344	529
5	Xecaja	1246	1916	14	Chuacorrall II	2093	3219
6	Rácana	2195	3376	15	Chuacorrall I	2231	3431
7	Rancho	4694	7219	16	Chuachituj	1383	2127
8	Patzam	1653	2542	17	Casa Blanca	3708	5703
9	Chuisactol	1100	1692	18	Centro poblacional	4692	7216
Total		15718	24174	Total		20041	30823

Fuente: elaboración propia con datos de la COMUDE, SEGEPLAN y del SIGSA.

Para el año 2007 existían un total de 35,759 personas en el municipio según la COMUDE, CARE y los Voluntarios de cuerpo de paz, (2007) mientras que para el año 2017 el sistema gerencial de salud SIGSA (2017) proyectó un total de 54,997 habitantes. Con estos datos se procedió a crear una categorización con la metodología fuzzy, las categorías de vulnerabilidad quedan de la siguiente manera al momento de procesar los datos:

Tabla 22. Categorías de vulnerabilidad poblacional

Categorías y calificación de vulnerabilidad poblacional		
Población 2017	Categoría de vulnerabilidad	Calificación
Menos de 1,867	Muy baja	1
1,867 – 3204	baja	2
3204 – 4541	Moderada	3
4541– 5879	Alta	4
Más de 5879	Muy alta	5

Fuente: Elaboración propia.

Las aldeas con menos población proyectada son las que tienen vulnerabilidad muy baja, entre ellas están las aldeas más pequeñas del municipio quienes son Chuacorrall III, Chuasiqvan y Xecococh, por lo que influye la extensión territorial.

Las zonas con vulnerabilidad baja son las que ocupan el mayor porcentaje del territorio como se puede ver en el mapa 28; Rácana, Chuacorrall I y II son tres aldeas contiguas que denotan una misma característica la vulnerabilidad moderada, sin embargo, la aldea Chuicaca que también comparte la clasificación esta distanciada de las demás.

Casa Blanca es la única aldea dentro de la categoría de vulnerabilidad alta, cabe mencionar que en el lugar se encuentra el segundo mercado más importante en el municipio por lo que el comercio es activo en la zona. En la vulnerabilidad muy alta solo se encuentran dos aldeas y no es de extrañarse que se encuentre el centro poblacional ya que al ser una zona urbana con la capacidad de brindar servicios básicos (agua, luz, transporte) alberga a muchas personas, incluso afirman algunos habitantes que son originarios de otras aldeas, pero se han desplazado al centro por la facilidad de transporte a la cabecera departamental o a Quetzaltenango por razones de estudio o de empleo.

4.2. Discusión de los resultados

4.2.1. Amenaza total.

En la construcción de la amenaza y vulnerabilidad final se utilizaron los datos de la matriz AHP³¹ para crear la ponderación de cada uno de los factores anteriormente analizados, con esta información se construyeron los mapas que grafican la complejidad del territorio en cuanto vulnerabilidad, amenaza y riesgo. Ya que la mayoría de entrevistados explican que las actividades humanas suelen ser el detonante de estos desastres, la matriz de la amenaza tiene como resultado que el factor antrópico es el más importante.

Las personas consultadas explican que en donde históricamente han ocurrido incendios forestales es posible tener nuevamente el mismo problema ya que estos lugares quedan expuestos al resurgir vegetación propensa a incendiarse fácilmente, por tal razón se coloca como el segundo factor más importante; además los incendios forestales registrados y visualizados por los entrevistados están condicionados por la temporada climática, dicho de otra manera, solo son frecuentes en tiempos donde existe una precipitación baja o nula, por tal razón se posiciona en el tercer lugar dentro de la importancia de la amenaza total. En el caso del factor topográfico y de combustible, si bien su interacción es indiscutible, son de menor importancia en comparación de los tres anteriores, puesto que, aunque el combustible sea susceptible o existan condiciones topográficas con alta amenaza, los incendios forestales solo ocurren si está presente una actividad humana que funcione como detonante y tengan las condiciones climáticas favorables, dicha afirmación es apoyada por los datos históricos en la región.

³¹ Se contó con la participación de 5 personas que tienen experiencia en incendios forestales, en el anexo 7.4.3.2. se puede visualizar el perfil de cada uno y la puntuación final del análisis en amenaza y vulnerabilidad.

Tabla 23. Ponderación de los factores determinantes en la amenaza.

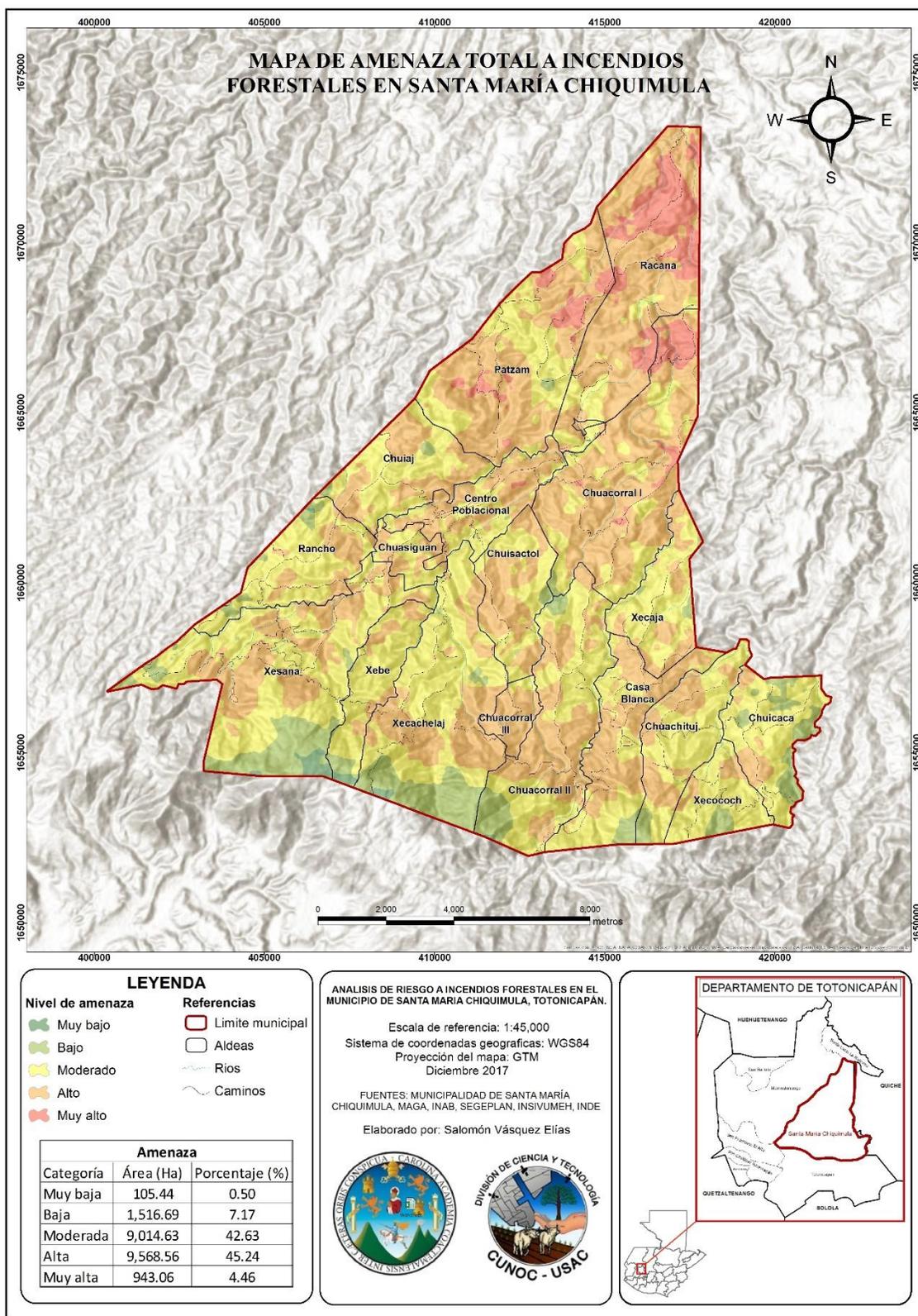
Factores	Ponderación
Antrópico	0.295
Histórico	0.286
Meteorológico	0.175
Combustibles	0.142
Topográfico	0.102

Fuente: elaboración propia.

Tomando en cuenta estas ponderaciones o pesos, según lo define la metodología, se obtuvo como resultado el mapa 26 de amenaza final que modela los lugares en donde todos los factores interactúan y se crean espacios con probabilidad alta a que inicie un incendio forestal; al observar el resultado se visualiza que Santa María Chiquimula suma un 49.7 % de su territorio con amenaza alta y muy alta (45.24% y 4.46% respectivamente) por lo tanto es posible que la mitad del lugar siempre presente incendios forestales de alto impacto para los bosques existentes; Rácana es la aldea más amenazada, seguido por Patzam, Chuacorrall I, el centro poblacional y Chuisactol, esto evidencia que la amenaza está orientada hacia el norte del municipio, además existe un espacio de gran extensión con amenaza alta que se encuentra entre Xecachelaj, Chuacorrall II, Casa Blanca, Chuachituj y una pequeña parte en Xecaja, las otras áreas están dispersas en todo el municipio, demostrando la susceptibilidad general hacia estos fenómenos.

