

CONCEPTO TECNICO DE AMENAZA DE INCENDIO FORESTAL EN LA ZONA
RURAL DE LA JURISDICCIÓN DEL MUNICIPIO DE GUAYABETAL
CUNDINAMARCA



DAVID ESTEBAN REY ROMERO



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD INGENIERIA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO
2024

CONCEPTO TECNICO DE AMENAZA DE INCENDIO FORESTAL EN LA ZONA
RURAL DE LA JURISDICCIÓN DEL MUNICIPIO DE GUAYABETAL
CUNDINAMARCA

DAVID ESTEBAN REY ROMERO

Concepto Técnico presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Ambiental

Asesor

Mg. JORGE ELIECER PARDO MAYORGA
Magister en Ordenamiento Ambiental del Territorio

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD INGENIERA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO

2024

Autoridades Académicas

P. Álvaro José ARANGO RESTREPO, O.P.

Rector General

P. Mauricio Antonio CORTÉS GALLEGO, O.P.

Vicerrector Académico General

P. José Antonio BALAGUERA CEPEDA, O.P.

Rector Sede Villavicencio

P. Rodrigo GARCÍA JARA, O.P.

Vicerrector Académico Sede Villavicencio

Mg. JULIETH ANDREA SIERRA TOBÓN

Secretaria de División Sede Villavicencio

Mg. WILLIAM PEÑARANDA ZARATE

Decano de la Facultad de Ingeniería Ambiental

Dedicatoria

En primer lugar a mis padres, que acompañaron este proceso largo y constante, especialmente a mi señora madre. A mi hijo quien es mi motor de avance y crecimiento y inspiración para lograr nuevas metas. A mi hermana que es un ejemplo de tenacidad y fortaleza.

Agradecimientos

Al cuerpo de bomberos de Guayabetal especialmente al bombero Dumar Arley Romero Baquero, quien diligentemente ayudo con la depuración de bases de datos.

Contenido

	Pág.
Introducción.....	9
Marco legal	10
Metodología.....	14
Etapa1 establecimiento de la susceptibilidad de la cobertura vegetal a los incendios	15
Etapa 2 factores climáticos.....	18
Etapa 3 factor relieve.....	18
Etapa 4 factor histórico	19
Etapa 5 accesibilidad.....	19
Etapa 6 generación de mapa de amenaza de incendio forestal	20
Resultados.....	20
Etapa 1 la susceptibilidad de la cobertura vegetal.....	21
Etapa 2 factores climaticos.....	26
Etapa 3 factor relieve.....	28
Etapa 4 factor histórico	29
Etapa 5 factor accesibilidad.....	31
Etapa 6 generación de mapa de amenaza de incendio forestal	32
Conclusiones.....	33
Bibliografía.....	34

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 Susceptibilidad a incendios forestales de acuerdo con la cobertura vegetal.....	16
Tabla 2 Susceptibilidad a incendios forestales por duración del combustible.....	17
Tabla 3 Susceptibilidad a incendios forestales por carga total del combustible.....	17
Tabla 4 Categoría amenaza precipitación	18

Tabla 5 Categoría amenaza temperatura.....	18
Tabla 6 Categoría amenaza relieve	19
Tabla 7 Categorización Accesibilidad	20

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 Interrelación de los factores de amenaza de incendios de la cobertura vegetal.	15
Figura 2 Mapa Cartografía Base Guayabetal Cund.	21
Figura 3 Mapa de Amenaza Tipo de Combustible	22
Figura 4 Gráfico de Torta del Nivel de Amenaza Tipo de Combustible.....	22
Figura 5 Mapa Amenaza Duración de Combustible.....	23
Figura 6 Gráfico de Torta del Nivel de Amenaza Duración de Combustible.....	23
Figura 7 Mapa de Amenaza de Carga de Combustible	24
Figura 8 Gráfico de Torta Amenaza Carga Total de Combustible	24
Figura 9 <i>Mapa de Susceptibilidad de la Vegetación a Incendios</i>	25
Figura 10 Gráfico de Tortas de Porcentaje de Susceptibilidad de la Vegetación de Incendios Forestales	26
Figura 11 Mapa Amenaza de Precipitación.....	26
Figura 12 Gráfico de Torta del Porcentaje de Precipitación Media Anual.....	27
Figura 13 Mapa Amenaza de Temperatura.....	28
Figura 14 Mapa Amenaza de Pendiente	29
Figura 15 Gráfico de Torta Porcentaje de Amenaza de Incendio por Pendientes	29
Figura 16 Mapa de Amenaza Histórico de Incendios Forestales Guayabetal. Cund.....	30
Figura 17 Gráfico de Torta Porcentaje de Amenaza Histórica	30
Figura 18 Gráfico de Porcentaje de Incendios por Vereda del Municipio de Guayabetal. Cund.	31
Figura 19 Mapa de Amenaza Accesibilidad	32
Figura 20 Gráfico de Tortas de Amenaza por Accesibilidad.....	32
Figura 21 Mapa de Amenaza de Incendio Forestal	33
Figura 22 Gráfico de Tortas Porcentaje de Amenaza Forestal en el Municipio de Guayabetal..	33

Resumen

El trabajo aborda la regulación de incendios a través del Decreto 948 de 1995 y la Ley 599 de 2000, que controlan la contaminación del aire y las quemas, respectivamente. Se destaca la importancia de evaluar el riesgo de incendios para la planificación y la implementación de medidas preventivas. Los factores de amenaza de incendios están estrechamente relacionados con la cobertura vegetal, lo que requiere una evaluación detallada. La metodología utilizada incluye la evaluación de la susceptibilidad de la vegetación a los incendios, lo que permite identificar áreas de alto riesgo. Además, se presentan mapas y gráficos que muestran la amenaza histórica de incendios en Guayabetal, Cundinamarca, lo que proporciona una visión clara de la situación actual y ayuda en la toma de decisiones para la prevención y control de incendios en la región.

Palabras Clave: Regulación, incendios, evaluación, amenaza, Arcmap, mapas, Guayabetal. Cund

Abstract

The work addresses the regulation of fires through Decree 948 of 1995 and Law 599 of 2000, which control air pollution and burning, respectively. The importance of fire risk assessment for the planning and implementation of preventive measures is highlighted. Fire threat factors are closely related to vegetation cover, which requires a detailed assessment. The methodology used includes the assessment of vegetation's susceptibility to fires, which allows for the identification of high-risk areas. In addition, maps and graphs showing the historical threat of fires in Guayabetal, Cundinamarca are presented, providing a clear view of the current situation and aiding in decision-making for fire prevention and control in the region.

Key Word- Regulation, fires, assessment, threat, Arcmap, maps, Guayabetal. Cund

Introducción

Los incendios son el traslado del fuego que es producto del combustible, calor y oxígeno. (Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastre [UNGRD), 2019). Estos pueden ser de varios tipos, dependiendo su origen, su combustible y su manera de trasladarse, para el aspecto importante del presente concepto técnico nos enfocaremos en los incendios de cobertura vegetal, que es fuego de la cobertura vegetal de origen natural o antrópico que se propaga sin control, que causa perturbaciones ecológicas afectando o destruyendo una extensión superior a 5000 m², ya sea en zonas urbanas o rural, que responde al tipo de vegetación, cantidad de combustible, oxígeno, condiciones meteorológicas. (Instituto Colombiano Agustín Codazzi [IGAC], 2024)

En Colombia, el 87% de los desastres ocurridos desde 1998 hasta el año 2020 fueron de origen hidrometeorológico, de estos el 31% estuvieron relacionados con sequías e incendios (Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastre [UNGRD], 2022).

Para que se genere fuego es necesario la existencia de tres elementos: Un origen del calor, el combustible y el aire. Una vez causado la propagación del incendio, se ve influenciada por tres factores: el tipo de combustible, la Climatografía la topografía (Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastre [UNGRD), 2019). El municipio de Guayabetal no es la excepción, ya que desde que existe el cuerpo de bomberos en el año 2012 hasta los registros tomados del año 2022, se presentaron 72 eventos de incendio forestales, lo que lo convierte en un fenómeno a tener en cuenta en el municipio. (Cuerpo de Bomberos Guayabetal, 2023)

Los incendios son de origen socio-natural y la causa esta asociada a las prácticas del hombre que pueden ser intencionales o no intencionales (Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastre [UNGRD), 2019).

