

**ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS QUEMAS PROHIBIDAS EN  
EL MUNICIPIO DE POPAYÁN CAUCA EN LOS AÑOS 2018 A 2022**



**LICETH YADIRA VIVEROS ORTEGA**

**CÓDIGO: 103518020414**

**INFORME PRÁCTICA PROFESIONAL**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA**

**FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS Y SOCIALES**

**PROGRAMA GEOGRAFÍA DEL DESARROLLO REGIONAL Y AMBIENTAL**

**POPAYÁN**

**2024**

**ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS QUEMAS PROHIBIDAS EN  
EL MUNICIPIO DE POPAYÁN CAUCA EN LOS AÑOS 2018 A 2022**



**LICETH YADIRA VIVEROS ORTEGA**

**INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PRÁCTICA  
PROFESIONAL PARA OPTAR AL TÍTULO DE GEÓGRAFA**

**DIRECTORA**

**MG. CAROLINA CASTRILLÓN OJEDA**

**ASESOR POR LA INSTITUCIÓN DE BOMBEROS POPAYÁN**

**ING. ANDRÉS RAMÍREZ**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA**

**FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS Y SOCIALES**

**PROGRAMA GEOGRAFÍA DEL DESARROLLO REGIONAL Y AMBIENTAL**

**POPAYÁN**

**2024**

**ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS QUEMAS PROHIBIDAS EN  
EL MUNICIPIO DE POPAYÁN CAUCA EN LOS AÑOS 2018 A 2022**

---

**Liceth Yadira Viveros Ortega**

**Estudiante**

---

**Carolina Castrillón Ojeda**

**Asesora Académica**

---

**Andrés Ramírez**

**Asesor Institucional**

## **Agradecimientos**

En primer lugar, le agradezco a Dios por la oportunidad y sabiduría en este caminar, les agradezco a mis padres Carmen y Evaristo que siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir mis objetivos personales y académicos, me han impulsado a seguir adelante y perseguir mis metas hasta poder cumplirlas.

A mi directora de trabajo de grado Mg. Carolina Castrillón Ojeda, por su orientación, apoyo, guía y paciencia a lo largo de este proceso.

A la Institución del Cuerpo de Bomberos voluntarios de Popayán, en especial a Andrés Ramírez, Diego Martínez y Francisco Arboleda, por su orientación y por brindarme la oportunidad de aplicar mi conocimiento para el desarrollo de este proyecto.

Les agradezco a todas las personas amigos, amigas, compañeros, compañeras y profesores que de una u otra forma contribuyeron al buen desarrollo y culminación de este proyecto y caminar universitario.

*¡Infinitas Gracias a todos!*

## **Dedicatoria**

Este trabajo de grado se lo dedico a Dios, por ser mi guía y mi lugar seguro siempre, a mis padres, hermanos y demás familiares que de alguna forma han estado ahí para apoyarme.

A la vida por permitirme vivir experiencias nuevas y únicas en este caminar universitario de mucho aprendizaje y desafíos.

A ellos dedico todo mi esfuerzo y dedicación.

***Liceth Yadira Viveros Ortega.***

## TABLA DE CONTENIDO

1.	Introducción .....	1
2.	Contextualización del Trabajo. ....	3
2.1.	Área de Estudio y Descripción del Entorno.....	3
2.2.	Planteamiento Del Problema.....	6
2.3.	Justificación. ....	7
2.4.	Objetivos del Proyecto.....	8
2.4.1.	Objetivo General.....	8
2.4.2.	Objetivos Específicos.....	8
3.	Fundamento Teórico. ....	9
3.1.	Marco Teórico del Proyecto.....	9
3.2.	Marco Conceptual.....	16
3.3.	Marco Legal.....	17
4.	Metodología del Proyecto.....	20
4.1.	Primera Fase.....	21
4.2.	Segunda fase .....	22
4.3.	Tercera Fase. ....	23
4.4.	Diagrama de Flujo de Trabajo.....	25
5.	Identificación y Sistematización de las Quemas Prohibidas en el Municipio de Popayán (2018-2022).....	26
5.1.	Generalidades del Municipio .....	26
5.2.	Efectos de las Quemas. ....	27
5.2.1.	Desafíos Ambientales en el Municipio por las Quemas Prohibidas. ....	30

5.2.2.	Diversos problemas a los que se enfrentan las Ciudades.....	32
5.3.	Identificación y Sistematización de la Información.....	33
5.4.	Georreferenciación de las 15 zonas seleccionadas. ....	37
5.5.	Tipo de Quema.....	42
6.	Creación de una Base de Datos Espacial. ....	47
6.1.	Geodatabase .....	47
7.	Análisis Espacial de Quemadas Prohibidas 2018-2022.....	55
7.1.	Análisis de la Distribución Espacial de Quemadas Prohibidas. ....	56
7.1.1.	Principales zonas de Quemadas Prohibidas 2018 a 2022.....	56
7.1.2.	Recurrencia de Quemadas Prohibidas por zonas.....	61
7.2.	Hidrografía del Municipio .....	66
7.3.	Vías del municipio .....	68
7.4.	Densidad de Kernel.....	71
7.5.	Puntos fríos y calientes .....	76
7.6.	Cobertura vegetal .....	79
7.7.	Uso de Suelo .....	84
7.8.	Población afectada con un área de influencia de 200 metros alrededor de cada zona principal de Quema Prohibida.....	87
7.9.	Mapa de Quemadas por años.....	90
7.10.	Rosa de los Vientos.....	98
7.11.	Relieve .....	101
7.12.	Clima.....	107
8.	Conclusiones.....	111

9.	Recomendaciones. ....	113
10.	Referencias Bibliográficas. ....	114

## LISTA DE TABLAS

Tabla N°1. Registros de barrios, veredas y lugares con presencia de quemas prohibidas del 2018 al 2022.....	34
Tabla N°2. Número de Quemas Prohibidas registradas por año.....	35
Tabla N° 3. Recurrencia de Quemas Prohibidas por año y zonas.....	36
Tabla N°4. Coordenadas de las 15 zonas seleccionadas. ....	39
Tabla N° 5. Distribución de numero de Quemas prohibidas según su tipo. ....	42
Tabla N° 6. Numero de Quemas Prohibidas .....	50
Tabla N° 7. Recurrencia de quemas prohibidas .....	50
Tabla N° 8 Drenajes Popayán, Cauca. ....	51
Tabla N° 9. Vías Popayán .....	51
Tabla N°10. Nomenclatura Vial.....	51
Tabla N° 11. Zona Urbana y centros poblados .....	52
Tabla N° 12. Veredas de Popayán.....	52
Tabla N° 13. Clima Popayán.....	53
Tabla N° 14. Población Afectada .....	53
Tabla N° 15. Cobertura Vegetal .....	53
Tabla N° 16. Uso del Suelo.....	54
Tabla N°17. Recurrencia de quemas prohibidas por zonas.....	62

## LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1. Principales zonas de ocurrencia de Quemias Prohibidas 2018-2022.....	40
Imagen 2. Observación de Principales zonas de ocurrencia de Quemias Prohibidas 2018-2022.	41
Imagen 3. Principales zonas de ocurrencia de Quemias Prohibidas 2018-2022.....	41
Imagen N°4. Modelo personal Geodatabase.....	48
Imagen N°5. Observación modelo personal Geodatabase.....	48
Imagen N° 6. Población Afectada por zonas principales de quemias prohibidas.....	87

## LISTA DE GRÁFICOS.

Gráfico N°1. Diagrama de flujo de trabajo.....	25
Gráfico N°2. Número de Quemias Prohibidas según el tipo se material quemado. ....	43
Gráfico. N°3 Ventana de observación puntos de zonas principales de quemias prohibidas .....	59
Gráfico N°4. Ventana de observación puntos principales Zona Norte .....	59
Gráfico N°5. Ventana de observación puntos principales Zona Sur .....	60
Gráfico N°6. Ventana de observación puntos principales Zona Oriente .....	60
Gráfico N°7. Ventana de observación puntos principales Zona Occidente .....	61
Gráfico N°8. Ventana de observación recurrencias de quemias prohibidas por zonas. Zona Norte. .....	64
Gráfico N°9. Ventana de observación recurrencias de quemias prohibidas por zonas. Zona Sur .	64
Gráfico N°10. Ventana de observación recurrencias de quemias Prohibidas por zonas. Zona Oriente.....	65
Gráfico N°11. Ventana de observación recurrencias de quemias prohibidas por zonas. Zona Occidente .....	65
Gráfico N°12. Ventana de observación Hidrografía, Popayán Cauca. ....	67
Gráfico N°13. Ventana de observación Vías de Popayán, Cauca .....	71
Gráfico N°14. Ventana de observación Densidad de Kernel. Zona Norte.....	73
Gráfico N°15. Ventana de observación Densidad de Kernel. Zona Sur.....	74
Gráfico N°16. Ventana de observación Densidad de Kernel. Zona Oriente.....	75
Gráfico N°17. Ventana de observación Densidad de Kernel. Zona Occidente.....	75
Gráfico N°18. Ventana de observación Cobertura Vegetal. Zona Norte.....	82
Gráfico N°19. Ventana de observación Cobertura Vegetal. Zona Sur .....	82