El 42.63% del territorio está moderadamente amenazado, lo que indica la presencia de puntos de ignición con frecuencia, pero en su mayoría no llegarán a ser incendios de gran magnitud, sin embargo, pueden causar daños significativos según donde se localicen (bosques de coníferas y latifoliadas). Solamente el 8% del territorio presenta amenazas mínimas, en estas zonas los incendios no son frecuentes y si existiesen serán de baja intensidad, en algunos casos porque el uso de la tierra es ajeno al forestal en otros porque están alejados considerablemente de las actividades humanas y nunca han presentado incendios históricamente, sin embargo, hay que resaltar que es un porcentaje muy bajo, lo que refleja la fragilidad del territorio con respecto a los incendios forestales; la zona más grande con estas categorías se encuentra al sur del municipio abarcando Xesana, Xebé, Xecachelaj y Chuacorrall II, esta franja es parte de un espacio considerado muy importante por la biodiversidad que alberga según Godínez (2013), además la masa forestal que se encuentra en el lugar funciona como captador hídrico que provee a los nacimientos de agua de los cuales se abastecen los pobladores.

Mapa 26. Amenaza total a incendios forestales.



Fuente: Elaboración propia.

4.2.2. Vulnerabilidad total

A base de la matriz AHP se evidenció que el factor con más importancia es el poblacional debido a que la vulnerabilidad esta medida según indicadores sociales, lo que se vincula a la cantidad de habitantes en el lugar; según los entrevistados la educación es sumamente importante, ya que a mayor información sobre el fenómeno mejor se podrá reaccionar cuando ocurra, de tal manera las personas estarán más preparadas e incluso tomarán medidas preventivas, por tal razón se coloca en segundo lugar dentro de la ponderación en la tabla 23. Los factores político institucional y el físico estructural fueron menos valorados ya que se generaliza esta condición en muchas aldeas, considerándose menos significativos

Por último, los factores de red de servicios, el cultural e ideológico y el social tienen valores bajos, en el primero la ponderación se justifica según los entrevistados, porque pese a afectar la calidad de vida de los habitantes los daños son reparables. En el segundo se analiza que las personas están sabidas sobre las razones de los incendios y tienen medidas culturales, sin embargo, esto no cambia el panorama actual; por último, el factor social que pese a ser un indicador importante para los evaluadores se indicó que en un incendio forestal existe más cooperación comunal, aunque no haya organizaciones legalmente reconocidas para tal fin.

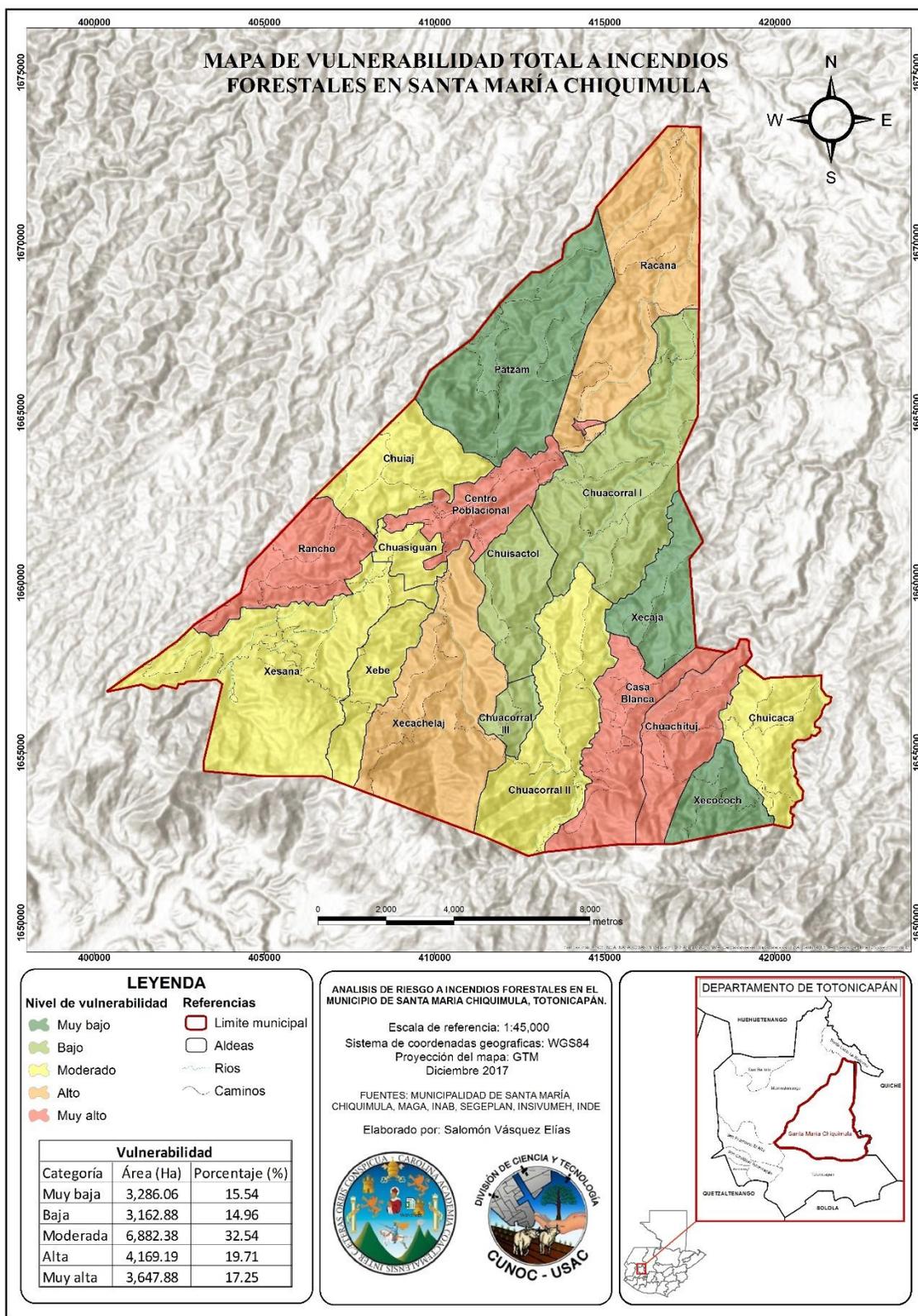
Tabla 24. Ponderación de los factores determinantes en la vulnerabilidad.

Factores	Ponderación
Poblacional	0.320
Educativo	0.248
Político institucional	0.140
Físico estructural	0.133
Red de servicios	0.075
Cultural e ideológico	0.073
Social	0.012

Fuente: Elaboración propia.

Los valores en la tabla 23 se utilizaron para crear la vulnerabilidad total expuesta en el mapa 27, observándose que el 17.25% del territorio está en vulnerabilidad muy alta, lo que indica poca capacidad de reaccionar ante un incendio forestal dentro de las aldeas, además aumenta la susceptibilidad a perder zonas forestales con daños importantes en infraestructura o en zonas de producción y poca resiliencia por la baja colaboración entre sus habitantes al momento de regenerar los espacios dañados. Las zonas con vulnerabilidad alta representan el 19.71% del territorio compuesto por dos de las aldeas más grandes, en estos lugares las personas tienen baja capacidad para poder contrarrestar los incendios forestales por lo que los daños pueden causar problemas severos y la pérdida de espacios boscosos importantes.

Mapa 27. Vulnerabilidad total a incendios forestales.



Fuente: Elaboración propia.

A nivel municipal la vulnerabilidad moderada ocupa el 32.54% del territorio en donde se encuentran seis aldeas, esta categorización se refiere a que existen comportamientos sociales que contribuyen a que se expanda el incendio forestal y que pueda provocar mayor daño en el lugar.

Tres aldeas representan la vulnerabilidad muy baja siendo el 15.54% del municipio, entre sus características resaltan que tienen poca población y están instruidos sobre cómo actuar ante los incendios forestales, algunas de estas aldeas (Xecaja y Xecococh) desde siempre han tenido una organización sólida y solidaria, lo que ha reducido notoriamente la cantidad de incendios reportados en la localidad, mientras en el caso de Patzam su vulnerabilidad es muy baja por la organización floreciente debido a la cantidad de incendios forestales recientes que ha obligado a una mayor participación e incidencia de los pobladores; la categoría baja presenta similitudes con lo antes explicado, sin embargo, varían en la calidad de su organización y no son tan eficientes, además tienen antecedentes de incendios forestales con más frecuencia.

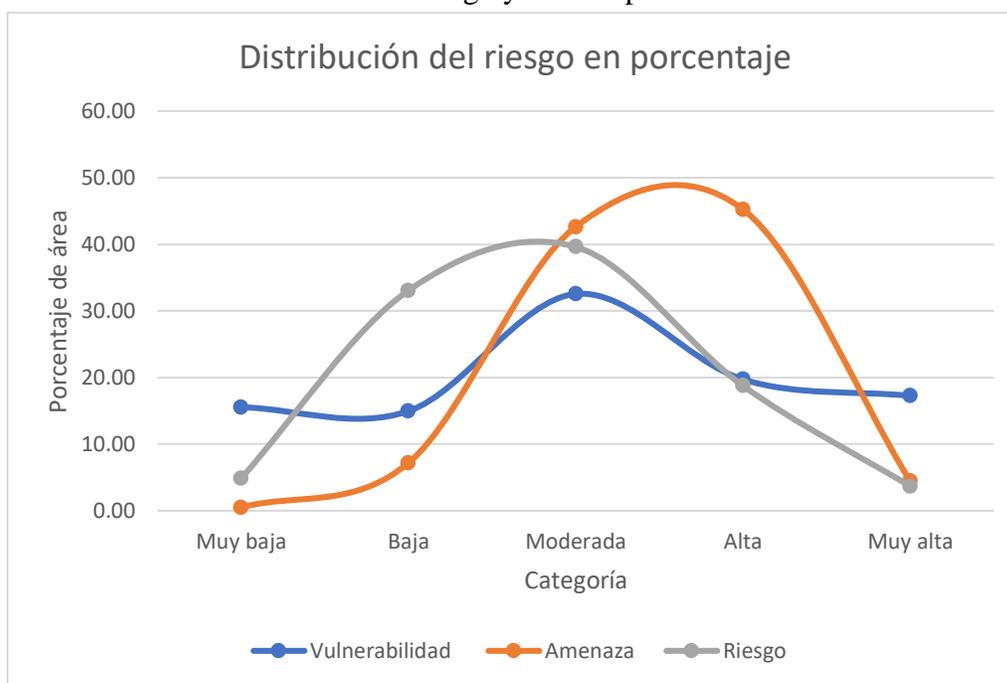
4.2.3. Riesgo a incendios forestales.