Guayabetal es un municipio del departamento de Cundinamarca. La cabecera municipal está localizada a los 04°12'48" de latitud norte y 73°48'35" de longitud oeste, a una altura sobre el nivel del mar de 972 (Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC], 2024), 2024) Dista de Bogotá, D.C. la capital departamental y de la República, 81 km por vía terrestre. El área municipal es de 222,505 km² y limita al norte con Fosca y Quetame (Cundinamarca), al este con El Calvario y Villavicencio (Meta), al sur con Gutiérrez (Cundinamarca) y Acacías (Meta) y al oeste con Gutiérrez (Cundinamarca) La topografía del terreno es montañosa en su mayor parte y corresponde a la cordillera Oriental, en donde se destacan, las cuchillas Llano Grande, Alto de

Tunque y Los Pavos y las lomas Chirajara y El Pipiral. Recorren el territorio los ríos Negro y Blanco, al igual varias corrientes menores. la temperatura promedio anual es de 24,1°C aproximadamente, siendo agosto el mes de mayor temperatura y noviembre el de menor. La precipitación media anual es de 2.180 mm, está asociada a la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) y se distribuye en un régimen monomodal que se extiende entre los meses de abril a noviembre, siendo junio y julio los meses más lluviosos. (Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC], 2024)

Para el 2019, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural en la actividad agrícola reporta 372 hectáreas en cultivos permanentes, dentro de los que se destacan café (255 ha) y caña panelera (117 ha); 486 hectáreas en cultivos transitorios, entre ellos frijol (448 ha) y habichuela (25 ha); 5 hectáreas en cultivos anuales, donde predomina la achira (5 ha). En relación con el sector pecuario para el año 2019, el ICA reporta 2.707 cabezas de ganado bovino, además hay 846 porcinos, de los cuales el 14% corresponde a lechones. En otras especies pecuarias hay principalmente ganado equino con 247 ejemplares y ovino con 1.640 cabezas. En el sector avícola se reportan 8.200 aves de postura, 557.000 de engorde y 136 de traspatio. En abril de 2020, la Agencia Nacional Minera reporta que en la actividad minera se explotaron algunos minerales; se obtuvieron \$2243.844 pesos por regalías. El municipio tiene registrados 151 establecimientos comerciales. En el sector industrial, de los 79 establecimientos reportados en el año 2017, se destacan 71 en los que se elaboran productos alimenticios, 3 donde se fabrican prendas de vestir, uno donde se fabrican muebles y 4 en los que se elaboran productos de madera. En el sector financiero para el año 2018 cuenta con 27 corresponsales bancarios. En cuanto a accesibilidad, se une por carretera con Cáqueza, Gutiérrez, Quetame (Cundinamarca) y Villavicencio (Meta). (Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC], 2024)

Marco legal

Constitución política de 1991 en su **Artículo 79** establece “ Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano”. (Asamblea Nacional Constituyente, 1991) en su artículo 80 “El estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación restauración o sustitución (Asamblea Nacional Constituyente, 1991)

Decreto ley 2811 de 1974 en su **Artículo 241** establece “Se organizaran medidas de prevención y control de incendios forestales y quemas en todo el territorio Nacional con la colaboración de todos los cuerpos y entidades públicas, que darán especial prioridad a la bores de extinción de incendios forestales “(Presidencia de la República de Colombia, 1974)A su vez en el **Artículo 242** “Todas la personas están obligadas a comunicar inmediatamente la existencia de un incendio forestal a la autoridad más próxima (Presidencia de la República de Colombia, 1974).En su **Artículo 243** “Los propietarios, poseedores, tenedores, ocupantes a cualquier título y mayordomos o administradores de inmuebles rurales están obligados a permitir el tránsito y la permanencia dentro de las fincas a los funcionarios, y a todas las demás personas que colaboren en la prevención o extinción del incendio, les suministrarán la ayuda necesaria y ejecutarán las obras apropiadas (Presidencia de la República de Colombia, 1974). **Artículo 244.-** Los propietarios, poseedores, tenedores y ocupantes de predios rurales están obligados a adoptar las medidas que se determinen para prevenir y controlar los incendios en esos predios (Presidencia de la República de Colombia, 1974) **Artículo 245.-** La administración deberá:

a.- Expedir la reglamentación que considere necesaria para prevenir y controlar incendios forestales y recuperar los bosques destruidos por éstos; b.- Reglamentar y establecer controles fitosanitarios que se deben cumplir con productos forestales, semillas y material vegetal forestal que se haga entrar, salir o movilizar dentro del territorio Nacional; c.- Interceptar y decomisar sin indemnización y disponer libremente de productos, semillas y material vegetal forestal que exista, se movilice, almacene o comercialice en el territorio Nacional, cuando se trate de material contaminado que pueda transmitir plagas o enfermedades forestales, aunque el transporte de este material se haga con los requisitos de movilización; d.- Realizar visitas de inspección fitosanitaria a viveros, depósitos de semillas, plantaciones y depósitos de productos forestales para prevenir o controlar plagas o enfermedades forestales (Presidencia de la República de Colombia, 1974). **Artículo 305.-** Corresponde a los funcionarios competentes velar por el cumplimiento de las disposiciones de este Código y las demás legales sobre la materia, e impartir las órdenes necesarias para la vigilancia y defensa de los recursos naturales renovables y del ambiente. (Presidencia de la República de Colombia, 1974)

Artículo 306.- El incendio, inundación, contaminación u otro caso semejante, que amenace perjudicar los recursos naturales renovables o el ambiente se adoptarán las medidas

indispensables para evitar, contener o reprimir el daño, que durarán lo que dure el peligro (Presidencia de la República de Colombia, 1974)

Decreto 1608 de 1978 Artículo 220 ítem 1” Hacer quemas o incendios para acorralar, hacer huir o dar muerte a la presa. Dentro de esta prohibición se comprende emplear humo, vapores, gases o sustancias o medios similares para expulsar a los animales silvestres de sus guaridas, madrigueras, nidos o cuevas y provocar estampidas o desbandadas (Presidencia de la República de Colombia, 1978)

La Ley 99 de 1993 en el **Artículo 1** dispone en el **ítem 7** “El Estado fomentará la incorporación de los costos ambientales y el uso de instrumentos económicos para la prevención, corrección y restauración del deterioro ambiental y para la conservación de los recursos naturales renovables (Congreso de la República de Colombia, 1993). **Ítem 9**” La prevención de desastres será materia de interés colectivo y las medidas tomadas para evitar o mitigar los efectos de su ocurrencia serán de obligatorio cumplimiento”.

Ítem 10 “La acción para la protección y recuperación ambientales del país es una tarea conjunta y coordinada entre el Estado, la comunidad, las organizaciones no gubernamentales y el sector privado. El Estado apoyará e incentivará la conformación de organismos no gubernamentales para la protección ambiental y podrá delegar en ellos algunas de sus funciones (Congreso de la República de Colombia, 2000)

Decreto 948 de 1995 reglamenta la contaminación del aire y en sus Artículos hace referencias a las quemas donde en su **Artículo 28** prohíbe las quemas de bosque natural y vegetación natural en todo el territorio nacional (Ministerio de Ambiente, 1995) ; del mismo modo en el **Artículo 29** quedan prohibidas las quemas abiertas dentro del perímetro Urbano de ciudades, Poblados y asentamientos humanos. Y el **Artículo 30** regula las quemas de carácter agrícola. (Ministerio de Ambiente, 1995)

Ley 599 de 2000 código penal **Artículo 350**. Incendio. El que con peligro común prenda fuego en cosa mueble, incurrirá en prisión de dieciséis (16) a ciento cuarenta y cuatro (144) meses y multa de trece punto treinta y tres (13.33) a ciento cincuenta (150) salarios mínimos legales mensuales vigentes. (Congreso de la República de Colombia, 2000)

Si la conducta se realizare en inmueble o en objeto de interés científico, histórico, cultural, artístico o en bien de uso público o de utilidad social, la prisión será de treinta y dos

(32) a ciento ochenta (180) meses y multa de ciento treinta y tres puntos treinta y tres (133.33) a setecientos cincuenta (750) salarios mínimos legales mensuales vigentes. (Congreso de la República de Colombia, 2000).