Gráfico N°20. Ventana de observación Cobertura Vegetal. Zona Oriente.....	83
Gráfico N°21. Ventana de observación Cobertura Vegetal. Zona Occidente.....	83
Gráfico N°22. Ventana de observación Uso del suelo. ....	86
Gráfico N°23. Ventana de observación Población afectada por Quemadas Prohibidas. ....	90
Gráfico N° 24. Quemadas prohibidas trabajadas por año.....	92
Gráfico N°25. Ventana de observación Relieve Popayán, Cauca. Zona Norte.....	104
Gráfico N°26. Ventana de observación Relieve Popayán, Cauca. Zona Sur. ....	104
Gráfico N°27. Ventana de observación Relieve Popayán, Cauca. Zona Oriente.....	105
Gráfico N°28. Ventana de observación Relieve Popayán, Cauca. Zona Occidente. ....	106
Gráfico N°29. Ventana de observación Clima Popayán, Cauca. ....	109

## LISTA DE MAPAS

Mapa 1. Ubicación y distribución territorial del municipio de Popayán .....	3
Mapa N°2: Zonas principales de Quemadas Prohibidas 2018-2022 .....	57
Mapa N°3. Recurrencias de quemadas prohibidas por zonas.....	63
Mapa N°4: Hidrografía del municipio .....	66
Mapa N°6: Densidad de Kernel .....	72
Mapa N° 7. Puntos fríos y calientes.....	77
Mapa N° 8. Cobertura vegetal .....	80
Mapa N° 9. Uso del suelo .....	84
Mapa N° 10. Población afectada por Quemadas Prohibidas .....	88
Mapa N°11. Total, Quemadas Prohibidas 2018-2022 .....	91
Mapa N°12: Quemadas Prohibidas 2018.....	93
Mapa N°13. Quemadas Prohibidas 2019.....	94
Mapa N°14. Quemadas Prohibidas 2020.....	95
Mapa N°15: Quemadas Prohibidas 2021.....	96
Mapa N°16: Quemadas Prohibidas 2022.....	97
Mapa N° 17. Rosa de los Vientos .....	99
Mapa N° 18. Relieve de Popayán, Cauca .....	102
Mapa N° 19. Clima de Popayán, Cauca.....	107

## **Resumen**

La realización del presente proyecto de Práctica Profesional se desarrolló en colaboración con el Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán Cauca; este tuvo como objetivo principal actualizar la información espacial y hacer un análisis de distribución espacial de las quemas prohibidas ocurridas en el municipio de Popayán Cauca durante los años 2018 a 2022 mediante los Sistemas de Información Geográfica.

Todo ello, permitió la realización de un análisis espacial de las quemas prohibidas una vez actualizada la información de los eventos presentados en los años trabajados, además también permitió la creación de una base de datos espacial que ayudó a facilitar la identificación de las zonas con mayores presencias de quemas prohibidas y su presencia tanto en la parte urbana como rural. Esto es muy importante puesto que, ayuda a la institución en su propósito de tener digitalizada y actualizada la información de estos incidentes.

## **1. Introducción**

El presente escrito tiene como finalidad dar a conocer sobre las quemas prohibidas, puesto que es una práctica que ocurre en muchos países y también en municipios de Colombia. En el municipio de Popayán Cauca, se presentan quemas prohibidas a cielo abierto que han influido constantemente en problemáticas de humos, olores y faltando a lo establecido en la ley.

Resulta pertinente mencionar lo que dice MinAgricultura. (2023), en un artículo, sobre el peligro potencial que representan las quemas en las ciudades. Las quemas de rastrojos y otros materiales es un grave problema de nuestro tiempo, incluso a nivel mundial cada año arden miles de hectáreas de forma intencionada por diferentes motivos, tradiciones o circunstancias relacionadas. Es importante tener en cuenta que, desde el Decreto 4296 de 2004 se establece la prohibición de la práctica de quemas abiertas rurales.

Por lo anterior, este proyecto realiza un análisis espacial de las quemas prohibidas presentadas en el municipio de Popayán Cauca durante un periodo de 5 años, comprendido entre 2018 a 2022, analizando la distribución a nivel espacial, de este fenómeno en el municipio. Cabe mencionar que, conocer cómo están distribuidas a nivel municipal las quemas, ayudó a entender sus patrones de distribución e identificar las posibles causas de lo que sucede; además, de brindar un panorama sobre el comportamiento y la ubicación de (barrios, veredas o sitios) donde se han presentaron mayores quemas. Todo esto, permitió plantearse la posible búsqueda de alternativas que permitan mejorar y en lo posible bajar los niveles de frecuencia del fenómeno en el municipio.

Es importante destacar que, la realización del análisis espacial de las quemas se realizó mediante el uso de los Sistemas de Información Geográfica, utilizando el software SIG. Para extraer los datos trabajados fue mediante la revisión de la base de datos de los archivos históricos

disponibles en el cuerpo de bomberos voluntarios de Popayán, donde se recolectó y analizó la información del proyecto.

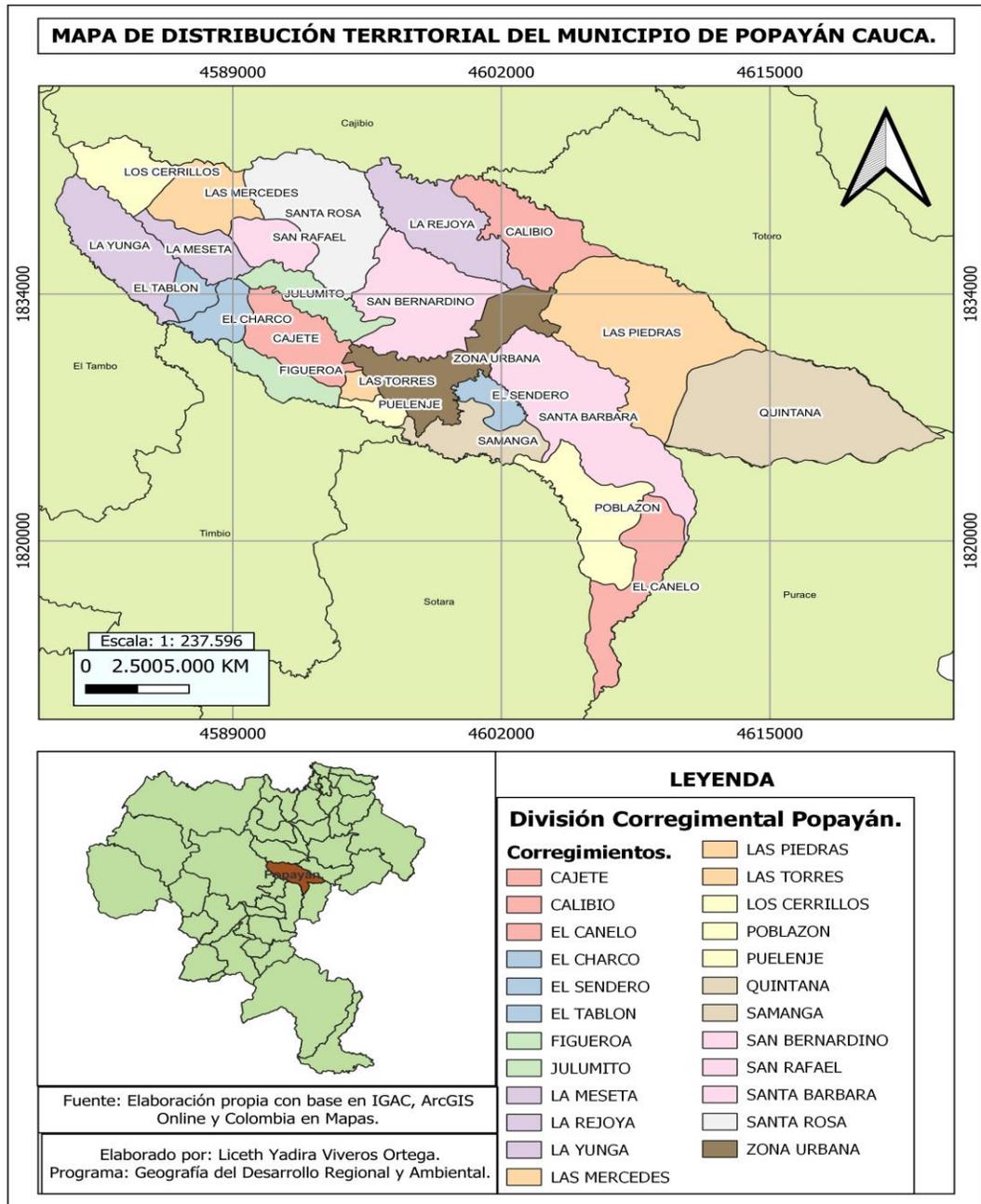
## **2.Contextualización del Trabajo.**

### **2.1. Área de Estudio y Descripción del Entorno.**

Según el plan de desarrollo Municipal “Creo en Popayán” 2020-2023, Popayán, capital del departamento de Cauca, está ubicada en el suroeste de Colombia, al pie de la Cordillera Central. Popayán está ubicado en el llamado Valle de Pubenza, en la latitud 2°26'39"N y longitud 76°37'17"O, con una altura promedio de 1.738 metros sobre el nivel del mar (Ver mapa 1). Se ubica a 702 kilómetros de Bogotá, la capital de la República. El área de la ciudad es de 464 kilómetros cuadrados. Las zonas urbanas tienen diferentes altitudes, siendo los cerros de San Rafael Alto, Canelo, Puzná, Santa Teresa, Tres Tulpas y La Tetilla los más altos.