Al multiplicar la vulnerabilidad y la amenaza se obtuvo el mapa 28, donde se pueden ver las zonas que están en riesgo, clasificadas dependiendo de la severidad con la que pueden afectar y causar daño los incendios; según los resultados el 4.87% del territorio municipal está en muy bajo riesgo, incluyéndose las áreas que se caracterizan por la mínima ocurrencia de incendios. La aldea que claramente se ubica en esta categoría es Xecococh, que tiene condiciones ambientales y sociales que no favorecen la ocurrencia de incendios de la cobertura vegetal.

El 33.06% del lugar tiene riesgo bajo, las zonas están en su mayoría en Patzam, Xecaja y Chuisactol; sus características son el bajo daño que pueden tener los siniestros, ya que, aunque la ocurrencia de incendios es significativa, las consecuencias sociales y económicas no son considerables; existen otras áreas que tienen excepción a lo anterior, entre ellas la parte alta de Xesana, Xebé, Xecachelaj y Chuacorrall II, con amplias áreas boscosas, lo que significa que las condiciones atmosféricas así como su difícil acceso hacen que tenga menor problema.

En un riesgo moderado se encuentra el 39.61% del municipio, este nivel se refiere a que los incendios forestales pueden llegar a causar un daño medio, tanto en las zonas boscosas como las áreas pobladas, lo que afecta a las actividades humanas y las interacciones ecológicas en estos lugares por tener en su mayoría árboles mixtos, árboles dispersos y granos básicos según el uso actual del suelo; además se encuentran un total de 78 poblados de las 169 analizados, interpretándose a una gran cantidad de personas que pueden ser afectadas.

Gráfica 16 Distribución del área en el riesgo y las independientes.



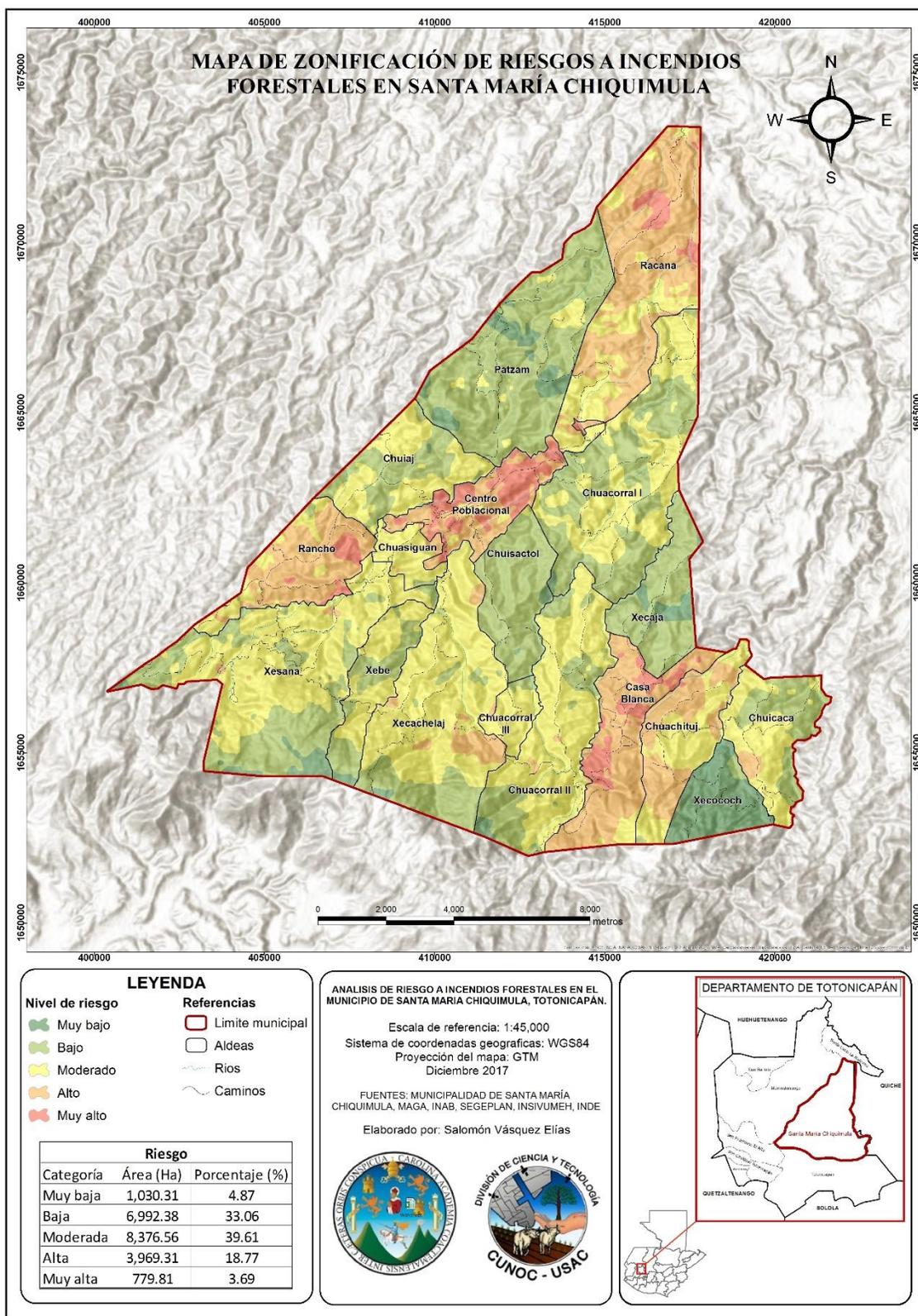
Fuente: Elaboración propia.

Las zonas con riesgo alto constituyen el 18.77% de todo el lugar, en ella se incluye las áreas en donde se ha disminuido la masa forestal, de tal cuenta tienen árboles dispersos y mucha vegetación de porte bajo que se vuelve en un combustible fácil de arder en el tiempo de verano; adicionalmente las actividades económicas y sociales son recurrentes en estos espacios, como es el caso del casco urbano en la cabecera municipal y el mercado con el que cuenta la aldea de Casa Blanca: además la capacidad institucional de los organismos de respuesta es limitada, es decir que el daño que puede ocasionar un incendio tendría graves consecuencias desde el punto de vista económico, ambiental y social, sumado a la dificultad para que estas zonas se recuperen.

En la categoría de muy alto riesgo se ubica al centro poblacional, Rácana, Casa blanca y Rancho en los cuales predominan las actividades económicas y su conectividad con la cabecera municipal³². En Rácana se acentúan los factores climáticos como la alta temperatura y la baja precipitación, lo cual conduce a que el daño generado por los incendios en la cobertura vegetal sea severo y su recuperación complicada. En las otras aldeas se destaca su alta vulnerabilidad y su poca colaboración ya que existen más daños directos en las estructuras, solo el 3.69% del municipio se ubica en esta categoría.

³² Según SEGEPLAN en el municipio destacan los poblados de Casa Blanca y Rancho por su conectividad con otros lugares ya que distan a 14 y 7 kilómetros respectivamente de la cabecera municipal.

Mapa 28. Riesgo a incendios forestales.



Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. Conclusiones.

- Se acepta la hipótesis de la investigación ya que el municipio de Santa María Chiquimula presenta al 62.07% del territorio con índices de riesgo significativos (moderados, altos y muy altos) vinculados a daños históricos, condiciones naturales (clima, topografía, cobertura vegetal) y socioeconómicas (organización comunitaria, estructura y servicios, etc.) que propician daños severos, por lo que es necesario un manejo integrado de incendios forestales en estos lugares.
- La presión demográfica sobre los recursos naturales en Santa María Chiquimula, causa zonas donde el riesgo a incendios forestales es alto o muy alto, debido a que la cantidad de registros aumenta al existir actividades productivas o comerciales, lo cual genera vulnerabilidad alta al haber infraestructuras o servicios que pueden ser dañados; además se tiene poca o nula colaboración de parte de los habitantes al momento de ocurrir un incendio, ya que las acciones son dispersas y no se cuenta con la adecuada organización.
- Las zonas con riesgos mínimos (bajos o muy bajos) en el municipio de Santa María Chiquimula tienen menos presión sobre los recursos naturales, debido a que existe poblaciones reducidas, nulas áreas de producción agrícola o dificultad de acceso, por tal razón no han sido dañadas históricamente; además las aldeas que presentan espacios amplios en estas categorías son aquellas que poseen información recurrente, esto se refleja en las acciones vinculadas a la cultura y las interacciones sociales que actúan positivamente ante un incendio forestal.
- Los incendios forestales en el municipio de Santa María Chiquimula se pueden clasificar de manera general como amenazas socio-naturales³³, debido a que es necesario la interacción de diferentes factores naturales que propicien la aparición, expansión y daño que tienen los siniestros, sin embargo, los datos históricos, las observaciones de autoridades locales y conocimiento de profesionales en el tema, evidencian que las actividades humanas son el detonante principal para que exista un incendio forestal.