Ley 1333 de 2009 “Titularidad de la potestad sancionatoria en materia ambiental. El Estado es el titular de la potestad sancionatoria en materia ambiental y la ejerce sin perjuicio de las competencias legales de otras autoridades a través del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, las Corporaciones Autónomas Regionales, las de Desarrollo Sostenible, las Unidades Ambientales de los grandes centros urbanos a que se refiere el artículo 66 de la Ley 99 de 1993, los establecimientos públicos ambientales a que se refiere el artículo 13 de la Ley 768 de 2002 y la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales, Uaesppn, de conformidad con las competencias establecidas por la ley y los reglamentos (Congreso de la República de Colombia, 2009)**Artículo 5** “Infracciones. Se considera infracción en materia ambiental toda acción u omisión que constituya violación de las normas contenidas en el Código de Recursos Naturales Renovables, Decreto-ley 2811 de 1974, en la Ley 99 de 1993, en la Ley 165 de 1994 y en las demás disposiciones ambientales vigentes en que las sustituyan o modifiquen y en los actos administrativos emanados de la autoridad ambiental competente. Será también constitutivo de infracción ambiental la comisión de un daño al medio ambiente, con las mismas condiciones que para configurar la responsabilidad civil extracontractual establece el Código Civil y la legislación complementaria, a saber: El daño, el hecho generador con culpa o dolo y el vínculo causal entre los dos. Cuando estos elementos se configuren darán lugar a una sanción administrativa ambiental, sin perjuicio de la responsabilidad que para terceros pueda generar el hecho en materia civil.” (Congreso de la República de Colombia, 2009) Artículo 40 Sanciones ambientales

Ley 1523 de 2012

Artículo 1 De la gestión del riesgo de desastres. La gestión del riesgo de desastres, en adelante la gestión del riesgo, es un proceso social orientado a la formulación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas, estrategias, planes, programas, regulaciones, instrumentos, medidas y acciones permanentes para el conocimiento y la reducción del riesgo y para el manejo de desastres, con el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible (Congreso de la República de

Colombia, 2012) **Artículo 2°** De la responsabilidad. La gestión del riesgo es responsabilidad de todas las autoridades y de los habitantes del territorio colombiano. Ley 599 de 2000

Decreto 15 de 2021 " Por el cual se actualiza del plan municipal de gestión del riesgo de desastre-pmgrd y la estrategia de respuesta y la estrategia municipal de respuesta a emergencia-entre y se dictan otras disposiciones" (Alcaldía de Guayabetal Cund, 2021)

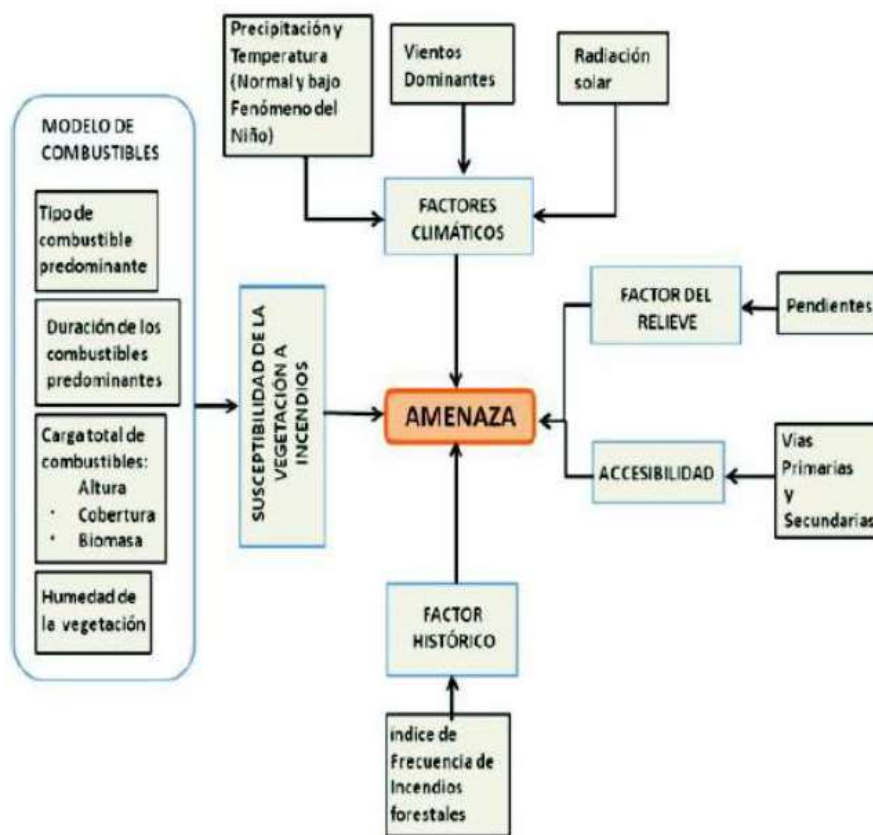
Metodología

Para determinar la amenaza de incendio forestal se procesara la información a través del software Arcmap 10.4.1 para generar los mapas siguiendo las metodologías Guía del IDEAM (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], 2011) y la adecuación para Colombia de la metodología CORINE LAND COVER 1:25000 para la determinación de la cobertura vegetal

La metodología para determinar la amenaza de incendios forestales propuestas del (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], 2014). Requiere la recolección de información como lo son los datos de Factor climático, Factores del Relieve, Accesibilidad, Factor histórico y susceptibilidad de la vegetación a incendios. (*Figura.1*). Para así poder satisfacer la (*Ecuación1*).

Ecuación 1 General de amenaza de incendios

$$\text{Amenaza} = (\text{susceptibilidad de la vegetación} * 0.17) + (\text{Precipitación} * 0.25) + (\text{Temperatura} * 0.25) \\ + (\text{Pendiente} * 0.03) + (\text{Frecuencia} * 0.05) + (\text{Accesibilidad} * 0.03)$$

Figura 1 Interrelación de los factores de amenaza de incendios de la cobertura vegetal.

Etapas 1 establecimiento de la susceptibilidad de la cobertura vegetal a los incendios

Esta etapa se desarrolla mediante el análisis la identificación y valoración de la condición pirogénica de la vegetación, de acuerdo con lo propuesto en el modelo de combustibles desarrollado para Colombia por Páramo, 2007 (IDEAM, (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], 2014).

La cobertura vegetal permite al modelo de combustible representar la condición pirogénica del área a evaluar, ayudando a evaluar el comportamiento de este frente al fuego, dado que este arroja tres factores determinantes como los son el **Tipo de combustible vegetal predominante por bioma y ecosistema**: Tipo de cobertura vegetal y biotipo dominante se determinaron a partir de unos insumos de cobertura vegetal cotejados con algunas visitas a campo, posterior se realiza álgebra de mapas a través de los datos obtenidos en el insumo y la

correlación de la clasificación Corine Land Cover . **Duración del tipo de combustible dominante:** Duración en horas de cada tipo de combustible, definido en horas de ignición (1hr,10hr,100hr). Y **La carga total de combustible;** Caracterización cualitativa dependiente de la correlación de la altura en metros, cobertura en valores porcentuales, biomasa aérea en Ton/ha y humedad media de la vegetación obtenida a través de una distribución cualitativa de los rangos obtenidos a partir del índice de vegetación NDII [Haga clic o pulse aquí para escribir texto](#). Por la poca disponibilidad de imágenes con la adecuada resolución se tomó información del geoportal Colombia en mapas de la cobertura vegetal más vigente a 125:000. (Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC], 2017) sumado esto a cotejos en dos salidas en campo dónde se cotejo lo obtenido en el insumo del geoportal con esta información se procedió hacer las correlaciones establecida en los anexos del Protocolo Para La Realización de Mapas de Zonificación de Riesgos a Incendios de la Cobertura Vegetal .(IDEAM, 2011a) (Instituto de Meteorología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], 2011)

La ejecución de esta etapa se dividió en dos fases: la recolección de información, principalmente de plataformas como el IDEAM y el IGAC, y la verificación en campo. Durante el proceso, se obtuvo información que fue posteriormente procesada en ArcMap para generar un mapa de amenazas por cobertura vegetal. Para ello, se requirió la generación previa de tres mapas: el tipo de combustible predominante, la duración del combustible dominante y la carga total de combustible, todos ellos establecidos en función de un nivel de amenaza

Tabla 1 *Susceptibilidad a incendios forestales de acuerdo con la cobertura vegetal.*

Categorías / Rangos	
Nivel	Calificación
Muy alta	5
Alta	4
Moderada	3
Baja	2
Muy baja	1

Tabla 2 *Susceptibilidad a incendios forestales por duración del combustible.*

Duración de combustible	Categoría de amenaza	Calificación
No Combustible	Muy baja	1
Áreas Urbanas	Muy baja	1
100 horas (Predominio de árboles)	Baja	2
10 horas (Predominio de arbustos y hierbas)	Moderada	3
1 hora (Predominio de pastos)	Alta	4