Tiene una temperatura media de 18-19 °C durante todo el año, alcanzando temperaturas máximas en los meses de julio, agosto y septiembre en horas del mediodía (hasta 29 °C) y mínimas de 10 °C en horas de la madrugada en verano. También cuenta con grandes áreas planas y onduladas, en su mayoría cercanas al río Cauca. PDM, (2020).

Mapa 1. Ubicación y distribución territorial del municipio de Popayán.



Fuente: elaboración propia, (2023).

Hacen parte del municipio 24 corregimientos, y los resguardos de Quintana y Poblazón.

Según el Censo Nacional de Población y Vivienda realizado por el DANE en 2018, Popayán cuenta con 318.059 habitantes, de los cuales 51.498 viven en las zonas rurales, lo que

equivale al 14% de la población del municipio, y 266.561 viven en la cabecera municipal, lo que equivale a un 86%. La mayor parte de la población del Municipio de Popayán, el 94,3%, no se reconoce dentro de un grupo étnico, sin embargo, el 3,25% se autoreconoce como indígena y otro 3,5% como afrodescendiente. Alcaldía de Popayán (2019).

En términos generales en el área urbana del municipio de Popayán se presentan problemas por contaminación de fuentes hídricas (vertimientos, tóxicos entre otros), contaminación por disposición inadecuada y manejo de residuos sólidos, pérdidas de humedales, deforestación, erosión, contaminación; en el área rural se suman las malas prácticas en la explotación de material de arrastre, quemas frecuentes, prácticas de caza terminando con la riqueza de fauna y cultivos agrícolas sin control.

Popayán es el municipio más representativo en materia de producción del departamento del Cauca, sus principales actividades económicas están basadas en la producción agrícola, los servicios sociales, comunales y personales, los servicios financieros, el comercio y la construcción.

En 2018, la economía de la ciudad creció en los sectores agrícola y empresarial, pero cayó en el sector de la construcción. PDM, (2020)

## **2.2. Planteamiento Del Problema.**

Las quemas prohibidas son aquellas que se hacen a cielo abierto sin ningún tipo de autorización de las entidades municipales ambientales encargadas de dar permisos para este tipo de prácticas, su realización genera impactos a la biodiversidad, la población entre otros. Las quemas prohibidas, son generadoras o contribuyen a problemas ambientales y sociales.

El ser humano tiene una relación directa con la tierra, los bosques, el suelo y, por ende, son ellos los que realizan la quema de bosques y de suelos para tratar de subsistir mediante la educación y siembra de grandes o pequeñas parcelas. Tanto en los espacios rurales como urbanos se realizan quemas prohibidas; en los espacios rurales se dan quemas para adecuación y cultivos, así como de residuos sólidos y residuos orgánicos, en la zona urbana se dan quemas de residuos sólidos, restos orgánicos de troncos de árboles, quemas de llantas, colchones y demás. Una vez mencionado esto, se debe tener en cuenta que las quemas se están presentando de manera muy constante, algunas incluso llegando a convertirse en incendios forestales. Con la sistematización de la información que se obtuvo mediante la proporción de datos por parte del Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán, se analizó de manera espacial y se entregó esta información a ellos, para que se encarguen junto con las otras entidades establecidas en el cuidado ambiental y de organización y cuidado de los espacios sociales, de buscar mecanismos que permitan minimizar lo que se está presentando, para que la única vía de solución no sea propiciar multas.

### **2.2.1. Pregunta Orientadora**

¿Cuál es la distribución geoespacial de las quemas prohibidas y cuáles son los lugares de mayor incidencia de estas prácticas en el municipio de Popayán, Cauca?

### **2.3. Justificación.**

Las quemas en muchos países del mundo, así como en Colombia, son en ocasiones las causantes de constantes impactos para el suelo, aire, bosques, y para la población en general; por ende, es importante tener en cuenta que con el pasar de tiempo estas prácticas de quema pueden ir creciendo a pesar de estar prohibidas por la ley ambiental en Colombia.

A nivel nacional las quemas a cielo abierto están prohibidas y su realización puede incurrir en sanciones y penalizaciones, puesto que su práctica constante afecta el suelo, la biodiversidad, además de causar incendios forestales, lleva a que se presenten procesos erosivos, cuando se realizan quemas en las zonas urbanas se puede molestar con olores y humos a los vecinos y habitantes del barrio o los barrios cercanos, esto dependiendo de la extensión de la quema.

Por todo lo antes mencionado, resultó importante realizar un análisis espacial de donde se presentaban mayores cantidades de quemas en el municipio de Popayán, y de esta manera lograr identificar cada lugar con mayores registros de quemas a cielo abierto, saber su fecha, lugar, qué tipo de quema fue, entre otros.

En el municipio de Popayán como en otros municipios se presentan incidentes por quemas simples, así como quemas prohibidas más grandes, de aquí surgió la necesidad de mirar su incidencia en un periodo de 5 años que va desde el 2018 a 2022. Obtener la información ayudó a identificar la presencia de quemas prohibidas en el municipio, y de esta manera se puede dar paso a la realización de planes de reconocimiento y mitigación, ello si la entidad encargada del proceso lo considera conveniente y necesario. Todo lo mencionado es con el propósito del mejoramiento de la incidencia de las quemas a cielo abierto.

## **2.4. Objetivos del Proyecto.**

### **2.4.1. Objetivo General.**

Analizar la distribución espacial de las quemas prohibidas en el municipio de Popayán Departamento del Cauca en los años 2018 a 2022.

### **2.4.2. Objetivos Específicos.**

Identificar las quemas prohibidas presentadas en el municipio de Popayán en los años 2018 a 2022.

Crear un archivo GDB con la información obtenida una vez realizada la identificación y el análisis espacial de las quemas prohibidas en el municipio de Popayán en los años 2018 a 2022.

Realizar un análisis espacial de las quemas prohibidas en el municipio de Popayán en los años 2018 a 2022.

### **3. Fundamento Teórico.**

En este apartado se presenta el marco teórico, el cual permite obtener información para comprender específicamente la temática a tratar sobre las quemas prohibidas en el municipio de Popayán Cauca. Se ha considerado la importancia de sistematizar la información, realizar un análisis espacial y explorar la relación entre la geografía y el tema de estudio.

#### **3.1. Marco Teórico del Proyecto.**

A lo largo de la historia, la geografía ha dado y desarrollado diferentes formas de ver e interpretar la realidad. La ciencia de la geografía es una de las disciplinas más antiguas de la humanidad y ha sufrido una evolución muy compleja a lo largo de su historia, con muchos cambios en los métodos analíticos.

La geografía como ciencia que estudia la relación entre la sociedad y el universo, pero a diferencia de otras disciplinas, la geografía se basa en una visión integral desde diferentes disciplinas, comenzando con la educación y conduciendo a una interpretación global del mundo y termina con la geografía, orden local. A la hora de tomar decisiones y recomendaciones, necesitamos integrar estudios analíticos que nos ayuden a entender los diferentes fenómenos y problemas de cada región.

Desde este punto de vista, la geografía no puede entenderse como una disciplina cuyo único fin es adquirir conocimientos básicos sobre la ubicación y descripción de lugares y objetos en la superficie terrestre y su asignación a mapas, es imposible avanzar en su carácter científico y comprender y analizar las dinámicas territoriales. Capel, H. (2016). Según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), (s/f) la geografía es importante en varios aspectos:

1. Responder preguntas básicas sobre dónde y por qué ocurren los eventos, procesos, dinámicas sociales, económicas y naturales. Sin embargo, no se limita solo a ubicaciones espaciales, sino que también conduce a una comprensión de la relación entre el espacio y la sociedad que se forma en varias escalas, desde la global hasta la local.

2. El segundo aspecto deriva de su función social. Geografía humana proponiendo nuevas alternativas en tecnología de diseño y control social. Esto posibilita el estudio de conceptos relacionados con el territorio y el lugar, incluyendo los elementos culturales que hacen del ser humano meros contenedores físicos, más que especies con capacidad de abstracción y simbolización en el espacio. para convertir.

3. Finalmente, el hecho de que la disciplina centra su análisis en las relaciones entre espacio y sociedad exige el estudio de relaciones que muestren los vínculos entre poder, pertenencia e identidad (es decir, territorios). La geografía se convierte así en una disciplina para discutir la construcción de modelos de cómo deben organizarse los territorios para atender las necesidades de sus habitantes en términos de bienestar y calidad de vida. Cascante, A. (2021). La importancia de la geografía como ciencia, (PP. 19-05.).

En la geografía, es necesario vincular varios aspectos a la hora de hacer un análisis, por ende, la sistematización y el análisis espacial son importantes, en este caso se ilustró un poco de cada uno de ellos y la importancia de estos para la práctica profesional que se realizó.