³³ Son las circunstancias que incrementan la ocurrencia de ciertos procesos o fenómenos (aludes, inundaciones, hundimientos, sequía, etc.), más allá de sus probabilidades razonables, debido a la interacción de las amenazas naturales con las actividades humanas. Estas pueden reducirse y evitarse a través de una gestión prudente y sensata. (CONRED, 2015)

- La educación de la población en el municipio de Santa María Chiquimula sobre los incendios forestales es un factor importante para reducir la vulnerabilidad, debe de ir acompañada de una sólida organización social y un enfoque cultural cooperativo que predomine al momento de existir amenazas latentes; de esta manera se reducirá el daño que pueden causar los incendios en los ecosistemas, estructuras o servicios dentro de las comunidades.

5.2. Recomendaciones.

5.2.1. A la municipalidad de Santa María Chiquimula:

- Realizar un programa educativo sobre los beneficios de los bosques y las consecuencias ambientales de su pérdida; el cual debe involucrar a la oficina forestal, a la oficina agrícola y a la oficina de agua y saneamiento.
- Incluir entre los proyectos la creación de un equipo de bomberos forestales municipales que puedan resguardar todo el territorio, priorizándose según el nivel de riesgo que presentan las aldeas.
- Promover a través de la oficina técnica agropecuaria municipal OTAM, el utilizar los desechos en actividades productivas o incorporarlas directamente al suelo, para disminuir las malas prácticas agrícolas.

5.2.2. A las organizaciones no gubernamentales:

- Los promotores agrícolas de las diferentes organizaciones no gubernamentales han sido entes educadores en el municipio, la mayoría comprende los problemas que causa el quemar desechos agrícolas, por ello se debe de utilizar estos espacios para enseñar técnicas de combate ante los incendios forestales, dándoles material didáctico que puedan usar en las reuniones; además de generar espacios para dialogo, en donde se evidencie la importancia de las buenas prácticas agrícolas.
- Crear entre los participantes de las cuadrillas de bomberos forestales un enfoque cooperativista y de labor ciudadano en las comunidades residentes; de tal forma que sus acciones no se limiten a grupos específicos, sino que velen por el bien común.
- Proponer planes de protección para los bosques que existen alrededor del casco urbano, para que disminuya la pérdida que ha existido por eventos como los incendios forestales.

5.2.3. A las organizaciones gubernamentales:

- Fortalecer a las Coordinadoras Locales para la Reducción de Desastres en las comunidades, de manera que puedan desarrollar las capacidades de una gestión local de riesgo, con un plan de acción y una planificación de emergencias a incendios forestales.
- Mejorar la coordinación y la planificación de la COMRED, debido a que es el ente encargado de disminuir los incendios forestales; además se recomienda crear una base de datos con la misma información que recolectaba el SIPECIF para toma de decisiones o futuras investigaciones.
- La COMRED en conjunto con el INAB deben coordinar grupos de bomberos forestales, priorizando a las aldeas que presentan riesgos altos; además de propiciar intercambios de ideas y saberes entre alcaldías, para conocer experiencias exitosas de manejo integrado del fuego.
- Monitorear con especial cuidado a los terrenos inscritos en el PINPEP o PINFOR que se encuentren en zonas con riesgo significativo a incendios forestales (moderado, alto o muy alto), asegurándose los técnicos del INAB que exista el ancho mínimo de las rondas cortafuego sin importar las condiciones climáticas en las que se encuentra el lugar.

5.2.4. A las organizaciones comunales:

- Mejorar la coordinación y las acciones preventivas a incendios forestales en las alcaldías de Rácana, Rancho, el centro poblacional, Chuachituj y Casa Blanca, sobre todo en los centros poblados que estén situados en zonas con riesgos altos.
- Debido a que los servicios de agua entubada se ven frecuentemente dañados por incendios forestales, los comités de agua deben de tomar en cuenta las condiciones técnicas para la instalación de tuberías, evitando que las estructuras estén expuestas a daños físicos directos.
- Crear un comité de resguardo forestal en el centro poblacional y la aldea Chuasiguan que sea propuesta por las alcaldías comunitarias, integrándose por los propietarios de zonas boscosas para que puedan generar un plan de acción ante incendios forestales dentro del lugar.

CAPITULO VI. BIBLIOGRAFÍA

- SunEarthTools.com . (20 de 9 de 2016). *sunearthtools*. Obtenido de <http://www.sunearthtools.com/es/index.php>
- Alvarez Rogel, Y. (2000). *Aplicación de tecnología S.I.G. al estudio de riesgo y prevención de incendios forestales en el área de Sierra Espuña- Gebas (Región de Murcia)*. Murcia: Universidad de Murcia.
- Blanco, J., García, D., Castellnou, M., Molina, D., Grillo, F., & Pous, E. (2008). *Curso Basico de Incendios Forestales*. Cataluña, España.
- Blandón, C. R. (2009). *Política Nacional para la Prevención y Control de Incendios Forestales y Manejo Integrado del Fuego*. Guatemala.
- bomberos de Navarra. (s.f.). *Comportamiento del fuego forestal*. Navarra, España.
- Bombers de Granollers. (Mayo de 2011). <http://bombersgranollers.org/>. Obtenido de comportamiento del incendio forestal: http://bombersgranollers.org/documentacio/incendio_forestal/CIF01_texto&imagenes_CAST_Intro.pdf
- CALO, C. A. (2015). *Variabilidad climática local y su relación con eventos del fenómeno el niño-oscilación del sur (enso) en la vertiente del pacifico*. Obtenido de recursosbiblio.url.edu.gt: <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2015/06/17/Ramirez-Carlos.pdf>
- COMUDE, CARE y Voluntarios de cuerpo de paz. (2007). *Cuaderno de mapas por aldeas*. Guatemala, Totonicapán, Santa María Chiquimula.
- CONRED. (2015). *Guía para la formulación de planes locales de respuesta -PLR-*. Guatemala.
- CONRED. (2015). *Manual de gestión para la reducción del riesgo a los desastres en los procesos de desarrollo municipal*. Guatemala.
- European Forest Institute. (2009). *Convivir con los incendios forestales, lo que nos revela la ciencia*. Finland: Kopijyvä Oy.
- Godínez, S. M. (2013). *Evaluación Ecológica Rápida- EER de la biodiversidad de bosques comunales de sierra Parraxquín Totonicapán*. Totonicapán, Guatemala: CARE.

- IARNA. (2005). *Amenazas al ambiente y vulnerabilidad social en Guatemala Documento Técnico del Perfil Ambiental de Guatemala*. Guatemala: Serviprensa, S.A.
- IARNA. (2012). *Perfil Ambiental de Guatemala 2010-2012 Vulnerabilidad local y creciente construcción de riesgo*. Guatemala.
- IDEAM. (2011). *Protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal escala 1:100,000*. Colombia: Alen Impresores Ltda.
- INAB. (1998). *Clasificación de tierras por capacidad de uso, aplicación de una metodología para tierras de la república de Guatemala*. Guatemala.
- INAB. (20 de Marzo de 2016). <https://www.ine.gob.gt/>. Obtenido de <https://www.ine.gob.gt/index.php/estadisticas/tema-indicadores>
- INE. (2013). *Caracterización estadística República de Guatemala 2012*. Guatemala: Instituto Nacional de Estadística.
- INE. (2014). *Caracterización departamental Totonicapán 2013*. Guatemala.
- INSIVUMEH . (2016). *Boletín Climático No. 2-2016, Perspectiva de climática de febrero 2016*. Guatemala.
- INSIVUMEH. (2015). *Boletín Climático No. 5-2015 “El Niño en 2015”*. Guatemala.
- Instituto Nacional de Electrificación. (2017). *Series temporales de lluvia mensual y temperatura media mensual de estaciones meteorológicas Cuatro Caminos, Totonicapán, Xequemeyá y Tierra Blanca del año 2006 al 2015*. Guatemala: Formato digital.
- Instituto Nacional de Sismología, Meteorología e Hidrología. (2017). *Series temporales de lluvia mensual y temperatura media mensual de estaciones meteorológicas de Chinique, El Tablón, Huehuetenango y Labor Ovalle del año 1990 al 2016*. Guatemala: Formato digital.
- Iraola, P., Resnichenko, Y., Caffaro,, A., & Guigou, B. (2009). *Aplicación de sig y modelos de propagación a la identificación de áreas de riesgo de incendios forestales en la zona costera* . Río de la Plata - Uruguay: Departamento de Geografía Facultad de Ciencias.
- Morales, J., Marx Carneiro, C., & Serrano, O. (2002). *Estado de la información forestal en Guatemala*. Santiago, Chile.