Tabla 3 *Susceptibilidad a incendios forestales por carga total del combustible*

Carga total de combustible	Categoría de amenaza	Clasificación
No Combustible	Muy baja	1
Áreas urbana (menos de 1 Ton/Ha)	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

En la determinación de estos valores, se realiza a través de imágenes ortorectificadas, al no encontrar imágenes acorde, se realiza investigación en la base de datos del IGAC encontrando un archivo, con las coberturas de tierras, este archivo fue procesado en el software Arcmap. Dicha información fue cotejada con dos salidas a campo, los días 3 y 4 de diciembre. donde se logro establecer la clasificación por metodología CORINE LAND COVER adaptada 25000. a través de las coberturas vegetales más específicas de la zona haciendo anexos a la nomenclatura (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), 2007) .Donde se emplean unos subniveles de la clasificación manejada en el 1:100.000 (Instituto de Hidrología Metereología y Estudios Ambientales [IDEAM], 2011) Permitiendo manejar los valores dados para Tipo de combustible, Duración de combustible y Carga total de combustible y así despejar la *Ecuación 2*

Ecuación 2 *Susceptibilidad de la vegetación*

$$SUSC = CAL(tc) + CAL(dc) + CAL(ct)$$

SUSC= Susceptibilidad de la vegetación

CAL (tc) = Calificación por tipo de combustible

CAL (dc) = Calificación de la duración de los combustibles

CAL (ct) = Carga total de combustibles

Que finalmente se recategoriza en cinco rangos que fueron determinados de menor a mayor con clasificación muy baja y alta respectivamente(IDEAM, 2011b)

Etapa 2 factores climáticos

Los factores climáticos que se toman en cuenta según la guía del IDEAM son precipitación y temperatura. Dado que son los factores climáticos de mayor incidencia en el comportamiento de los incendios. estos datos son tomados de los años de 1991 al 2020 de la plataforma del IDEAM (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), 2024). Con el parámetro medio anual estos son procesados según la guía metodológica propuesta por el IDEAM. Los parámetros obtenidos serán clasificados según las *Tablas 4 y 5*. (Instituto de Hidrología Metereología y Estudios Ambientales [IDEAM], 2011)

Tabla 4 *Categoría amenaza precipitación*

Precipitación media anual (mm)	Categoría de amenaza	Calificación
Árido (0-500)	Muy baja	1
Pluvial (>7000)	Muy baja	1
Muy húmedo (3000-7000	Moderada	2
Húmedo (2000-3000)	Moderada	3
seco (1000-2000)	Alta	4
Muy Seco (500-1000)	Muy alta	5

Tabla 5 *Categoría amenaza temperatura*

Precipitación media anual (mm)	Categoría de amenaza	Calificación
Nival («1.5)	Muy baja	1
Extremadamente frio (1.5 - 6)	Muy baja	1
Muy frío (6 — 12)	Moderada	2
Frio (12-18)	Moderada	3
Templado (18 - 24)	Alta	4
Cálido (>24)	Muy alta	5

Etapas 3 factor relieve

En esta etapa se obtiene a través de la plataforma del IGAC varios archivos con Modelo Digital Elevación con los cuales a través del tratamiento del software Arcmap se generan las curvas de nivel que permite a su vez realizar procesos nuevos donde podemos establecer por estas el mapa de porcentaje de pendiente. Todo este proceso se realiza con el software Arcmap.

Tabla 6 *Categoría amenaza relieve*

Pendiente media (%)	Categoría de amenaza	Calificación
0-7%	MUY BAJA	1
7-12%	BAJA	1
12-25%	MODERADA	2
25-75 %	ALTA	3
75%	MUY ALTA	4

Etapas 4 factor histórico

De acuerdo al período comprendido del año 2013 al 2022 de estudios se hace un estudio de la frecuencia de incendios en el área de estudios determinada por la cantidad de incendios en el periodo de tiempo, dando respuesta a la *Ecuación 3*.

Ecuación 3 Frecuencia de incendios

$$Fi = \frac{1}{a} \sum_{i=1}^a ni$$

Fi= Frecuencia de incendios

a=Número de años

ni=Número de incendios por año

Los datos resultantes se normalizan y se recategorizan en rangos (IDEAM, 2011b).

Etapas 5 accesibilidad

Se realiza a través de un insumo inicial de mapas de vías obtenido en el geoportal del IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC], 2017) y el Instituto Nacional de Vías

(Instituto Nacional de Vías [INVIAS], 2023) a través de cuatro buffer para así poder recategorizarlo, según la *Tabla 7*.

Tabla 7 Categorización Accesibilidad

Distancia a la vía (grosor del buffer en m)	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

Etapas 6 generación de mapa de amenaza de incendio forestal

Con los resultados obtenidos de las etapas anteriores se realiza una suma ponderada respondiendo a la *Ecuación 1*. Posterior se realiza una re clasificación de los mismos, en una distribución de 5 rangos, por medio de álgebra de mapas generado a través del software Arcmap ordenándolos según la escala de menor a mayor siendo la más baja una amenaza Muy Baja y la mayor una amenaza Muy Alta generando el mapa final de amenaza de incendio forestal.

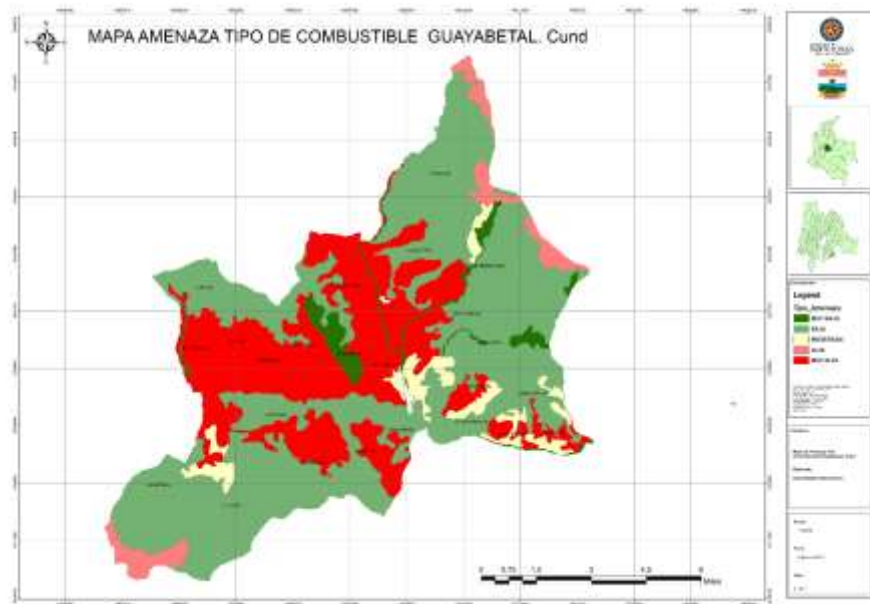
Resultados

Como primer resultado gráfico es la cartografía base del municipio, que fue elaborada con los insumos digitales encontrados en (*Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC], 2017*) y (*Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2023*) y como producto se generó la *Figura 2*.

Figura 2 Mapa Cartografía Base Guayabetal Cund.

Etapa 1 la susceptibilidad de la cobertura vegetal

En la primera fase, donde se determina el tipo de combustible según la cobertura vegetal del área de estudio, se puede consultar en detalle en las *Ilustraciones 3 y 4*. Se encontró que el territorio presenta una amenaza MUY ALTA en el 30.21% de su extensión, correspondiente a cobertura de pastos U/O. La amenaza ALTA se observa en el 3.95% del territorio, mientras que el 4.79% presenta una amenaza MODERADA. La amenaza BAJA, que afecta al 57.66% del territorio, está asociada principalmente a la cobertura arbórea. Además, se identificó que el 3.38% de la cobertura del municipio es no combustible.

Figura 3 Mapa de Amenaza Tipo de Combustible**Figura 4** Gráfico de Torta del Nivel de Amenaza Tipo de Combustible

En la continuación de la primera etapa, se procedió a determinar la amenaza basada en la duración del combustible. Se encontró que el 3.38% del territorio presenta una amenaza MUY BAJA en cuanto a la duración del combustible, lo que equivale a zonas no combustibles o destapadas. El 57.66% del territorio fue clasificado como amenaza BAJA, indicando una duración de combustión de 100 horas.