Teniendo en cuenta la necesidad de organizar y así poder consultar con mayor facilidad la información, en los diferentes campos de muchas disciplinas e incluida la geografía, se empieza a pensar en cómo contextualizar información sobre un tema en específico que tenga muchos puntos

para poder llegar a analizar y entender sus patrones, de ahí surge la sistematización, la cual es definida de la siguiente manera:

Según Jara, O. (2009), manifiesta que “la sistematización es la interpretación crítica de una o varias experiencias que, a partir de su ordenamiento y reconstrucción, descubre o explica la lógica del proceso vivido, los factores que han intervenido en dicho proceso, cómo se han relacionado entre sí y porqué lo han hecho de ese modo”. Es así como mediante esta se pudo realizar una recopilación de información de manera ordenada, clara y precisa, para dar solución a lo planteado.

El análisis espacial se centra en estudiar los componentes del espacio de forma aislada, los define y tiene en cuenta su comportamiento bajo ciertas condiciones. En estos casos el análisis espacial utiliza una variedad de herramientas técnicas, que ayudan a lograr un análisis claro y preciso, estas herramientas relacionan una serie de dinámicas espaciales que proporcionan información útil para llegar a un posible patrón de distribución y análisis.

A lo largo del tiempo, el campo ha construido y desarrollado varios conceptos sintéticos como lugar, región, territorio, paisaje... y el propósito de hacerlo es desarrollar una teoría general del espacio y explicar sus propiedades y entender la relación entre individuos y humanos. Identificar y estudiar sus problemas sociales en el espacio e identificar los factores que los transforman. Exactamente estos conceptos sintéticos fueron acompañados de técnicas de análisis cuantitativas, cualitativas y gráficas.

Bosque (1992) es más específico al definir el análisis espacial como "un conjunto de técnicas para investigar datos geográficos teniendo en cuenta sus características espaciales". En tales descripciones, toda la atención se centra en el procesamiento de datos geográficos.

En esta parte es necesario hablar de las herramientas de análisis espacial, estas se definen como un elemento cualitativo, cuantitativo y/o mixto, involucrando una serie de procedimientos trabajando una o varias variables con la intención de hacer explicable algunos fenómenos. Estas herramientas cumplen con los objetivos de análisis espacial. Se tuvo en cuenta a mencionar la herramienta técnica cuantitativa y los sistemas de información geográfica (SIG), debido a que estos dos van muy relacionados con el análisis que se realizó en el tema de estudio.

La herramienta técnica Cuantitativa proporciona medidas de tendencia central, medidas de dispersión, probabilidades y posibles realidades. Las técnicas cuantitativas han transformado la geografía al proporcionar nuevas abstracciones de datos espaciales, demostrar y revelar patrones de comportamiento en ciertos fenómenos y permitir el trabajo práctico y el conocimiento basado en evidencia, dejando atrás la teoría.

Por su parte los Sistemas de Información Geográfica (SIG) proporcionan funciones de análisis, combina representaciones gráficas, y técnicas cuantitativas. Da una aclaración importante y es que menciona que los SIG y el Análisis Espacial no son sinónimos, a pesar de que gran cantidad de fuentes bibliográficas relacionan de manera estrecha estos dos términos.

La importancia de los SIG radica en que facilita a los investigadores el procesamiento de la información espacial y su representación a través de modelos de realidad analógica representados por unidades espaciales e información temática basada en puntos, líneas y polígonos.

Goodchild y otros (1992) Citado por Gamir y otros. (1995) definieron el análisis espacial dentro de los SIG como "un conjunto de técnicas basadas en la ubicación del objeto o hecho

geográfico que se analiza, que requiere acceso simultáneo a los componentes temáticos de ubicación de información". ORTIZ, L. (año 2012). Análisis de habitaciones 17-24

El uso del fuego en la agricultura y la ganadería está muy extendido en diversas comunidades del mundo como técnica económica para preparar la tierra para el cultivo, mejorar la alimentación animal y aumentar la producción animal. Sin embargo, cuando los incendios se salen de control, provocan severos impactos ambientales, con consecuencias como la expansión de las fronteras agrícolas, la erosión, la pérdida de recursos hídricos y la deforestación. Otras prácticas comunes incluyen la eliminación de desechos y el mantenimiento de caminos usando fuego.

En Colombia uno de los mecanismos populares para el manejo de residuos domiciliarios y residuos vegetales después de la limpieza y recolección de estos es la quema, utilizando el fuego para labores de limpieza de terrenos y espacios comunes, y más si en el municipio o ciudad se tienen falencias con el servicio de recolección de los residuos sólidos. Durante las épocas de fiestas también se incrementan las quemas a pesar de que están prohibidas por la ley y penalizadas con sanciones.

En los lugares donde se acostumbra a celebrar las fiestas populares con pólvora, así como durante las fiestas de Navidad y Año Nuevo, estas celebraciones repercuten en muchos casos en quemas, que pueden llegar a convertirse en incendios forestales o estructurales. Es importante recordar que no existe registro que sustente lo anterior, ya que, esta práctica es realizada sin restricción de hora, precaución y manejo. Mondragón et al., (2013). CAUSAS DE LOS INCENDIOS FORESTALES EN LA REGIÓN CARIBE, ANDINA Y ORINOQUÍA DE COLOMBIA. Las Quemias, 28-42.

En los últimos años las quemas e incendios han tenido un aumento muy grande, se puede decir que han contribuido a los cambios en los paisajes y la destrucción de pequeños ecosistemas.

Cuando esto sucede, también se libera dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a la atmósfera, que es uno de los mayores contribuyentes al aumento de la temperatura de la Tierra. Actualmente, los incendios forestales se están extendiendo con más fuerza. Por ejemplo, según un informe presentado por la Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD), en 2016 los incendios forestales afectaron 72.416 hectáreas de bosque, y en 2019 esta cifra aumentó a 86.485 hectáreas. Aunque estos incendios pueden deberse a causas naturales, como las tormentas eléctricas, que en aproximadamente un 95% son causadas por el hombre.

Según UNGRD, (2016) se mencionan a continuación algunas de las actividades que pueden llegar a generar incendios:

- Preparación del terreno para cultivos o agricultura.
- Quemar residuos sólidos.
- Tirar colillas de cigarro o vidrios rotos al suelo o en cualquier otro lugar.

Estas acciones también afectan la vida diaria de las personas, como, por ejemplo:

- Si el humo de la combustión llega a las torres de energía, muchas personas pueden perder el servicio.

- El monóxido de carbono liberado durante la combustión es un contaminante peligroso que puede afectar la salud humana.

– Daña la infraestructura necesaria para la vida humana.

- La quema aumenta el riesgo de incendios forestales y puede poner en peligro la vida.

- La quema acelera la pérdida de la capacidad de absorción de carbono del suelo.

En el medio ambiente esto tiene ciertas consecuencias, como, por ejemplo:

- Crear contaminación del aire.

- Destruye una amplia gama de plantas, microorganismos y materia orgánica.

- Afecta el suelo y sus resultados de producción de alimentos.

- Puede provocar reducción de la diversidad vegetal y animal.

Lo anterior muestra los daños que han ocurrido o podrían ocurrir como resultado de la simple quema de desechos sólidos o pastos. Aliados Caracol. (2022, febrero 18). *Quemas, contribuyen al aumento de temperatura y pérdida de biodiversidad.*

La quema es una práctica perjudicial para el medio ambiente porque degrada el suelo y destruye los microorganismos que necesita para sustentar la diversidad de cultivos en Colombia. La escala de las quemas en Colombia se lleva a cabo a través de actividades ilegales destinadas a acaparar tierras. El Consejo Colombiano de Riesgos monitorea e interviene en incendios provocados por personas irresponsables que no siguen la ley. Este tipo de acciones están prohibidas porque están catalogadas como riesgos para la diversidad. Correa, C. (2022, febrero 5). *¿Cuáles son las principales causas de incendios en Colombia?*

### 3.2. Marco Conceptual.

En este apartado se definieron cada uno de los conceptos necesarios que se desarrollaron en la práctica profesional sobre el análisis espacial de las quemas prohibidas en el municipio de Popayán. Son conceptos claves que permiten entender con más profundidad el trabajo.

#### **Análisis Espacial.**

Según Gamir, et al (1995), citando a la Real Academia de la Lengua, el análisis se define como la “distinción y la separación de las partes de un todo hasta llegar a conocer sus principios o elementos”. En Geografía “el todo se debe asimilar al espacio geográfico en su conjunto y sus partes”. Estas últimas incluyen las “variables territoriales (abióticas, bióticas, socioeconómicas, etc.) u objetos geográficos que sobre él confluyen”.

**Distribución:** Se define como la acción y el efecto de distribuir, es decir, cómo están repartidos los componentes naturales, sociales, culturales, económicos sobre la superficie terrestre y en un determinado territorio.

**Geodatabase (GDB):** En su nivel más básico, una geodatabase de ArcGIS es un conjunto de datasets geográficos de distintas clases que están almacenados en una carpeta común del sistema de archivos o en un sistema de administración de bases de datos relacionales (como Oracle, Microsoft SQL Server, PostgreSQL, IBM Informix o IBM Db2 entre otros). Esri, (2021). *¿Qué es una geodatabase?—ArcMap.*

**Incendio:** Es un fenómeno que se presenta mediante el fuego, extendiéndose sin planificación, gestión y control en el terreno; este puede presentarse de manera instantánea o gradual, puede causar daños a propiedades, interrupción de procesos productivos, pérdida de vida silvestre y humana, así como múltiples daños al medio ambiente.