- Muñoz Robles, C., Treviño Garza, E., Verástegui Chávez, J., Jiménez Pérez, J., & Aguirre Calderón, O. A. (2005). *Desarrollo de un modelo espacial para la evaluación del peligro de incendios forestales en la Sierra Madre Oriental de México*. Mexico: Investigaciones Geográficas.
- Olaya, V. (2011). *Sistemas de Información Geográfica*. España.
- Parra Lara, Á. d., Armenteras Pascual, D., González Alonso, F., Pabón Caicedo, J. D., Bernal Toro, F. H., Morales Rivas, M., & Páramo Rocha, G. E. (2011). *Incendios de la cobertura vegetal en Colombia Tomo I*. Cali - Colombia: Universidad Autónoma de Occidente.
- Rodríguez Jácome, G. (2013). *Informe técnico del análisis de susceptibilidad a riesgos naturales (sequías e incendios) para las áreas protegidas del ecuador continental*. Ecuador.
- Rubio, L. (2 de febrero de 2015). *Conceptos básicos de los incendios forestales*. Obtenido de <http://incendios.semadet.jalisco.gob.mx>: <http://incendios.semadet.jalisco.gob.mx/conceptos>
- SEGEPLAN. (2009). *Caja de Herramientas para la elaboración del Plan de Ordenamiento Territorial*. Guatemala.
- SESAN. (febrero de 2017). *Plan de respuesta para la atención del hambre estacional 2017*. Obtenido de <http://www.sesan.gob.gt>: <http://www.sesan.gob.gt/wordpress/wp-content/uploads/2017/07/Hambre-estacional-2017.pdf>
- SIGMA-I. (2010). *Sistema de Información Geoespacial para el Manejo de Incendios*. Guatemala.
- SIGSA. (2017). *Proyección de poblaciones 2017*. Obtenido de sigsa.mspas.gob.gt: <http://sigsa.mspas.gob.gt/datos-salud/informacion-demografica.html>
- SIPECIF. (5 de Mayo de 2012). <https://www.ine.gob.gt/>. Obtenido de <https://www.ine.gob.gt/index.php/estadisticas-continuas/estadisticas-ambientales>
- USAID/OFDA. (2001). *Curso para Bomberos Forestales Manual del Participante*. San José, Costa Rica.
- USAID/OFDA. (2006). *Curso de Operaciones de Prevención y Control de Incendios Forestales, Material de Referencia*. San José de Costa Rica .

CAPITULO VII. ANEXOS

7.1. Instrumentos

7.1.1. Boleta de análisis multicriterio.

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Occidente
División de Ciencia y Tecnología
Ingeniería en Gestión Ambiental Local

DATOS INICIALES

Datos	Área de respuesta
Nombre	
Edad	
Lugar de trabajo	
Tiempo en el que ha trabajado en el tema de incendios forestales:	
Como se autoevalúa referente al tema de incendios forestales (1-10)	
Su conocimiento del área de estudio	

DATOS DE ESTUDIO.

Con el fin de encontrar áreas que representen riesgo ante la eminente presencia de incendios forestales en el municipio de Santa María Chiquimula, Totonicapán, se está adoptando un análisis multicriterio en donde se requiere la visualización de profesionales con conocimientos del comportamiento del fuego para realizar una ponderación, evaluando y organizando según los resultados, para ello se les pide siga las instrucciones y llene los espacios necesarios.

A cada componente se les dará un valor positivo o negativo según la siguiente tabla:

IMPORTANCIA	DEFINICIÓN	EXPLICACIÓN
1	De igual importancia	
2	Débil importancia de un criterio frente a otro	
3	Moderada importancia	La experiencia y el juicio se decantan ligeramente por un elemento frente a otro.
4	Más que moderada	
5	Fuerte importancia	La experiencia y el juicio se decantan por un elemento frente a otro
6	Más fuerte	
7	Muy fuerte o demostrada importancia	Un elemento es favorecido muy fuertemente sobre otro. Su dominancia está demostrada en la práctica.
8	Muy, muy fuerte importancia	
9	Extrema importancia	La evidencia que favorece una actividad sobre otra es del más alto nivel posible de afirmación.

A continuación, le dará un valor de importancia a cada componente según su factor y a la par un espacio en donde se le pide que pueda explicar la razón de su valoración.

Amenaza a incendios forestales					
Criterio	Importancia				
	Factor antrópico	Factor Meteorológico	Factor Topográfico	Factor de combustible	Factor histórico
Factor antrópico	1	-----	-----	-----	-----
Factor Meteorológico		1	-----	-----	-----
Factor Topográfico			1	-----	-----
Factor de combustible				1	-----
Factor histórico					1

Observaciones: _____

Observaciones: _____

Vulnerabilidad a incendios forestales							
Criterio	Importancia						
	Factor Poblacional	Factor Estructural	Factor Social	Factor red de servicios	Factor de cultural e ideológica	Factor Político institucional	Factor educativo
Factor Poblacional	1	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Factor Estructural		1	-----	-----	-----	-----	-----
Factor Social			1	-----	-----	-----	-----
Factor red de servicios				1	-----	-----	-----
Factor de cultural e ideológica					1	-----	-----
Factor Político institucional						1	-----
Factor educativo							1

Observaciones: _____

7.1.2. Matriz de Vulnerabilidad a nivel de lugares poblados

No.	Factor	Indicador	Valor	Criterios de evaluación
1	Físico Estructural	Ubicación de las viviendas		El ____ % de las viviendas de la comunidad se encuentran ubicadas muy cerca de donde se dan los incendios forestales
			5	La totalidad (del 90% al 100%)
			4	La mayoría (del 75 al 90%)
			3	La mitad o más (del 50 al 74%)
			2	Pocas (de 26 a 49%)
			1	Algunas (Menos del 25%)
		Calidad de construcción de las viviendas		Qué _____% de las viviendas de la comunidad están construidas con materiales que sean fácilmente consumidas por el fuego (madera, plásticos, etc.)
			5	Algunas (Menos del 25%)
			4	Pocas (de 26 a 49%)
			3	La mitad o más (del 50 al 74%)
			2	La mayoría (del 75 al 90%)
		1	La totalidad (90 a 100%)	
		Ubicación de edificios e infraestructura (sistemas de agua, escuelas, puentes, caminos)		El ____ % de los edificios públicos y estructuras existentes en la comunidad se encuentran ubicados muy cerca de donde se han observado incendios anteriormente.
			5	La totalidad (del 90% al 100%)
			4	La mayoría (del 75 al 90%)
3	La mitad o más (del 50 al 74%)			
2	Pocas (de 26 a 49%)			
1	Algunas (Menos del 25%)			
2	Social	Nivel de organización (poblacional)		El ____% de las organizaciones legalmente reconocidas en la comunidad, velan por la seguridad de mujeres, hombres, jóvenes, infantes, personas con capacidades especiales, ancianos, población indígena cuando existen incendios.
			5	Algunas (Menos del 25%)
			4	Pocas (de 26 a 49%)
			3	La mitad o más (del 50 al 74%)
			2	La mayoría (del 75 al 90%)
			1	La totalidad (90 a 100%)

No.	Factor	Indicador	Valor	Criterios de evaluación
3	Red de servicios	Acceso al agua		El ____% de las viviendas que hay en la comunidad tiene acceso a agua (entubada, aljibe, rio, riachuelo y pozos) por si se llegará a necesitar en caso de incendios.
			5	Algunas (Menos del 25%)
			4	Pocas (de 26 a 49%)
			3	La mitad o más (del 50 al 74%)
			2	La mayoría (del 75 al 90%)
			1	La totalidad (90 a 100%)
		Comunicación		El ____% de los habitantes cuentan con comunicación celular para usarlas en caso de incendios forestales
			5	Algunas (Menos del 25%), no cuentan con ningún medio de comunicación.
			4	Pocas (de 26 a 49%), Si cuentan con medios de comunicación, pero no conocen a las autoridades competentes para llamarlas
			3	La mitad o más (del 50 al 74%) tienen comunicación, pero no se saben los números de emergencia
			2	La mayoría (del 75 al 90%) Tienen comunicación y los números de emergencia de las autoridades competentes
			1	La totalidad (90 a 100%) Se saben de memoria o cuentan con carteles informativos sobre las autoridades a las que hay que recurrir.
4	Cultural e ideológica	Percepción sobre los desastres		El ____% de familias de la comunidad considera que los incendios forestales tienen origen divino, mítico y natural.
			5	La totalidad (del 90 al 100%)
			4	La mayoría (del 75 al 90%)
			3	La mitad o más (del 50 al 74%)
			2	Pocas (de 26 a 49%)
			1	Algunas (Menos del 25%)
		Actitud frente a la ocurrencia de los desastres		El ____% de la comunidad que asume una actitud de preparación ante la sospecha de la temporada de incendios forestales
			5	Algunas (Menos del 25%)
			4	Pocas (de 26 a 49%)
			3	La mitad o más (del 50 al 74%)
			2	La mayoría (del 75 al 90%)
			1	La totalidad (90 a 100%)