Además, se identificó que el 8.75% del área de estudio presenta una amenaza MODERADA, con una duración de combustión de 10 horas. Por último, el 30.21% del territorio fue clasificado como amenaza ALTA, con una duración de combustión de tan solo 1 hora.

Estos hallazgos se pueden observar en detalle en las *Ilustraciones 5 y 6*, proporcionando una comprensión más completa de la distribución de la amenaza en función de la duración del combustible

Figura 5 Mapa Amenaza Duración de Combustible

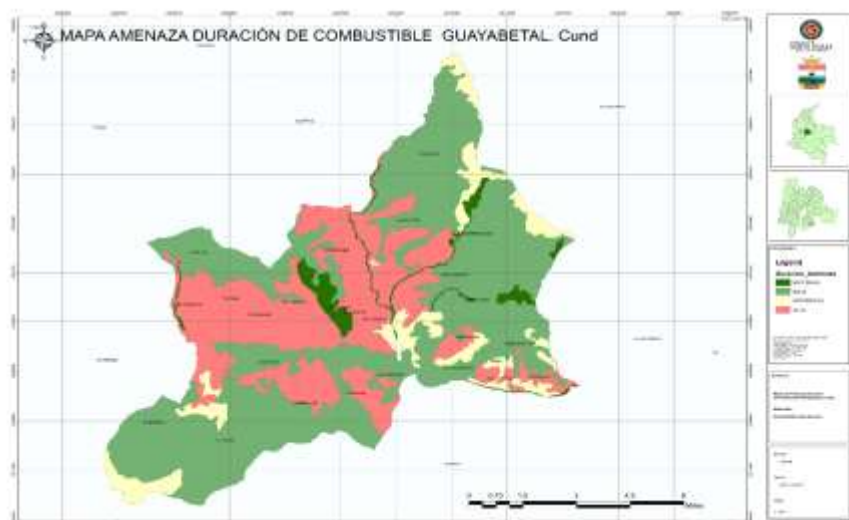


Figura 6 Gráfico de Torta del Nivel de Amenaza Duración de Combustible



En el tercer insumo de la Etapa 1, que consiste en el procesamiento de información para establecer la carga de combustible en el municipio de Guayabetal, se determinaron los niveles de amenaza siguiendo el mismo enfoque utilizado en las etapas anteriores.

Se encontró que el 57.66% del territorio presenta un nivel de amenaza ALTA, donde la carga de combustible supera las 100 Ton/ha. La amenaza MODERADA abarca el 38.96% del territorio, con una carga de combustible en el rango de 50-100 Ton/ha.

Además, se identificó que el 9.57% del área de estudio presenta una amenaza BAJA, con una carga de combustible entre 1 y 50 Ton/ha, mientras que el 3.38% fue clasificado como amenaza MUY BAJA, correspondiente a zonas urbanas o no combustibles.

Estos resultados proporcionan una evaluación detallada de la carga de combustible en el municipio, lo que contribuye a una mejor comprensión de los niveles de riesgo de incendios forestales en la zona.

Figura 7 Mapa de Amenaza de Carga de Combustible



Figura 8 Gráfico de Torta Amenaza Carga Total de Combustible



Para concluir la primera etapa de determinación de la susceptibilidad de la vegetación a incendios forestales, se aplicó la *ecuación 2* y se llevó a cabo la operación de álgebra de mapas utilizando ArcMap, lo que resultó en la creación de la *Figura 9*. Esta Figura sirvió como base para generar la *Figura 10*.

Los valores obtenidos permitieron establecer la distribución de las amenazas de la siguiente manera:

- El 57.66% del territorio del municipio se encuentra en la categoría de amenaza BAJA.
- Un 24.52% del área presenta una amenaza MUY ALTA.
- El 8.70% del territorio está clasificado como amenaza MODERADA.
- Se identificó que el 5.74% del área se encuentra en el margen de amenaza ALTA.
- Por último, el 3.38% del territorio corresponde a la amenaza MUY BAJA.

Estos resultados brindan una visión completa de la susceptibilidad de la vegetación a incendios forestales en el municipio, lo que es fundamental para la planificación y la adopción de medidas preventivas adecuadas.

Figura 9 *Mapa de Susceptibilidad de la Vegetación a Incendios*

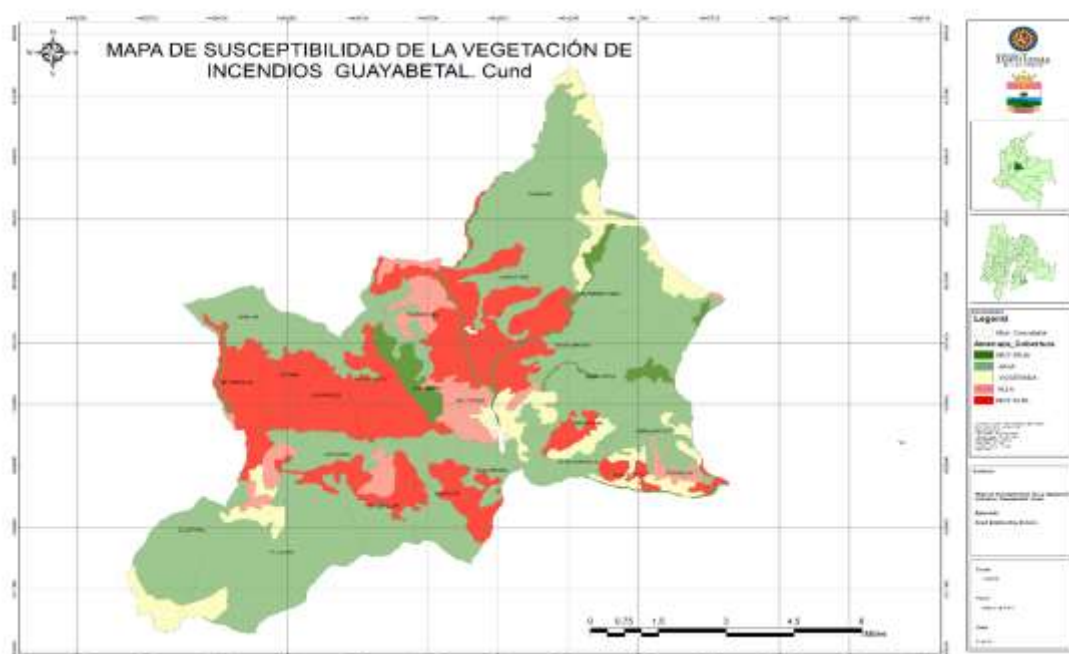


Figura 10 Gráfico de Tortas de Porcentaje de Susceptibilidad de la Vegetación de Incendios Forestales

Etapas 2 factores climáticos

En la Etapa dos del análisis, se revisaron los factores climáticos, incluyendo la precipitación y la temperatura. Para evaluar la precipitación, se utilizaron las normales meteorológicas de 1990-2020 proporcionadas por el IDEAM. A través de un proceso de Isoyetas, se determinó en la *Figura 11* que el territorio presenta una amenaza moderada en términos de precipitación.

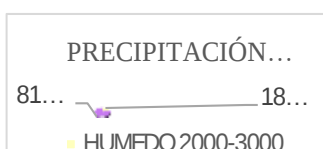
Este resultado indica que la precipitación en el área de estudio se encuentra en un nivel que sugiere un riesgo moderado de incendios forestales. Este hallazgo proporciona información valiosa sobre el contexto climático y su influencia en el riesgo de incendios, lo que contribuye a una comprensión más completa de la situación y facilita la toma de decisiones en la planificación y gestión de riesgos.

Figura11 Mapa Amenaza de Precipitación

En la Figura 12 se determina que el clima del territorio varía entre MUY HÚMEDO, con una media anual de precipitación de 3000-7000 mm, y HÚMEDO, con una media anual de precipitación de 2000-3000 mm. Este patrón climático se observa en el 81.47% del territorio, mientras que el restante pertenece a la categoría de clima HÚMEDO.