También es la oxidación rápida de los materiales combustibles con desprendimiento de luz y calor y la generación de gases y humos UNAM, (2015).

**Quemas:** Es una técnica utilizada como método para la eliminación de cobertura vegetal y residual, de igual modo se realiza quemas en festividades importantes, residuos sólidos entre otros. Estas están consideradas como una causa importante en la generación de incendios forestales como estructurales en muchos casos. Las quemas son una práctica prohibida por la ley ambiental por considerarse una práctica que causa deterioro en el medio ambiente.

**Sistemas de Información Geográfica (SIG):** “Es un sistema compuesto de hardware, software y datos geográficos diseñado para procesamientos de captura, gestión, almacenamiento, manipulación, análisis, modelado, y representación de datos georreferenciados, con el objeto de resolver problemas complejos de planificación y de gestión”. National Center for Geographic Information and Analysis (NCGIA) of USA, (1990).

### **3.3. Marco Legal.**

Colombia es un país con tradiciones agricultoras y su principal proceso a la hora de adecuación de la tierra para la siembra es la quema, que actualmente y desde hace ya mucho tiempo están prohibidas por la ley, leyes ambientales que establecen que esta práctica no es adecuada para el medio ambiente.

Por lo tanto, es importante mencionar que las quemas por temas agrícolas no son las únicas que se presentan constantemente, puesto que también se presentan quemas de residuos sólidos, restos de materiales orgánicos entre otros. De lo mencionado, se da paso a citar algunas de las leyes que prohíben las quemas a cielo abierto, así como otras quemas.

El Decreto 4296 de 2004 prohíbe la quema al aire libre en zonas rurales. La Ley N° 599 de 2000 del Código Penal en su artículo 350 tipifica como delito el incendio provocado e impone penas más severas para las actividades que afecten a los bosques, los recursos vegetales y las zonas de especial importancia ecológica.

Por su parte, **la Ley 1333 de 2009** en el 'Procedimiento sancionatorio ambiental', establece sanciones para quienes por omisión o acción violen las normas ambientales o generen daño al ambiente. Las penas y sanciones son más severas, si se presenta afectación de terrenos a terceros o incluso si se afectan vidas humanas como en algunas ocasiones lamentablemente ha ocurrido.

**Artículo 5°. Prohibiciones de prácticas que afectan el suelo.** Prohíbe las quemas agrícolas controladas y no controladas en el territorio nacional y cualquier otra actividad derivada de una gran actividad económica que afecte el territorio y atente contra la vida e integridad de las personas y el medio ambiente.

La ONU plantea que en la agricultura se utiliza la quema como una actividad para cambiar los cultivos en algunas zonas del mundo, siendo una actividad recurrente en el caso de Colombia principalmente en cultivos de caña, piña y algodón.

**El artículo 31 de la Ley No. 99 de 1993** define las funciones de las Corporaciones Autónomas Regionales como máximas instituciones de protección ambiental en su jurisdicción, de acuerdo con normas progresivas, al respecto en el numeral 23 se dispone que les corresponde:

"Realizar actividades de análisis, seguimiento, prevención y control de desastres, en coordinación con las demás autoridades competentes, y asistirles en los aspectos medioambientales en la prevención y atención de emergencias y desastres; adelantar con las

administraciones municipales o distritales programas de adecuación de áreas urbanas en zonas de alto riesgo, tales como control de erosión, manejo de cauces y reforestación"

## NORMAS RELACIONADAS CON LAS QUEMAS

2.1 El Decreto 4296 de 2004 modificó el artículo 30 del Decreto 948 del 5 de junio de 1995, que abordaba la cuestión de la quema al aire libre en zonas rurales y estipulaba que la práctica de la quema al aire libre en zonas rurales está prohibida.

**2.2 La Resolución 532 del 26 de abril de 2005**, La Resolución 532 del 26 de abril de 2005, regula las quemas controladas en actividades agrícolas y mineras. Emitida por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, el Ministerio de Seguridad Social y Medio Ambiente y el Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial, establece los requisitos, normas, condiciones y obligaciones para la quema controlada a cielo abierto en actividades agrícolas y mineras en zonas rurales.

Comentario: Las autoridades de protección ambiental deben seguir estrictamente la aplicación de las normas anteriores. Cabe aclarar que, si bien la resolución permite las quemas controladas en el cultivo de caña de azúcar, bajo las medidas previstas, sólo permite las quemas cuando el cultivo está inmaduro (es decir, en la cosecha) y durante el requema. Está prohibido quemar materiales en el suelo, así como productos para limpiar las cañas antes o después de la quema.

#### **4. Metodología del Proyecto.**

El proyecto se desarrolló con un enfoque cuantitativo, ya que, se utilizó la revisión y el análisis de datos mediante procedimientos estadísticos y los sistemas de información geográfica que permitieron identificar patrones de comportamiento y alcanzar objetivos de análisis y distribución, y así poder comprender las relaciones de causa y efecto existentes.

Este proyecto se realizó mediante 3 fases de trabajo, cada una de ellas comprende una serie de actividades a seguir que ayudaron a dar solución a todo lo propuesto.

Con el propósito de desarrollar la práctica profesional, se inició con la consulta y búsqueda de información sobre cada fase del proyecto. La primera fase comprendió específicamente la recopilación de la información existente en el Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán de cada uno de siniestros (eventos) de las quemas prohibidas presentadas en el municipio en los 5 años de 2018-2022. Además, también se realizó la identificación y sistematización de las quemas que se registraron.

Por otra parte, mediante la segunda fase se llevó a cabo la creación de una base de datos espacial almacenando los archivos SHP, y ráster que se utilizaron y generaron en la elaboración de la cartografía temática en el transcurso de la práctica.

Y, por último, en la tercera fase, se dió paso a la realización del análisis espacial, mediante cartografía temática, logrando establecer como están distribuidas espacialmente las quemas en el municipio. La información utilizada para elaborar la cartografía comprendió de los puntos establecidos georreferenciados, una vez realizada la sistematización, también se descargó información de diferentes Geoportales como: Colombia en mapas, Earthdata, IGAC, IDEAM, DANE, Google Earth Pro, ArcGIS Online etc. Se elaboraron mapas temáticos de pendientes, uso

del suelo, cobertura vegetal, zonas principales de Quemadas Prohibidas, Recurrencia de Quemadas por Zonas, Densidad de Kernel, Mapa hidrográfico, Mapa de Vías, Rosa de los vientos entre otros.

A continuación, se profundiza en cada una de las fases con sus actividades pertinentes para su desarrollo.

#### **4.1. Primera Fase.**

Esta fase está compuesta por tres actividades principales, que de alguna manera orientan el desarrollo de la primera parte del proyecto; la primera actividad es la recopilación de información secundaria de fuentes bibliográficas, la siguiente es la identificación de la información del Cuerpo de Bomberos Voluntarios, la tercera es la sistematización de la información recolectada de Bomberos. Para estructurar los primeros resultados, se inició con la revisión de información secundaria de diferentes fuentes, esto para aclarar temas sobre los impactos de las quemadas, algunas generalidades del municipio y otra información que se consideraba pertinente. Una vez revisados los datos brindados por parte de Bomberos, se identificó que la institución consta de una base de datos estructurada en hojas de cálculo y los archivos históricos de reporte de los incidentes en físico; se revisaron ambos, con el fin de tener una información completa y detallada de cada quemada prohibida presentada. La información revisada de los archivos históricos en físico contenía datos de: tipos de incendios (estructural, vehicular, forestal, quemadas prohibidas y explosiones). Emergencias (avalancha, caída de árbol, colapso, creciente súbita, desabastecimiento de agua, deslizamiento, desbordamiento, falla eléctrica, granizada, inundación, sismo, tormenta eléctrica, vendaval, falsa alarma, otros).

Búsqueda y rescate (persona, animal y cuerpo), MATPEL (incidente, fuga de gas y derrame de hidrocarburo), otros eventos (actividad de prevención, acompañamiento eventos

masivos, inspecciones de seguridad a edificaciones, capacitaciones, monitoreo de fuentes hídricas, servicios especiales a la comunidad y simulacros).

APH (accidente de tránsito, atención prehospitalaria y traslado de paciente).

Es importante mencionar que al ser información detallada y precisa de los siniestros que se presentaron para quemas prohibidas, permitió entender cada registro y hacer un diagnóstico y ubicación de los incidentes que se trabajaron.

Luego de esto, se pasó a realizar la identificación de las quemas, donde se identificaron y seleccionaron 15 zonas con mayor ocurrencia de eventos registrados, para ello, se realizó el proceso de sistematización de esta información a trabajar.

La Organización y sistematización se realizó mediante hojas de cálculo, con una estructura previamente definida.

#### **4.2. Segunda fase**

Comprende tres actividades principales, que son las siguientes: consultar información secundaria sobre la creación de archivos GDB, definir con qué tipo de archivo se creará y por último la organización y creación del GDB. Se realizó la organización de los datos con los que se logró la creación del geodatabase en el software SIG del cuerpo de bomberos voluntarios de Popayán, permitiendo el manejo y almacenamiento de la información obtenida durante el desarrollo de la práctica profesional sobre las Quemadas Prohibidas presentadas durante los años 2018 hasta 2022.