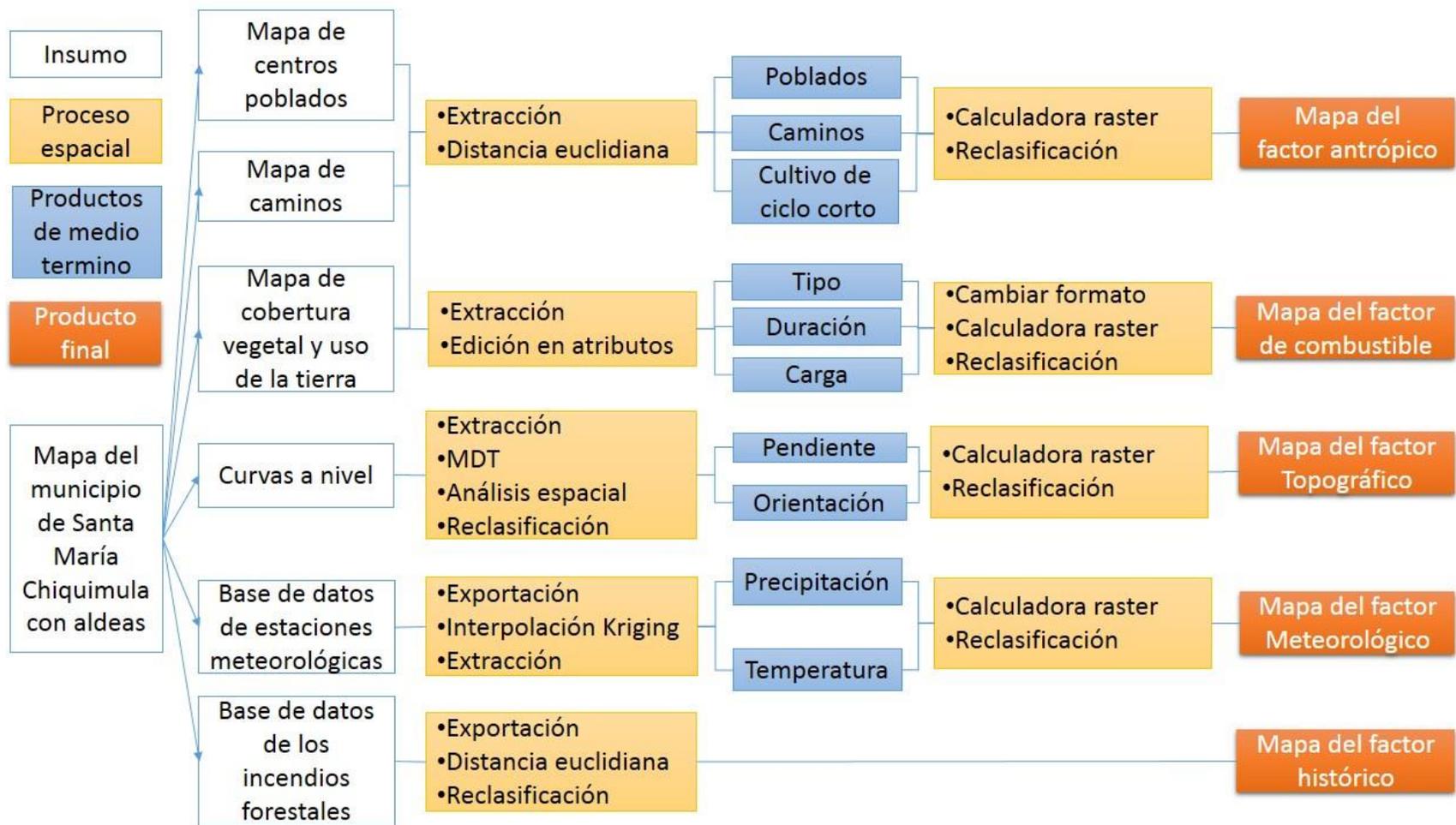
No.	Factor	Indicador	Valor	Criterios de evaluación
5	Político institucional	Autonomía local		Que ____% de las propuestas de proyectos (enfocado a incendios) de la comunidad son financiados como resultado de la gestión local
			5	Algunas (Menos del 25%)
			4	Pocas (de 26 a 49%)
			3	La mitad o más (del 50 al 74%)
			2	La mayoría (del 75 al 90%)
			1	La totalidad (90 a 100%)
		Voluntad política para asignación de fondos		Que ____% de los proyectos propuestos por la comunidad, relacionados con la mitigación de incendios, son financiados por la municipalidad o gobierno central.
			5	Algunas (Menos del 25%)
			4	Pocas (de 26 a 49%)
			3	La mitad o más (del 50 al 74%)
			1	La totalidad (90 a 100%)
6	Educativo	Programas educativos sobre gestión de riesgo		La comunidad participa en actividades educativas como disminuir los incendios forestales
			5	Las personas de la comunidad (niños/as y adultos) NO han recibido en ningún momento, enseñanza sobre medidas de prevención, mitigación y preparación ante incendios forestales
			4	Las personas de la comunidad (niños/as y adultos) recibieron en alguna ocasión (antes del 2009) enseñanza sobre medidas de prevención, mitigación y preparación ante incendios forestales, pero actualmente no reciben y no realizan actividades.
			3	Las personas adultas de la comunidad no reciben enseñanza sobre medidas de prevención, mitigación y preparación ante incendios forestales, sin embargo, participan en las actividades que se realizan en la escuela.
			2	Las personas de la comunidad (niños/as y adultos) reciben enseñanza esporádicamente y/o participan en actividades de prevención, mitigación y preparación ante incendios forestales.
			1	Las personas de la comunidad (niños/as y adultos) reciben enseñanza periodica y participan en actividades sobre medidas de prevención, mitigación y preparación ante los incendios forestales.

7.2. Presupuesto.

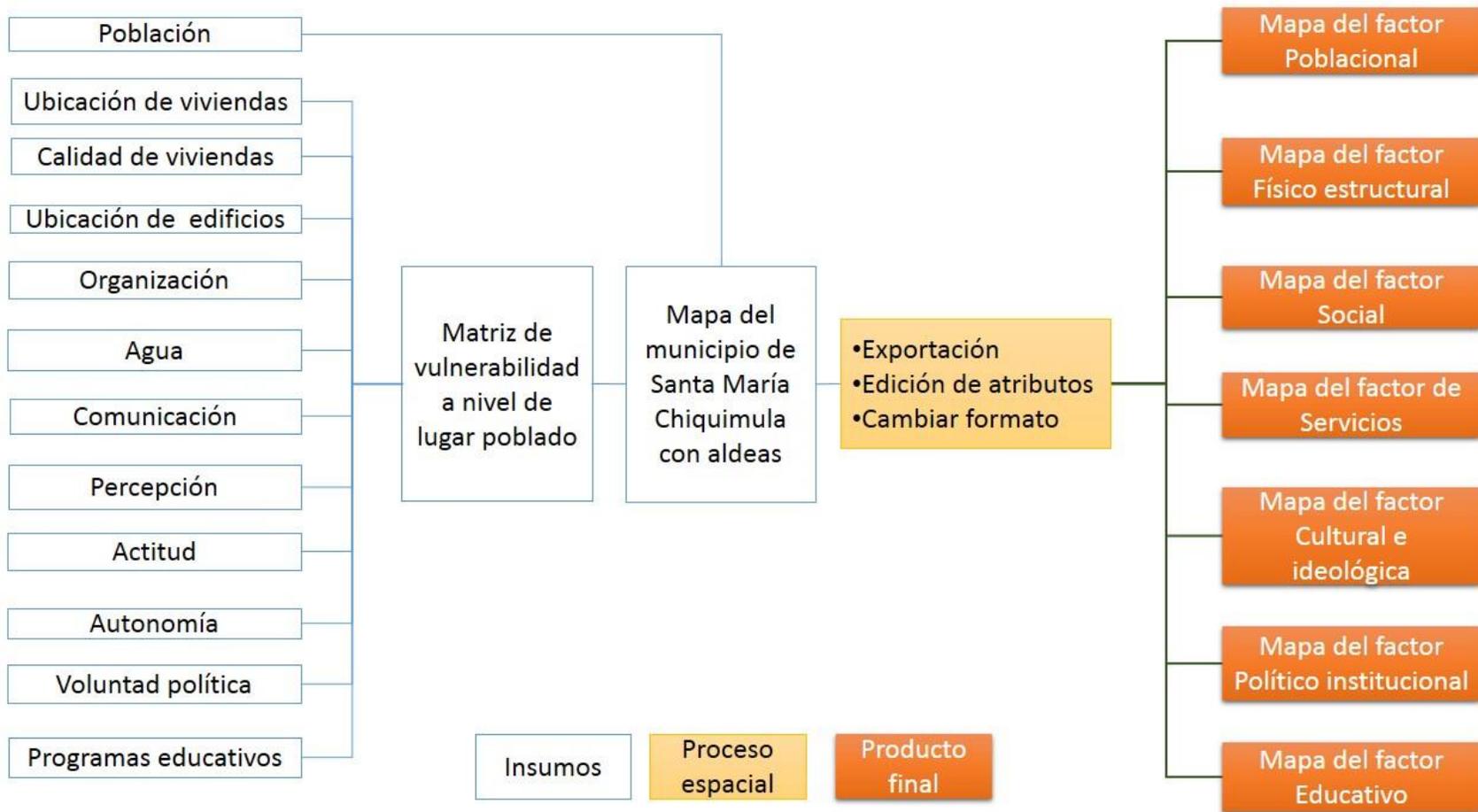
RECURSOS HUMANOS					
Área de la metodología en donde se usó.	Puesto	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario Q.	Costo total Q.
Matriz de vulnerabilidad	Promotores Agrícolas	Participantes	30.00	10.00	300.00
Metodo de analisis multicriterio	Especialistas en Incendios Forestales	Participantes	5	50	250
Todo el proceso	EPS de Gestión ambiental	Mes de trabajo	6.00	1,500.00	9,000.00
SUB TOTAL					Q9,550.00
RECURSOS FÍSICOS					
Área de la metodología en donde se usó.	Tipo	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario Q,	Costo total Q,
Mapa de Amenaza	Viajes a estaciones meteorologicas	Unidad	5	150	750
	Shp. De mapa de cobertura vegetal y uso de la tierra	Unidad	1	300	300
	Shp´s varios	Unidad	2	600	1200
	GPS	Día de alquiler	10	25	250
Mapa de vulnerabilidad	Taller de riesgo a incendios forestales	Unidad	1	950	950
	Visitas a las aldeas mas afectadas	Unidad	5	50.00	250.00
Metodo de analisis multicriterio	Pasajes	visitas	10	5	50
Varios	Papel	Resma	2	75	150
	Cámara	Mes de alquiler	6	100	600
	Computadora	Mes de alquiler	6	100	600.00
	Internet	Mes de alquiler	6	100	600.00
SUB TOTAL					Q3,750.00
TOTAL					Q13,300.00