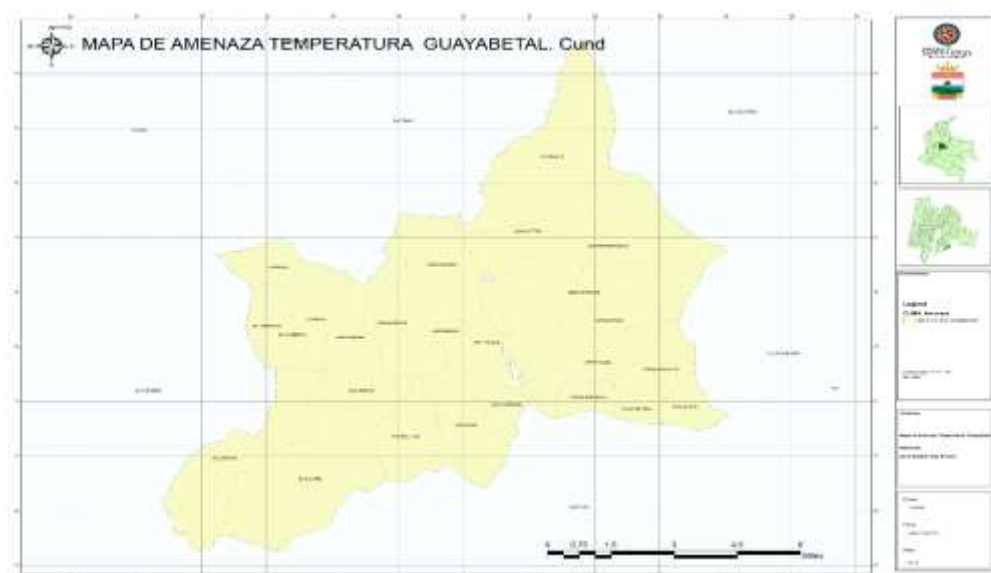
Esta información es crucial para comprender el entorno climático en el área de estudio, ya que la cantidad y distribución de la precipitación tienen un impacto significativo en la vegetación y, por lo tanto, en el riesgo de incendios forestales.

Figura12 *Grafico de Torta del Porcentaje de Precipitación Media Anual*



En cuanto a la temperatura, se establece un nivel de amenaza MODERADA y frío (12-18°C) en todo el territorio. Esto se determinó a partir de la realización de isothermas utilizando las normales climáticas utilizadas en la determinación de la precipitación.

Este resultado indica que la temperatura en el área de estudio se encuentra en un rango moderado y fresco, lo que puede influir en la susceptibilidad del paisaje a los incendios forestales. La combinación de información sobre la precipitación y la temperatura proporciona una comprensión más completa del entorno climático y su relación con el riesgo de incendios forestales en la región.

Figura13 Mapa Amenaza de Temperatura

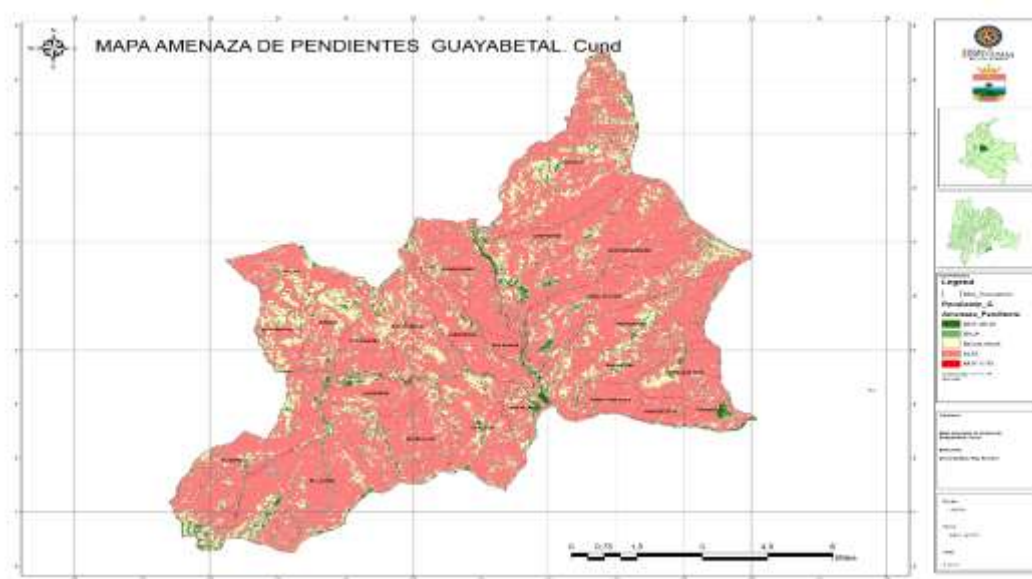
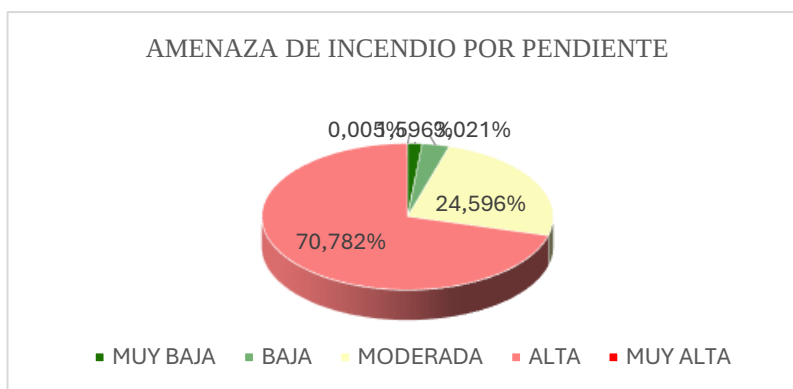
Etapas 3 factor relieve

A través del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), se obtuvo un Modelo Digital de Elevación (DEM), el cual fue procesado en ArcMap para determinar el nivel de pendiente y obtener la amenaza por factor de relieve, tal como se muestra en las *Ilustraciones 14 y 15*.

En esta tercera etapa, donde se establece la amenaza por factor de relieve, se observa que la categoría de amenaza ALTA es predominante. Específicamente, el 70.78% del territorio del municipio de Guayabetal se encuentra en una pendiente media del 25-75%. Le sigue la amenaza MODERADA, que abarca el 24.60% del territorio.

Los valores de amenaza BAJA, MUY BAJA y MUY ALTA son menos frecuentes, representando el 3.02%, 1.59% y 0.01% del territorio respectivamente.

Estos resultados proporcionan una visión detallada de cómo la topografía influye en el riesgo de incendios forestales en el área de estudio, lo que es crucial para la planificación y la gestión de riesgos.

Figura14 Mapa Amenaza de Pendiente**Figura15** Gráfico de Torta Porcentaje de Amenaza de Incendio por Pendientes

Etapas 4 factor histórico

Durante la cuarta etapa del análisis de riesgo de incendios forestales, se llevó a cabo una revisión de las bases de datos proporcionadas por el cuerpo de Bomberos del municipio. Estas bases de datos abarcaron el período desde la fundación del cuerpo en 2013 hasta el año 2022. Este proceso permitió identificar los lugares que históricamente han sido más propensos a la ocurrencia de incendios forestales en el área de estudio.

Teniendo un total de 72 casos en 10 años, y promediando 7 casos por año, convirtiendo este fenómeno en un factor a tener en cuenta en la gestión y prevención de Desastres.

Uno de los hallazgos clave de esta revisión fue la temporalidad de los incendios, que se observó que ocurren principalmente durante la temporada que va desde diciembre hasta abril. Este período concentra la mayor actividad de incendios en la zona.

Al analizar la distribución espacial de las amenazas históricas de incendios, se encontró que el 48.99% del territorio presenta una amenaza histórica catalogada como MUY BAJA. Por otro lado, un 6.09% del área estudiada presenta una amenaza considerada como MUY ALTA. Estos resultados se pueden visualizar en detalle en las *Ilustraciones 16 y 17*.

Esta revisión histórica proporciona información valiosa para comprender la distribución y la temporalidad de los incendios forestales en el área de estudio, lo que a su vez puede ser fundamental para la planificación y la implementación de medidas preventivas y de respuesta ante futuros eventos.