Con el objetivo de tener la información de manera adecuada, se creó una carpeta para los archivos, ya fuese de tipo ráster o archivos Shp, puesto que, de esta manera, permitiese más adelante cambiar o adicionar información.

Con el fin de desglosar la información sobre cada uno de los shp que van en el geodatabase, se elaboraron tres tablas, explicando algunos datos importantes sobre los archivos que contiene la base de datos. La tabla contiene información sobre: descripción del tema, feature class, tipo de dato, esto con el propósito de tener presente, que tipo de información se encontrara en el archivo GDB y que representa.

Una vez hecho esto, se creó el GDB y finalmente la información quedo disponible en el equipo con el software SIG, para consulta de todos los SHP sobre quemas prohibidas disponibles en la base de datos geoespacial.

#### **4.3. Tercera Fase.**

La tercera fase de este proyecto está compuesta por cuatro actividades principales, que, así como en la primera y segunda fase, ayudaron a dar cumplimiento a lo propuesto. Por ello, es importante tener en cuenta que las actividades que se realizaron conducen al resultado esperado.

Con el propósito de obtener los resultados, se comenzó con la revisión de información sobre el análisis de la distribución espacial e identificación del método de análisis espacial a trabajar, consultando diferentes fuentes bibliográficas sobre análisis espacial, distribución, patrones de distribución entre otras, también se consultó sobre métodos de análisis espacial e información que los vincula. Una vez hecho esto, se realizó el procesamiento y análisis de los datos disponibles a trabajar, donde se incluyó la información sobre la ubicación precisa de las 15 zonas seleccionadas. Para lograr la identificación y georreferenciación de las zonas a trabajar, se realizó mediante varios programas, como Google Earth Pro, Bing Maps, Google Maps, esto teniendo en cuenta que los registros de los siniestros, sobre quemas prohibidas tenían en su mayoría direcciones, pudiendo acceder a ubicación desde estos servidores; de esta manera ayudando a obtener la ubicación de las 15 zonas principales de quemas prohibidas. Las coordenadas se

tomaron por medio del programa Google Earth Pro como coordenadas geográficas en grados, minutos, segundos, para luego, mediante fórmulas, se convirtieron en latitud (Y) y longitud (X) de manera que permitiera su procesamiento en el software SIG con el objetivo de convertirlas en una capa shp de puntos.

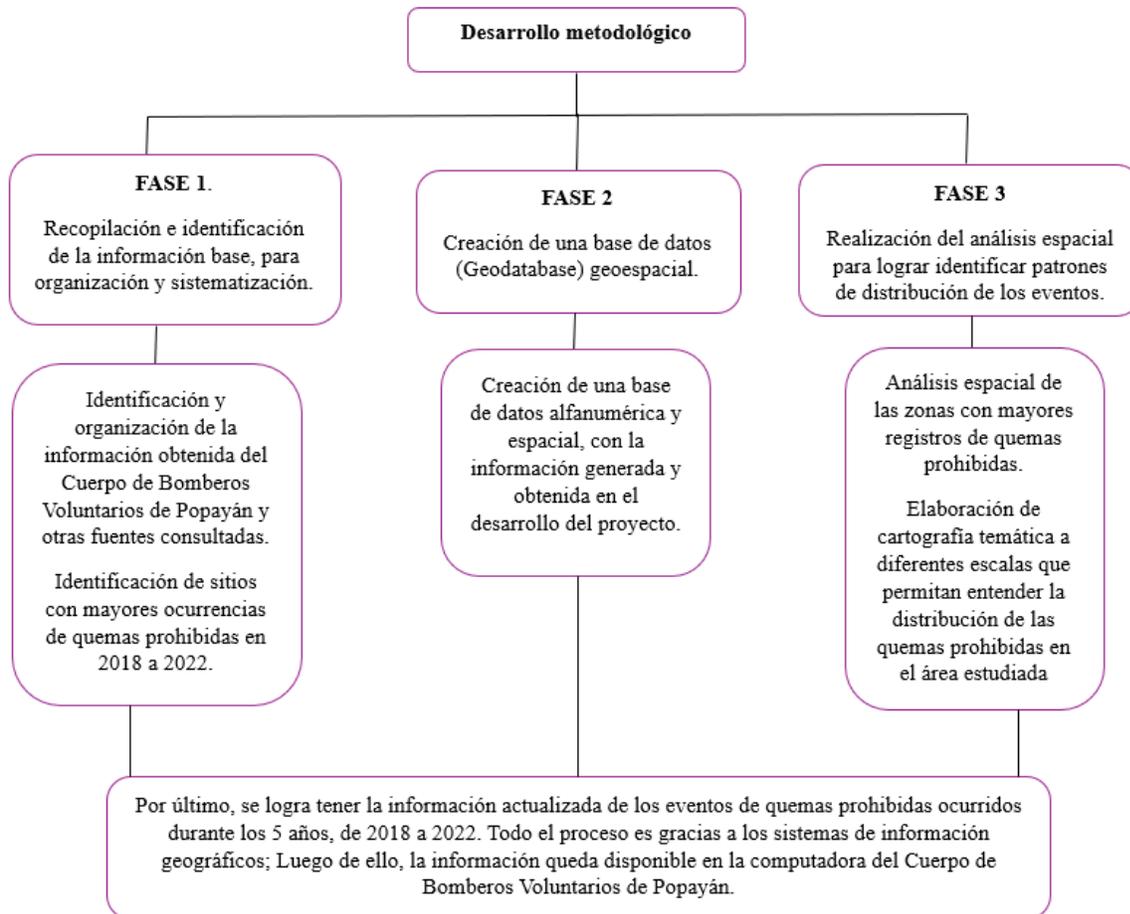
Mediante la identificación de las 15 zonas principales, se identificaron sitios con más de un incidente dentro de cada zona, estos fueron identificados y georreferenciados mediante Google Maps, con el propósito de mirar la recurrencia de quemas prohibidas. Con ello, se logró mostrar sitios con cantidad significativas de quemas en las zonas seleccionadas.

Con respecto a la cartografía, es importante mencionar que, para su elaboración se descargó y utilizo información sobre Colombia en Mapas Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC, Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE, METEOBLUE, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, ArcGIS Online. Además de tener en cuenta que, también se utilizaron imágenes satelitales de USGS, y Google Earth Pro, puesto que fueron cruciales a la hora de georreferenciar las zonas. Se realizó cartografía base y mapas temáticos permitiendo el análisis de la distribución espacial de las quemas prohibidas presentadas en los 5 años, y se identificaron espacialmente las zonas con mayor ocurrencia de quemas mediante mapas de calor, y mapa de puntos fríos y calientes.

#### 4.4. Diagrama de Flujo de Trabajo

Este diagrama explica y resume todo lo plasmado en la metodología del proyecto, también tiene en cuenta lo que se realizó para el desarrollo de las tres fases y los objetivos finales a los que se pretende llegar una vez terminada la práctica profesional.

Gráfico N°1. Diagrama de flujo de trabajo.



Fuente: Elaboración propia, (2024)

## **5. Identificación y Sistematización de las Quemas Prohibidas en el Municipio de Popayán (2018-2022)**

### **5.1. Generalidades del Municipio**

El municipio de Popayán cuenta con una extensión territorial de 512 km<sup>2</sup>, la mayoría de su población está concentrada en el área Urbana, pero, una considerable cantidad de habitantes se localizan en el área Rural. Este municipio es característico por contar con un clima templado-húmedo, debido a su ubicación y relieve, puesto que cuenta con diferentes alturas bastantes elevadas, las alturas con las que cuenta varían desde los 1300 msnm hasta los 3700 msnm. Como ciudad de historia, Popayán tiene una gran historia ambiental y todo debido a su ubicación en la región andina, influyendo con los años en su entorno natural y el desarrollo.

La introducción de nuevas especies vegetales y animales, así como prácticas agrícolas y de construcción han impactado el entorno; la ciudad también ha experimentado eventos naturales, como terremotos, que han dejado su huella en la arquitectura y el medio ambiente local.

En tiempo reciente, las grandes preocupaciones ambientales por parte de la población y las entidades ambientales, ha llevado a medidas de conservación y sostenibilidad. Parques y áreas verdes han sido promovidos para preservar la biodiversidad y ofrecer espacios recreativos. Sin embargo, los desafíos ambientales modernos, como la contaminación y el cambio climático, también afectan a Popayán y requieren atención continua para garantizar un equilibrio sostenible entre la historia y el entorno ambiental.

Popayán cuenta con varias fuentes hídricas que proporcionan el acceso de agua en la parte urbana, tanto en la parte rural.

Los ecosistemas de Popayán están considerados como un reservorio estratégico conformado por 13 microcuencas, humedales entre muchos más; poseen muchas características ambientales albergando gran cantidad de aves, mamíferos, insectos, especies vegetales y otros.

En este municipio como en otros a nivel nacional, se presentan casi diariamente reportes de quemas prohibidas, y como ya se ha mencionado, estas traen consigo grandes impactos ambientales y sociales que afectan a la población.

## **5.2. Efectos de las Quemas.**

La Quema Prohibida, también conocida como quema no autorizada o ilegal, puede tener una serie de efectos negativos en el medio ambiente. Algunas de las cuestiones ambientales asociadas con las prohibiciones de quemas pueden incluir:

**Emisiones de gases contaminantes:** El proceso de quema de materiales libera al aire gases contaminantes como dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono y partículas. Estos contaminantes pueden afectar negativamente la calidad del aire y la salud humana.