7.3. Diagramas

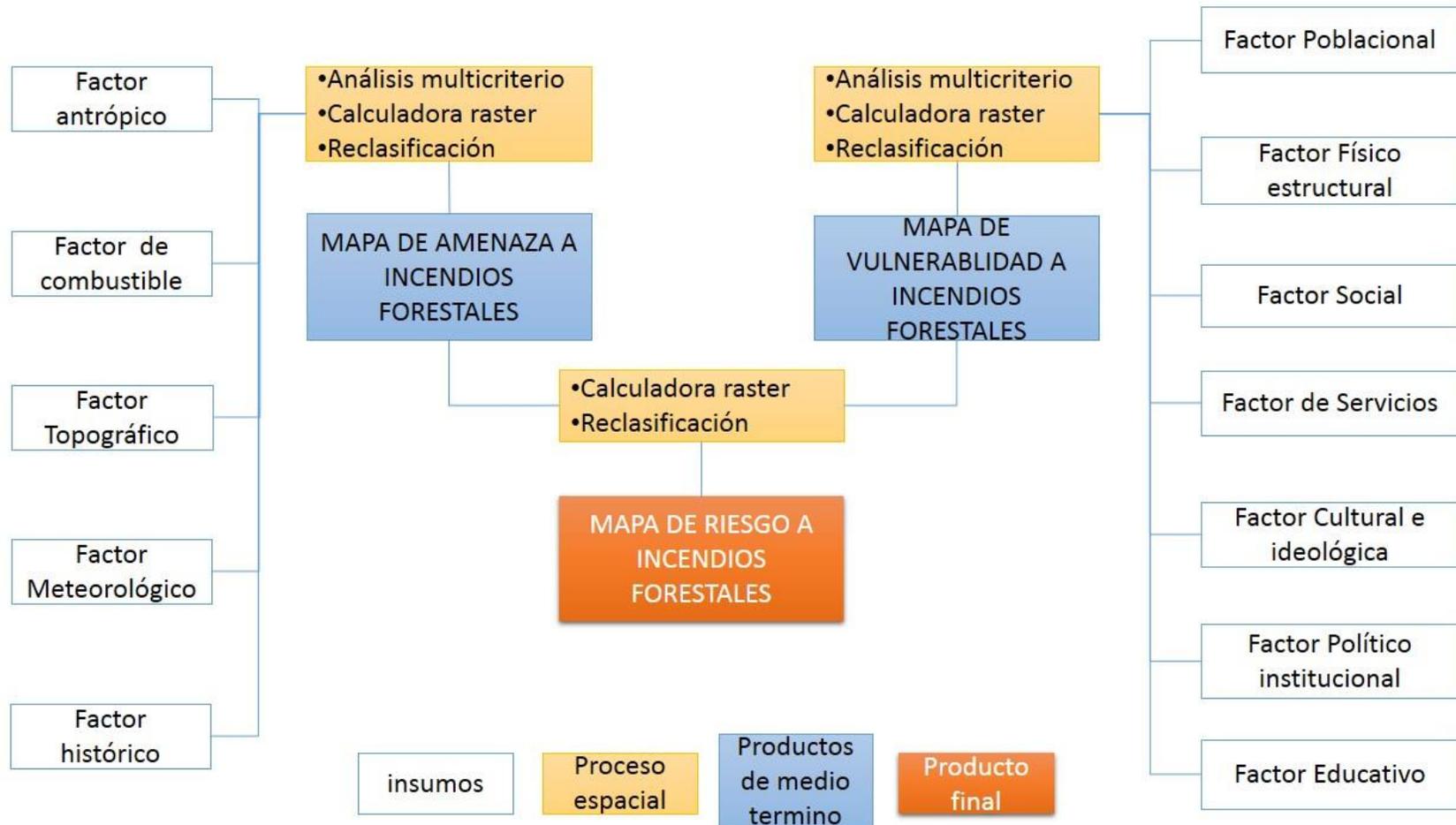
7.3.1. Diagrama del proceso para los mapas de los factores para la amenaza a incendios forestales.



7.3.2. Diagrama del proceso para los mapas de los factores para la vulnerabilidad a incendios forestales.



7.3.3. Diagrama del proceso para el mapa de riesgo a incendios forestales.



7.4. Tablas

7.4.1. Niveles de la cobertura y uso actual de la tierra y su categoría de amenaza.

Código de USOT	USOT	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	Área (Ha)	Porcentaje (%)	Categoría de amenaza	Calificación
111	Tejido urbano continuo	1. Territorios artificializados	1.1. Zonas Urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo		41.81	0.20	Muy baja	1
131	Zonas de extracción minera (canteras)	1. Territorios artificializados	1.3. Minas, escombreras y zonas en construcción	1.3.1. Zonas de extracción minera (canteras)		8.31	0.04	Muy baja	1
142	Instalación deportiva y recreativa	1. Territorios artificializados	1.4. Zonas verdes artificiales, no agrícolas	1.4.2. Instalación deportiva y recreativa		2.06	0.01	Muy baja	1
1226	Cementerio	1. Territorios artificializados	1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	1.2.2. Comercios y servicios	1.2.2.6. Cementerio	2.88	0.01	Muy baja	1
312	Bosque de coníferas	3. Bosques y medios seminaturales	3.1. Bosques	3.1.2. Bosque de coníferas		938.56	4.44	Alta	4

Código de USOT	USOT	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	Área (Ha)	Porcentaje (%)	Categoría de amenaza	Calificación
313	Bosque mixto	3. Bosques y medios seminaturales	3.1. Bosques	3.1.3. Bosque mixto		7,477.69	35.36	Alta	4
322	Árboles dispersos	3. Bosques y medios seminaturales	3.2. Otras tierras forestales	3.2.2. Árboles dispersos		7,342.81	34.72	Alta	4
331	Vegetación arbustiva baja (matorral y/o guamil)	3. Bosques y medios seminaturales	3.3. Medios con vegetación arbustiva y/o herbácea	3.3.1. Vegetación arbustiva baja (matorral y/o guamil)		886.94	4.19	Alta	4
3211	Plantación de conífera	3. Bosques y medios seminaturales	3.2. Otras tierras forestales	3.2.1. Plantaciones forestales	3.2.1.1. Plantación de conífera	230.06	1.09	Alta	4
211	Granos básicos (maíz y frijol)	2. Territorios agrícolas	2.1. Cultivos anuales	2.1.1. Granos básicos (maíz y frijol)		4,190.13	19.81	Muy alta	5
232	Pasto natural	2. Territorios agrícolas	2.3. Pastos	2.3.2. Pasto natural		27.13	0.12826045	Muy alta	5

7.4.2. Categorización y normalización de datos

7.4.2.1. Categorías de precipitación pluvial en los meses afectados por incendios.

Categorías.	Factor normalizador.	Calificación.
375.57	0	1
350.90	0.2	1
326.23	0.4	2
301.55	0.6	3
276.88	0.8	4
252.21	1	5

Calificación	Factores normalizadores		Rangos normalizados (mm)	
	Min.	Max.	Min.	Max.
1	0	0.2	375.57	350.90
2	0.2	0.4	350.90	326.23
3	0.4	0.6	326.23	301.55
4	0.6	0.8	301.55	276.88
5	0.8	1	276.88	252.21

7.4.2.2. Categorías de temperatura media en los meses afectados por incendios.

Categorías.	Factor normalizador.	Calificación.
15.12	0	1
15.71	0.2	1
16.29	0.4	2
16.87	0.6	3
17.46	0.8	4
18.04	1	5

Calificación	Factores normalizadores		Rangos normalizados (mm)	
	Min.	Max.	Min.	Max.
1	0	0.2	15.12	15.71
2	0.2	0.4	15.71	16.29
3	0.4	0.6	16.29	16.87
4	0.6	0.8	16.87	17.46
5	0.8	1	17.46	18.04

7.4.2.3. Categorización de hectáreas dañadas por causas históricas.

Causas	Ha. Afectadas	Factor normalizado	Calificación
Cazadores	3.41	0.00	1
Otras Causas	10.85	0.01	1
Colmeneros	24.81	0.03	1
No determinado	28.55	0.04	1
Quema de Basura	41.50	0.06	1
Quema de Pastos	48.85	0.07	1
Fogata	266.72	0.40	3
Leñadores	312.78	0.47	3
Quema Agrícola	341.41	0.51	3
Intencionado	666.80	1.00	5

Calificación	Factores normalizadores		Rangos normalizados (Ha)	
	Min.	Max.	Min.	Max.
1	0	0.2	0	133.36
2	0.2	0.4	133.36	266.72
3	0.4	0.6	266.72	400.08
4	0.6	0.8	400.08	533.44
5	0.8	1	533.44	666.80

7.4.2.4. Categorización de hectáreas dañadas por cercanía de inicio.

Iniciados junto a:	Ha. Afectadas	Factor normalizado	Calificación
Urbanización	3.61	0.00	1
Lugares con afluencia de excursionistas o turistas	10.85	0.01	1
Basurero	35.50	0.05	1
Carretera	211.04	0.32	2
Área de cultivo	412.30	0.63	4
Otros lugares	413.89	0.63	4
Dentro del bosque	656.43	1.00	5