Figura16 Mapa de Amenaza Histórico de Incendios Forestales Guayabetal. Cund

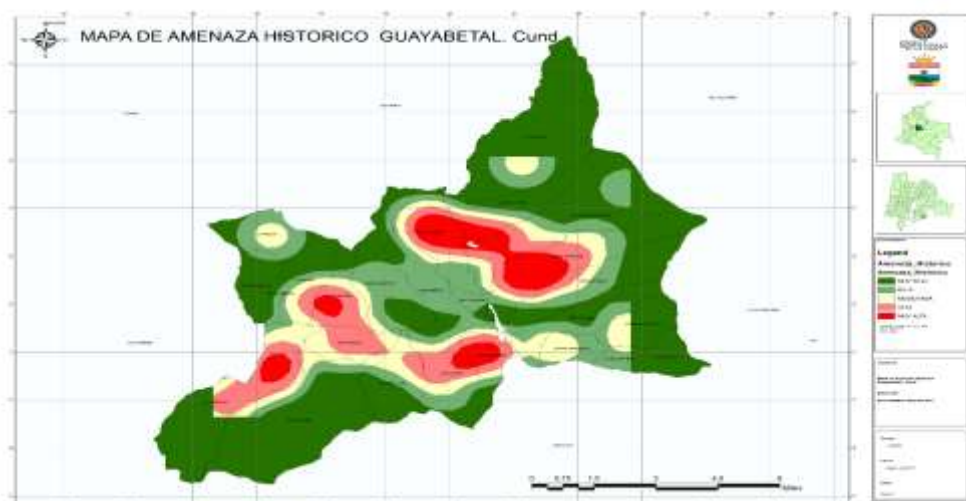
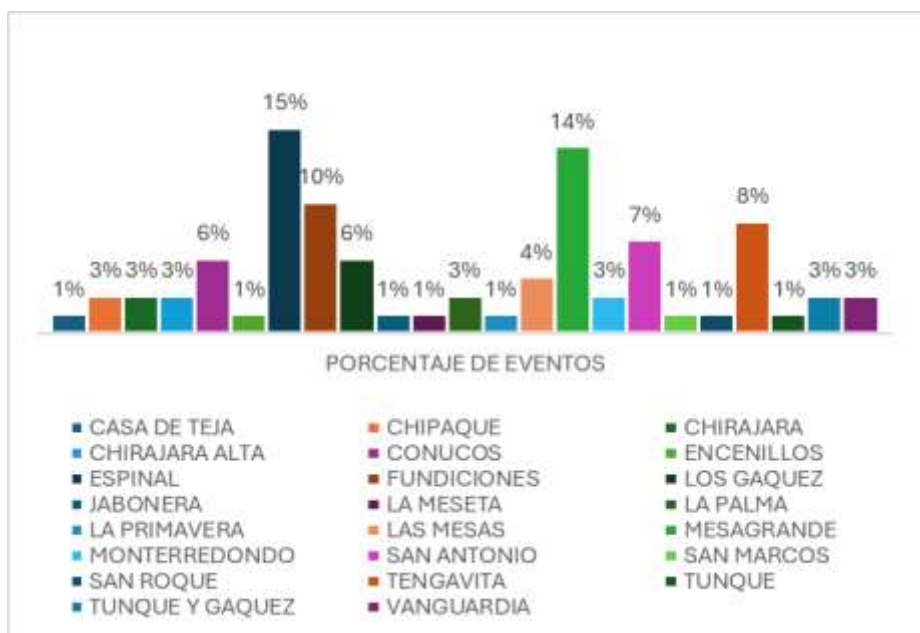


Figura17 Grafica de Torta Porcentaje de Amenaza Histórica



Estas zonas que presentan esta calificación de amenaza, está localizada en zonas veredales como encenillos, con 11 episodios en los últimos nueve años, seguido por Mesa grande con 10 y fundiciones con 7. Según la *Figura 18* estas corresponderían al 15 %, 14 % y 10 % respectivamente.

Figura18 Gráfico de Porcentaje de Incendios por Vereda del Municipio de Guayabetal. Cund



Etapas 5 factor accesibilidad

En la etapa 5 del análisis, se evalúa el factor de accesibilidad, dado que la proximidad a las vías de acceso tiene una gran incidencia en el origen de los incendios forestales. Por lo tanto, la amenaza de accesibilidad se delimita a partir de las proximidades de la cobertura vegetal.

En la zona de estudio, se encontró que la amenaza de accesibilidad se distribuye de la siguiente manera:

- **MUY ALTA: 33.92% del territorio.**
- **ALTA: 21.52% del territorio.**
- **MODERADA: 12.42% del territorio.**
- **BAJA: 8.86% del territorio.**
- **Muy baja: 23.28% del territorio.**

Estos resultados se pueden visualizar en detalle en las *Ilustraciones 19 y 20*. La evaluación de la amenaza de accesibilidad proporciona información valiosa para entender cómo la infraestructura y la presencia humana pueden influir en el riesgo de incendios forestales en el área de estudio.

Figura19 Mapa de Amenaza Accesibilidad

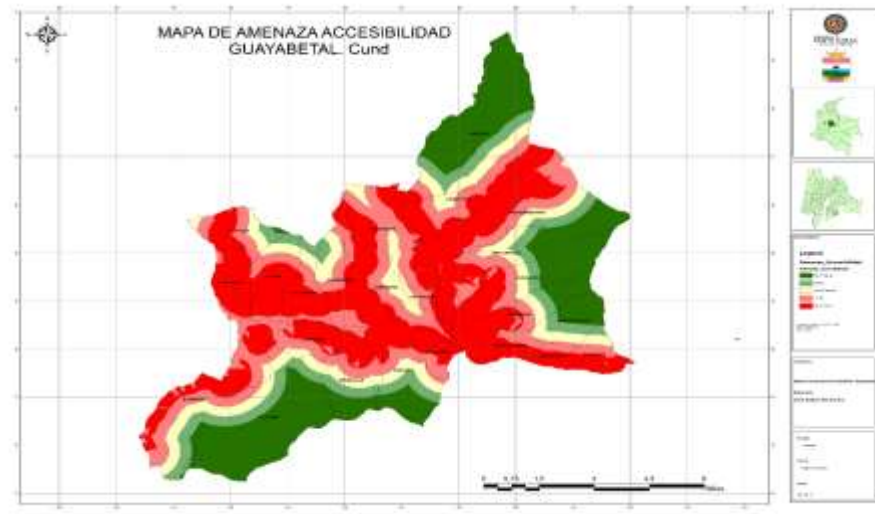
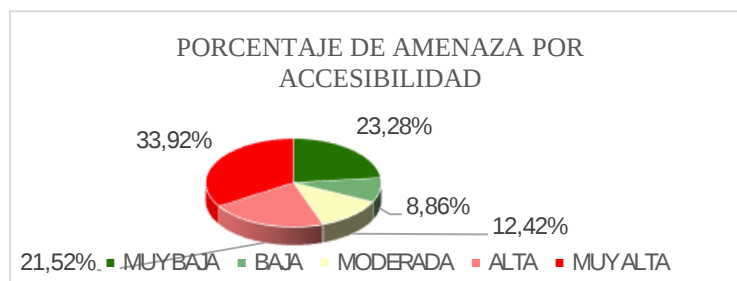


Figura20 Gráfico de Tortas de Amenaza por Accesibilidad



Etapas 6 generación de mapa de amenaza de incendio forestal

En la última etapa del análisis, se logró establecer los niveles generales de amenaza de Incendios Forestales en el municipio de Guayabetal. Se determinó que:

- **El 64.57% del municipio se encuentra en amenaza ALTA.**
- **El 28.48% del municipio está en amenaza MODERADA.**

Estos resultados se pueden visualizar en detalle en las *Ilustraciones 21 y 22*, confirmando la distribución de los niveles de amenaza en el área de estudio.

Esta evaluación final proporciona una visión global del riesgo de incendios forestales en el municipio, lo que es fundamental para la planificación y la adopción de medidas preventivas y de gestión adecuadas.