**Pérdida de biodiversidad:** la quema ilegal destruye los hábitats naturales y afecta la flora y fauna local. Esto puede tener un impacto negativo en la biodiversidad, ya que es posible que muchas especies no puedan adaptarse o recuperarse rápidamente.

**Desertificación del suelo:** La quema de vegetación provoca la degradación del suelo, reduciendo su capacidad para retener agua y nutrientes. Esto puede provocar la desertificación, especialmente en zonas abiertas.

**Cambios en el ciclo de nutrientes:** la combustión de material orgánico libera nutrientes a la atmósfera en forma de gases, lo que afecta el ciclo natural de nutrientes en los ecosistemas. Esto puede alterar la fertilidad del suelo y tener efectos a largo plazo en la salud del ecosistema.

**Contribución al cambio climático:** La quema ilegal libera grandes cantidades de dióxido de carbono, un gas de efecto invernadero que contribuye al calentamiento global y al cambio climático.

**Riesgo de incendios forestales:** las quemas no reguladas pueden fácilmente salirse de control y convertirse en incendios forestales, causando daños generalizados a los ecosistemas y amenazas a la vida humana, la propiedad y la biodiversidad.

**Contaminación del agua:** las sustancias químicas liberadas durante la combustión pueden ingresar a cuerpos de agua cercanos, causar contaminación del agua y afectar la vida acuática. Es importante que las autoridades hagan cumplir prohibiciones de quemas frecuentes para prevenir estos problemas y proteger el medio ambiente. Las prácticas de gestión adecuadas, como el control del uso del fuego y la implementación de métodos alternativos de eliminación de residuos, pueden reducir los impactos ambientales negativos. ONU, (2020).

### **La presencia de Quemas Prohibidas trae:**

La presencia de muchos métodos de quema prohibidas en las ciudades puede tener una serie de consecuencias negativas.

Aquí hay algunas posibles consecuencias:

**Calidad del aire:** La combustión libera contaminantes del aire, incluidas partículas finas, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono y compuestos orgánicos volátiles. Estos contaminantes pueden afectar la calidad del aire, causar problemas respiratorios y aumentar el riesgo de enfermedades cardiovasculares.

**Efectos sobre la salud humana:** La exposición a contaminantes provenientes del humo y los incendios puede causar problemas de salud como irritación de ojos, nariz y garganta y empeorar afecciones respiratorias existentes como asma y bronquitis. Riesgo de incendio urbano: las quemas incontroladas pueden propagarse rápidamente, aumentando el riesgo de incendios urbanos. Estos incendios pueden poner en peligro a las personas, destruir propiedades y provocar caos en las ciudades.

**Desplazamiento de fauna urbana:** El humo de las actividades humanas y las quemas pueden perturbar y desplazar a la fauna urbana como aves, pequeños mamíferos y otros animales que viven en las ciudades.

**Daños a la infraestructura:** Los incendios provocados por quemas incontroladas pueden causar daños a la infraestructura urbana como líneas eléctricas, postes de luz y edificios. Esto puede tener importantes implicaciones financieras, presión sobre los servicios de emergencia, el aumento de las prohibiciones de quemas aumentará la carga de trabajo de los servicios de emergencia, como los bomberos y los servicios de emergencias médicas, que deben responder a los incendios y tratar a las personas afectadas por el humo.

**Impacto ambiental a largo plazo:** las quemas frecuentes pueden tener efectos a largo plazo en la calidad del suelo, la biodiversidad local y la salud de los ecosistemas urbanos. Para abordar estos problemas, las autoridades deben tomar medidas para prevenir las prohibiciones de

quema, hacer cumplir regulaciones más estrictas, promover prácticas de gestión de residuos más seguras y sostenibles, y estrategias de educación que permitan a las comunidades locales saber sobre los riesgos y las alternativas de la eliminación adecuada de residuos. OPS. (2018).

### **5.2.1. Desafíos Ambientales en el Municipio por las Quemadas Prohibidas.**

Las quemadas prohibidas, especialmente cuando se refieren a la quema de residuos sólidos, vegetación o desechos industriales, pueden tener diversos impactos sociales negativos.

Aquí se pueden encontrar algunos aspectos más importantes

#### **Salud pública:**

Problemas respiratorios: las emisiones de las quemadas prohibidas pueden liberar sustancias tóxicas y partículas finas en el aire, lo que puede afectar la calidad del aire y provocar problemas respiratorios en la población cercana.

Afecciones médicas: las personas con enfermedades respiratorias preexistentes, como el asma, pueden experimentar exacerbaciones de sus síntomas.

#### **Seguridad alimentaria:**

Contaminación de alimentos: las partículas y sustancias químicas liberadas durante las quemadas pueden depositarse en los cultivos y contaminar los alimentos, afectando la seguridad alimentaria de la población.

#### **Impacto en la biodiversidad:**

Pérdida de hábitat: las quemadas pueden destruir hábitats naturales, afectando a la fauna y la flora locales y contribuyendo a la pérdida de biodiversidad.

Migración de especies: la degradación del hábitat puede forzar a especies animales a migrar, lo que puede tener consecuencias negativas en los ecosistemas.

### **Impacto en la calidad del agua:**

Escorrentía de contaminantes: las cenizas y los productos químicos liberados durante las quemas pueden contaminar los cuerpos de agua cercanos, afectando la calidad del agua y perjudicando a la vida acuática.

### **Efectos económicos:**

Costos de salud: los problemas de salud derivados de las quemas prohibidas pueden generar costos significativos en el sistema de salud, incluidos gastos médicos y pérdida de productividad laboral.

Impacto en la agricultura: la contaminación del aire y del agua puede afectar negativamente a la agricultura, reduciendo los rendimientos de los cultivos y afectando a la producción.

### **Conflictos sociales:**

Protestas y oposición: las quemas prohibidas a menudo generan oposición y protestas por parte de la comunidad afectada, lo que puede conducir a conflictos sociales y políticos.

### **Desplazamiento de población:**

Evacuaciones: en casos extremos, las quemas prohibidas, especialmente aquellas que se salen de control, pueden obligar a la evacuación de comunidades enteras, generando desplazamientos de población y problemas relacionados.

Para abordar estos problemas, es crucial implementar políticas efectivas de gestión ambiental, promover prácticas agrícolas sostenibles, y fomentar los conocimientos ambientales y el cumplimiento de las leyes existentes. Bouchelle, J. (s/f).

### **5.2.2. Diversos problemas a los que se enfrentan las ciudades.**

Las ciudades suelen enfrentar diversos desafíos relacionados con los problemas ambientales, algunos de los cuales pueden incluir:

Contaminación del aire y del agua: las emisiones de vehículos, la industria y otras fuentes pueden afectar la calidad del aire. Además, la contaminación del agua ya sea por vertidos industriales o residuos urbanos, es un problema común.

Gestión de residuos: el manejo adecuado de residuos sólidos y líquidos representa un desafío. La acumulación de desechos puede tener impactos negativos en la salud pública y el medio ambiente.

Cambio climático: las ciudades son vulnerables a eventos climáticos extremos, como inundaciones, sequías y tormentas. El cambio climático también puede afectar la planificación urbana y la infraestructura.

Uso del suelo insostenible: la expansión urbana sin un plan adecuado puede resultar en la degradación del suelo, pérdida de hábitats naturales y fragmentación del paisaje.

Pérdida de biodiversidad: la urbanización a menudo conlleva la destrucción de hábitats naturales, lo que contribuye a la pérdida de biodiversidad.

Elevada demanda de recursos: las ciudades consumen grandes cantidades de recursos, como energía, agua y materiales de construcción, lo que puede poner presión en los ecosistemas y contribuir a la huella ecológica.

Infraestructura inadecuada: la falta de planificación adecuada en el desarrollo urbano puede resultar en infraestructuras insuficientes para enfrentar eventos climáticos extremos o gestionar adecuadamente los recursos.

Abordar estos desafíos, debe requerir enfoques que incluyan políticas ambientales, planificación urbana sostenible, participación comunitaria y tecnologías innovadoras. La colaboración entre gobiernos locales, comunidades y sectores privados es fundamental para lograr soluciones efectivas. Fundación. Aquae. (2019).

### **5.3. Identificación y Sistematización de la Información.**

Una vez revisada e identificada la información sobre quemas prohibidas disponible en el Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán, los datos se recolectaron en un documento de Excel, con un formato accesible y bien estructurado. La base de datos que se creó permitió clasificar y almacenar de manera ordenada toda la información pertinente, además se describieron las categorías consideradas relevantes como: altitud (msnm), coordenadas, zona, fecha y hora de la Quema, dirección, tipo de incendio, municipio, departamento, propietario o persona que reportó el evento, teléfono, hora (reporte, salida, arribo, llegada), máquina, maquinista, guardia, unidades de respuesta inmediata y comandante de incidente.

En la hoja de Excel, se organizaron los datos en varios libros, ubicándose el registro de Quemadas Prohibidas 2018 a 2022, ocurrencia de Quemadas Prohibidas por año, recurrencia de quemadas prohibidas por zonas, sitios donde se han presentado Quemadas prohibidas y coordenadas.