Calificación	Factores normalizadores		Rangos normalizados (Ha)	
	Min.	Max.	Min.	Max.
1	0	0.2	0.00	131.29
2	0.2	0.4	131.29	262.57
3	0.4	0.6	262.57	393.86
4	0.6	0.8	393.86	525.14
5	0.8	1	525.14	656.43

7.4.3. Matriz AHP.

7.4.3.1. Modelo de procesos ejemplificando a la amenaza.

Criterios	Valores.					Proceso de normalización					Pesos finales
	Antrópico	Meteorológico	Topográfico	Combustible	Histórico	F	G	H	I	J	
	A	B	C	D	E						
Antrópico	1	1/A2	1/A3	1/A4	1/A5	A1/A6	B1/B6	C1/C6	D1/D6	E1/E6	PROMEDIO(F1:J1)
Meteorológico	2	R. AM	1/B3	1/B4	1/B5	A2/A6	B2/B6	C2/C6	D2/D6	E2/E6	PROMEDIO(F2:J2)
Topográfico	3	R. TA	R. TM	1/C4	1/C5	A3/A6	B3/B6	C3/C6	D3/D6	E3/E6	PROMEDIO(F3:J3)
Combustibles	4	R. CA	R. CM	R. CT	1/D5	A4/A6	B4/B6	C4/C6	D4/D6	E4/E6	PROMEDIO(F4:J4)
Histórico	5	R. HA	R. HM	R. HT	R. HC	A5/A6	B5/B6	C5/C6	D5/D6	E5/E6	PROMEDIO(F5:J5)
	6	SUMA(A1:A5)	SUMA(B1:B5)	SUMA(C1:C5)	SUMA(D1:D5)	SUMA(E1:E5)					

Nota: las literales de la A a la J y los numerales del 1 al 6, son guías para poder trabajar el proceso de pesos en una hoja digital del programa Excel.

	Valores no cambiantes		Valores que proporcionan los expertos		Valores calculados		Resultado final
--	-----------------------	--	---------------------------------------	--	--------------------	--	-----------------

R. MA= Relación de importancia del factor meteorológico en comparación al antrópico valorado de 9 a -9.

R. TA= Relación de importancia del factor topográfico en comparación al antrópico valorado de 9 a -9.

R. CA= Relación de importancia del factor combustible en comparación al antrópico valorado de 9 a -9.

R. HA= Relación de importancia del factor histórico en comparación al antrópico valorado de 9 a -9.

R. TM= Relación de importancia del factor topográfico en comparación al meteorológico valorado de 9 a -9.

R. CM= Relación de importancia del factor combustible en comparación al meteorológico valorado de 9 a -9.

R. HM= Relación de importancia del factor histórico en comparación al meteorológico valorado de 9 a -9.

R. CT= Relación de importancia del factor combustible en comparación al topográfico valorado de 9 a -9.

R. HT= Relación de importancia del factor histórico en comparación al topográfico valorado de 9 a -9.

R. HC= Relación de importancia del factor histórico en comparación al combustible valorado de 9 a -9.

7.4.3.2. Datos generales de las personas consultadas.

Datos generales de los expertos en incendios forestales.						
Código	Nombre	Edad	Lugar de trabajo	Tiempo en el que ha trabajado en el tema de incendios forestales	Autoevaluación de conocimiento a incendios forestales (1-10)	Conocimiento del área de estudio
Experto 1	Rafael Barrios	37	CONAP	4 años	4	Conozco, pero no he trabajado en el lugar.
Experto 2	Mario Asaél Méndez Méndez	38	INAB	7 años	8	Si conozco el área
Experto 3	Juan Francisco Baten	34	MARN	5 años	7	Si conozco el área
Experto 4	Juan Antonio Pérez Vásquez	32	Municipalidad de Olintepeque. ³⁴	7 años	9	Desconozco el área
Experto 5	David Uz Chacaj	42	Municipalidad de Santa María Chiquimula	16 años	10	Si conozco el área

³⁴ El ingeniero Juan Antonio fue el encargado departamental del SIPECIF en Quetzaltenango por 7 años, debido a la desaparición de esta institución se encuentra laborando actualmente en la municipalidad de Olintepeque como consultor.

7.4.3.3. Resumen de matriz AHP de amenaza.

Valores finales de la matriz AHP para la amenaza a incendios forestales						
Criterios	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Experto 4	Experto 5	Promedio total
Antrópico	0.31	0.09	0.45	0.27	0.35	0.295
Meteorológico	0.07	0.05	0.25	0.09	0.41	0.175
Topográfico	0.08	0.30	0.0	0.06	0.11	0.102
Combustibles	0.07	0.04	0.37	0.12	0.11	0.142
Histórico	0.24	0.13	0.42	0.11	0.52	0.286

7.4.3.4. Resumen de matriz AHP de vulnerabilidad.

Valores finales de la matriz AHP para la vulnerabilidad a incendios forestales						
Criterios	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Experto 4	Experto 5	Promedio total
Poblacional	0.36	0.23	0.37	0.27	0.37	0.320
Estructural	0.41	0.08	0.05	0.06	0.06	0.133
Social	0.04	0.06	0.05	0.0	0	0.012
Red de servicios	0.11	0.08	0.11	0.08	0.0	0.075
Cultural e ideológico	0.06	0.11	0.14	0.01	0.05	0.073
Político institucional	0.30	0.10	0.20	0.12	0.0	0.140
Educativo	0.49	0.14	0.27	0.26	0.08	0.248

7.4.4. Grupos focales consultados.

Organización	Rol dentro de la organización	No. de participantes	Aldeas a las que pertenecen.
ADESMA	Promotores agrícolas	29	Xebé, Xecachelaj, Chuasiguan, Casa Blanca, Xecaja, Rancho, Chuachituj, Chuasiguan, Chuacorrall II, Chuacorrall III.
CARE	Bomberos forestales	29	Xebé, Xecachelaj, Chuacorrall III. Patzam, Chuijaj, Rácana, Xesana.
ADIPO	Promotores agrícolas y de salud	50	Xebé, Xecachelaj, Chuasiguan, Casa Blanca, Xecaja, Rancho, Chuachituj, Chuasiguan, Chuacorrall II, Chuacorrall III. Patzam, Chuijaj, Rácana,
Pastoral Social.	Promotores agrícolas y de salud	40	Xebé, Xecachelaj, Chuasiguan, Casa Blanca, Xecaja, Rancho, Chuachituj, Chuasiguan, Chuacorrall II, Chuacorrall III. Patzam, Chuijaj, Rácana, Xesana.

Organización	Rol dentro de la organización	No. de participantes	Aldeas a las que pertenecen.
Alcaldía comunitaria.	Alcalde comunitario y alguaciles.	8	Xecococh
Alcaldía comunitaria.	Alcalde comunitario y alguaciles.	10	Chuisactol
Alcaldía comunitaria.	Comité de vivero forestal.	5	Chuiaj
Alcaldía comunitaria.	Alcalde comunitario y alguaciles.	11	Chuasiguan
Alcaldía comunitaria.	Comité de agua.	6	Chuicaca
Alcaldía comunitaria.	Alcalde comunitario y alguaciles.	7	Xecaja
Alcaldía comunitaria.	Alcalde comunitario y alguaciles.	9	Rácana
Alcaldía comunitaria.	Alcalde comunitario y alguaciles.	13	Centro Poblacional
Alcaldía comunitaria.	Comité de agua.	5	Chuachituj

7.5. Fotografías:

Fotografía 1. Incendio forestal en Xecachelaj.



Incendio forestal en la aldea Xecachelaj dentro de una zona con riesgo alto. 27/3/2017.

Fotografía 2. Incendio forestal en Chuisactol



Incendio iniciado en Xecachelaj que consumió una pequeña parte de Chuisactol en riesgo bajo. 27/3/2017.

Fotografía 3. Incendio forestal en Chuacorrall II



Incendio cercano a un camino principal y entre veredas; dentro de zona con riesgo moderado. 25/2/2017.

Fotografía 4. Incendio forestal en Chuacorrall II



Incendio cercano a un camino principal y entre veredas; dentro de zona con riesgo moderado. 25/2/2017.

Fotografía 5. Incendio forestal en Chuiaj



Incendio cercano a zonas agrícolas, en una zona con riesgo moderado. 30/3/2017.

Fotografía 6. Quema agrícola en Chuasiguan.



Quema agrícola efectuada a las 11:30 A.M. 8/2/2017.

Fotografía 7. Daños en la tubería en Chuasiguan.



En el círculo rojo se puede observar una fuga de agua causada por un incendio forestal pequeño. 8/2/2017.

Fotografía 8. Quema agrícola en Rácana.



Quema agrícola que ha dañado las colindancias con zonas forestales. 9/2/2017.

Fotografía 9. Incendio forestal en Chuacorral II.



Incendio dentro de zona con riesgo bajo. 15/5/2017.

Fotografía 10. Incendio forestal en Chuacorral II.



Incendio dentro de zona con riesgo bajo. 15/5/2017.

Fotografía 11. Incendio forestal en Chuicaca.



Incendio entre zonas de riesgo bajo y medio, cerca del paraje Chuacruz, en donde colinda con un camino principal. 17/5/2017

Fotografía 12. Incendio forestal en Chuijaj



Incendio dentro de zona con riesgo moderado y con amenaza alta, colindante con el centro poblacional. 17/5/2017

Fotografía 13. Incendio forestal en Centro poblacional.



Incendio dentro zona con riesgo muy alto, cercano al casco urbano, en recuperación. 17/5/2017.