Figura21 Mapa de Amenaza de Incendio Forestal

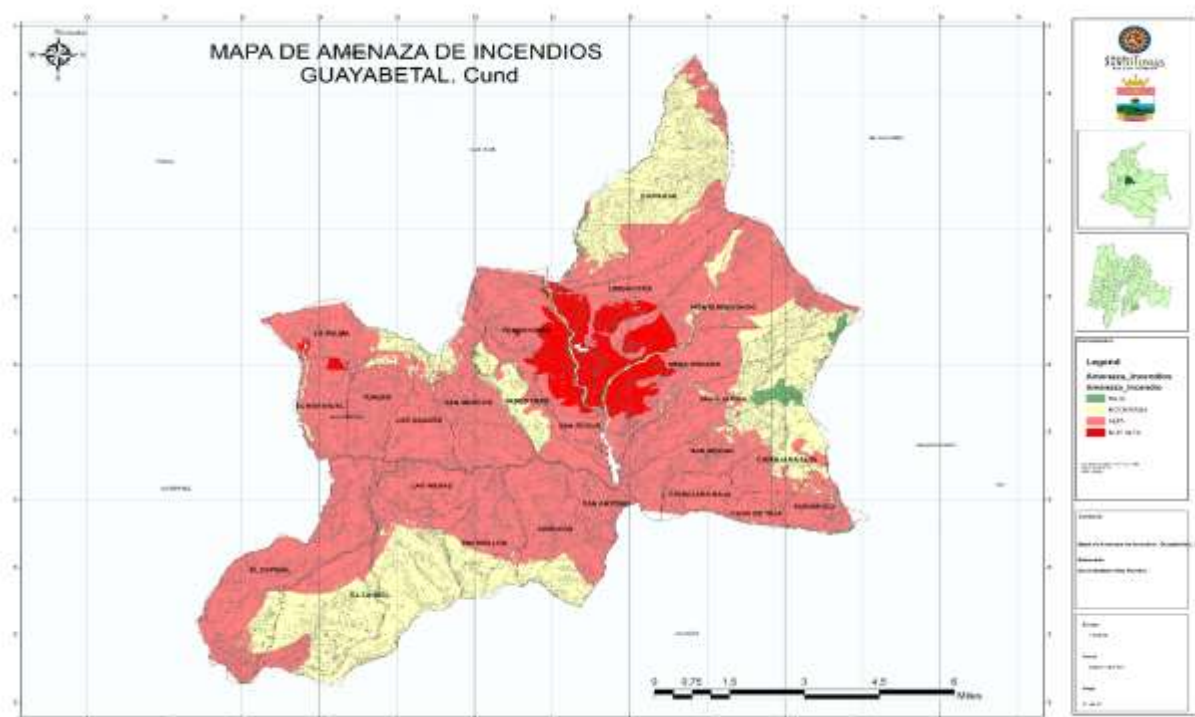
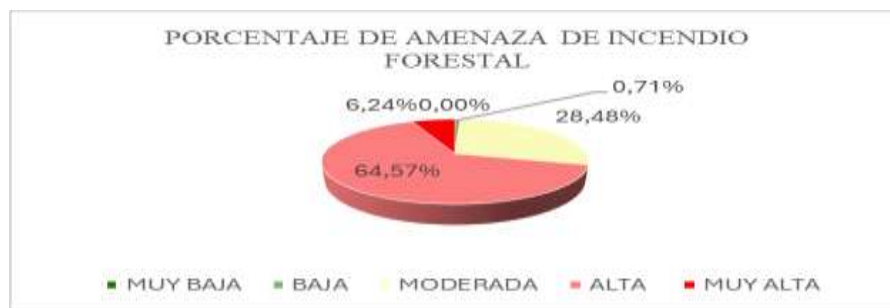


Figura22 Gráfico de Tortas Porcentaje de Amenaza Forestal en el Municipio de Guayabetal



Conclusiones

Se ha determinado que el municipio es vulnerable al fenómeno de los incendios forestales, principalmente debido a sus condiciones geomorfológicas del terreno, más que a su

cobertura vegetal. Además, la accesibilidad a través de vías en la mayoría del territorio también se identifica como un factor de vulnerabilidad. Se ha observado un fenómeno sociocultural, evidenciado por registros del cuerpo de bomberos de Guayabetal Cund, que muestran 73 episodios en 10 años, la mayoría de los cuales son atribuibles a actividades antrópicas. Estas actividades se concentran principalmente en sectores como El Espinal, Mesagrande y fundiciones, este último representando la zona de amenaza MUY ALTA según la Figura 21.

Se requiere un esfuerzo significativo por parte de las entidades públicas para actualizar los insumos de cobertura vegetal en el municipio, ya que los datos actuales muestran variaciones. Además, se sugiere equipar al cuerpo de bomberos con GPS para georreferenciar los episodios de incendios forestales para un procesamiento de datos más preciso. Es importante tener en cuenta que los registros de episodios pueden tener sesgos debido al tiempo transcurrido desde su ocurrencia.

Es esencial realizar actividades de concientización por parte del municipio para educar a la población sobre los incendios forestales, las problemáticas que generan y cómo reducir este fenómeno. Esto ayudaría a mejorar la preparación y la respuesta ante futuros eventos de incendios forestales, así como a promover prácticas sostenibles en el uso del suelo y la prevención de incendios

Bibliografía

Alcaldía de Guayabetal. (21, febrero de 2021). Decreto 015 de 2021. Por el cual se actualiza del plan municipal de gestión del riesgo del desastre-pmgrd y la estrategia de respuesta y la estrategia municipal de respuesta a emergencia- emre y se dictan otras disposiciones.

Alcaldía de Guayabetal

Asamblea Nacional Constituyente. (1991). Constitución Política. En A. N. Constituyente, *Constitución Política de 1991*. Bogotá.
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=4125>

Congreso de la República de Colombia. (22, diciembre de 1993). *LEY 99 del 22 de 1993*. por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se

- organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposici:
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=297>
- Congreso de la República de Colombia. (24, julio de 2000). Ley 599 del 2000. Por la cual se
 expide el Código Penal:
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=6388>
- Congreso de la República de Colombia. (21, julio de 2009). Ley 1333 2009. Por la cual se
 establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones.:
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=36879>
- Congreso de la República de Colombia. (24, julio 2012). Ley 1523 2012. Por la cual se adopta
 la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional
 de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones:
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=47141>
- Cuerpo de Bomberos Guayabetal. (2023). Base de Datos Incendios Forestales en el municipio de
 Guayabetal. *Base de Datos Incendios Forestales en el municipio de Guayabetal*.
 Guayabetal, Cundinamarca, Colombia.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2023). *Geoportal*. Descripción
 sociopolítica Geoportal: <https://geoportal.dane.gov.co/geovisores/territorio/consulta-divipola-division-politico-administrativa-de-colombia/>
- Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) (2024). Registros
 Meteorológicos IDEAM. <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/clima>
- Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]. (2011). *protocolo para
 la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal-
 escala 1:100.000*. Bogotá: .
http://www.ideam.gov.co/documents/11769/68985506/PROTOCOLO+AJUSTADO_MASPAS+DE+ZRICV+copia.pdf/77d37bb7-3e62-44b1-b8a8-dcd5079b6883
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]. (2014). *Componente
 coberturas de la tierra en los páramos priorizados a escala 1:25.000 (metodología
 corine land cover adaptada para Colombia)*. Bogotá: .
<https://repository.humboldt.org.co/server/api/core/bitstreams/55cac834-3b10-4c8a-847f-978aef1275ce/content>

Instituto de Meteorología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]. (2011). *Anexo 1. leyenda de clasificación de la cobertura vegetal según el sistema corine land cover para Colombia (IDEAM, IGAC, IAVH, SINCHI, IAP, INVEMAR 2010) nivel 1 nivel 2 nivel 3 nivel 4 nivel 5 nivel 6.* : IDEAM.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC]. (2017). *Colombia en Mapas.* de Colombia en Mapas: <https://www.colombiaenmapas.gov.co/>

Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC]. (2024). *Diccionario Geográfico de Colombia.* de Diccionario Geográfico de Colombia: https://diccionario.igac.gov.co/?_toponimo=Municipio

Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC]. (2024). *Diccionario Geográfico de Colombia.* de Diccionario Geográfico de Colombia: https://diccionario.igac.gov.co/index.html?_termino=480900

Instituto Nacional de Vías [INVIAS]. (2023). *Inviasopendata.* de Inviasopendata: <https://inviasopendata-invias.opendata.arcgis.com/datasets/red-vial/explore?location=-16.592904%2C-36.483403%2C4.35>

Ministerio de Ambiente. (5, junio de 1995). *Decreto 948 de 1995* Por el cual se reglamentan, parcialmente, la Ley 23 de 1973, los artículos 33, 73.: https://archivo.minambiente.gov.co/images/normativa/app/decretos/54-dec_0948_1995.pdf

Presidencia de la República de Colombia. (18, diciembre de 1974). *Decreto Ley 2811 de 1974.* Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=1551>

Presidencia de la República de Colombia. (31, julio de 1978). *Decreto 1608 de 1978.* Por el cual se reglamenta el Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente y la Ley 23 de 1973 en materia de fauna silvestre: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=8241>

Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastre [UNGRD]. (2022). *Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastre.* UNGRD. <https://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Plan-Nacional-Gestion-Riesgo-de-Desastres.aspx>

Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastre [UNGRD). (2019). *Lo Que Usted Debe Saber de Incendios de Cobertura Vegetal*. UNGRD.
http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/28309/Cartilla_Incendios_2019-.pdf?sequence=4&isAllowed=y