Una vez hecho esto, se realizó un análisis y conteo de los datos registrados, y mediante el conteo se identificaron una por una, cada zona con mayor ocurrencia de incidentes de quemas prohibidas registrados en el municipio durante los 5 años.

También se pudo identificar los nombres de los barrios, veredas, y/o lugares donde se presentaron quemas prohibidas a lo largo de los años. (Ver en Tabla N° 1).

Tabla N°1. Registros de barrios, veredas y lugares con presencia de quemas prohibidas del 2018 al 2022.

<b>LUGARES REGISTRADOS CON QUEMAS PROHIBIDAS EN LOS 5 AÑOS.</b>							
<b>N°</b>	<b>DIRECCIÓN</b>	<b>N°</b>	<b>DIRECCIÓN</b>	<b>N°</b>	<b>DIRECCIÓN</b>	<b>N°</b>	<b>DIRECCIÓN</b>
1	Puelenje	33	Yanaconas	64	Vía Popayán -Timbío	96	El Placer
2	La esmeralda	34	Bolívar	65	Vía al Huila	97	Aida Lucia
3	Los andes	35	Centro	66	Vereda el Hogar	98	Santa Rosa
4	Nueva Granada	36	Alfonso López	67	Julumito	99	Rio Blanco
5	Vereda Pisoje Alto	37	Santa Inés	68	Vereda Alto cajete	100	Terra plaza
6	Vereda Las Cabañas	38	Vereda la meseta	69	Vereda el Cofre	101	Vereda Real Palace
7	Vereda las Guacas		Jardines	70	Vereda El tablón	102	Ved, Villa Esperanza
8	Pomona	39	La lulera	71	vereda Molanga	103	Yambitará
9	Parcelación las Vegas	40	Vereda Lame	72	Cajete	104	Los picachos
10	Pueblillo	41	Villa del Viento	73	El uvo	105	Ciudad Jardín
11	Samanga	42	Tomas Cipriano	74	Vereda Claridad	106	Antonio Nariño
12	La violeta	43	Obando	75	Santa Mónica	107	La paz
13	Colina Campestre	44	Loma de la Virgen	76	La libertad	108	Florida
14	Lomas de Comfacauca	45	Pajonal	77	Acacias	109	San camilo
15	bello Horizonte	46	Vereda Monte Bello	78	Vereda Siloé	110	Loma de granada
16	Campo bello	47	La estancia	79	Vereda los Llanos	111	El Refugio
17	Variante Norte	48	Vereda Gonzales	80	Barrio Chino	112	Barrio Valencia
18	Variante Sur	49	Portales del Norte	81	Comuneros	113	Santa catalina
19	Plateado	50	Chune	82	Empedrado	114	María Occidente
20	Los Sauces	51	Valle del Ortigal	83	San José	115	Guayabal
21	San Ignacio	52	Las tres Cruces	84	Las ferias	116	Ximena
22	Jardines	53	Vereda el Túnel	85	Vereda Chozas	117	Cerritos de la Paz
23	Calicanto	54	La Arboleda	86	Torremolinos	118	Las vegas
24	La Pamba	55	Vereda la Sabana	87	5 de abril	119	Santa Elena
25	La Rejoya	56	Los Arrayanes	88	Los Faroles	120	Junín
26	La ladera	57	San Eduardo	89	El Aljibe	121	Machángara

<b>27</b>	El Dean	<b>58</b>	Villa Florida	<b>90</b>	Naranjos
<b>28</b>	Vereda de Torres	<b>59</b>	Versalles	<b>91</b>	San Bernardino
<b>29</b>	Matamoros	<b>60</b>	Vereda Figueroa	<b>92</b>	Los Andes
<b>30</b>	Modelo	<b>61</b>	Vereda la Playa	<b>93</b>	Vereda Plateado
<b>31</b>	Bella Vista	<b>62</b>	Cadillal	<b>94</b>	Vereda Santa Barbara
<b>32</b>	Vereda Calibio	<b>63</b>	Las Palmas	<b>95</b>	Vereda Matamoros

Fuente: Con base en información de Bomberos Voluntarios de Popayán, Elaboración propia, (2024).

Es importante mencionar que sobre Quemas prohibidas se obtuvieron un total de 1.059 eventos, que se presentaron en 121 sitios diferentes, además de identificar el número de reportes de quemas por cada año y las zonas con mayores eventos. (Ver en Tabla N°2)

Tabla N°2. Número de Quemas Prohibidas registradas por año.

<b>N° DE QUEMAS PROHIBIDAS POR AÑO</b>	
2018	207
2019	366
2020	226
2021	144
2022	107
<b>TOTAL</b>	<b>1.050</b>

Fuente: Bomberos Voluntarios de Popayán, Elaboración propia. (2024)

Luego de identificar los lugares con eventos de quemas, y realizar el cuadro de eventos por año a nivel general, se pasó a revisar a profundidad tanto la base de datos en Excel y el archivo histórico en físico, con el propósito de corroborar y seleccionar la información disponible en los reportes en físico.

Este proceso se realizó de manera minuciosa, teniendo en cuenta cada reporte de quemas prohibidas. La revisión reveló, que de los 1.050 incidentes de quemas prohibidas que se

encontraban en el archivo de Excel, de esos registros se encontraron un total de 324 reportes en el archivo histórico en físico.

Los reportes restantes, algunos no contaban con información precisa, no tenían reportes archivados, no definían dirección o lugar del evento, algunos eran reportes de incendios forestales, y otros no se encontraban registrados en el archivo en físico. Hecho esto, los datos trabajados arrojaron lo siguiente:

Los 324 eventos de quemas prohibidas registrados en bomberos se distribuyeron en 15 zonas diferentes. (Ver en tabla N°3).

Tabla N° 3. Recurrencia de Quemias Prohibidas por año y zonas.

<b>RECURRENCIA DE QUEMAS PROHIBIDAS POR AÑO.</b>						
<b>Año 2018</b>	<b>Año 2019</b>	<b>Año 2020</b>	<b>Año 2021</b>	<b>Año 2022</b>	<b>Dirección (zona)</b>	<b>Total</b>
2	4	0	1	2	Alfonso López	9
1	4	2	1	2	Julumito	10
3	5	2	0	0	Puelenje	10
3	3	5	0	0	yanaconas	11
1	4	2	1	4	Centro	12
4	8	2	0	1	Valle del Ortigal	15
1	4	4	4	4	Cadillal	17
2	6	7	3	2	Pueblillo	20
2	9	4	4	4	Barrio Bolívar	23
2	13	3	1	8	Pomona	27
9	8	3	6	2	Vereda las Guacas	28
4	12	3	7	5	Vía Timbío	31
4	11	6	6	5	Vía al Huila	32
9	17	8	3	2	Variante Sur	39
7	16	8	8	1	Variante Norte	40
<b>54</b>	<b>124</b>	<b>59</b>	<b>45</b>	<b>42</b>	<b>TOTAL</b>	<b>324</b>

Fuente: Bomberos Voluntarios de Popayán -Elaboración propia. (2024)

En la tabla se visualiza la cantidad de quemas prohibidas presentadas en cada zona por año, y el total de estas durante el periodo de tiempo trabajado. También se pueden observar las 15 zonas principales de quemas, con zonas que tienen desde 09 registros, hasta los 40 registros.

Los lugares más afectados con las quemas prohibidas son la Variante norte con 40 registros de quemas, Variante sur con 39, vía al Huila con 32, vía Timbío con 31, vereda las guacas con 28, Pomona con 27, barrio Bolívar con 23. Las otras zonas tienen valores de 20 hasta los 9 incidentes.

#### **5.4. Georreferenciación de las 15 zonas seleccionadas.**

La georreferenciación implica asignar información geográfica a objetos, eventos, datos o recursos para que puedan ubicarse en un sistema de coordenadas geográficas.

Este proceso permite asociar elementos con ubicaciones específicas del mundo, lo que facilita su análisis, gestión y mapeo. La georreferenciación se logra asignando coordenadas geográficas (latitud, longitud y en algunos casos altitud) al proyecto.

Se puede utilizar en diferentes entornos como imágenes de satélite, fotografías, direcciones, puntos de referencia, límites territoriales, etc.

La georreferenciación es la base del análisis espacial, ya que la toma de decisiones basada en la ubicación y la creación de mapas temáticos ayudan en diversas disciplinas como la cartografía, la planificación urbana, la gestión ambiental y más. La georreferenciación es importante en diversos campos y disciplinas por muchas razones, ya que puede proporcionar:

*Ubicación precisa:* permite asignar coordenadas geográficas precisas a objetos específicos, facilitando su ubicación precisa en la superficie terrestre.

*Análisis Espacial:* Facilita el análisis de los datos en relación con su ubicación geográfica. Puede revelar patrones, tendencias y relaciones espaciales que no serían discernibles sin una referencia geográfica adecuada.

*Planificación y toma de decisiones:* ayuda a tomar decisiones informadas en áreas como planificación urbana, gestión de recursos naturales, preparación para emergencias y planificación de infraestructura.

*Cartografía:* importante para crear mapas precisos. Los mapas georreferenciados son herramientas valiosas para una navegación, visualización de datos y comunicación de geoinformación efectiva.

La georreferenciación proporciona un marco espacial importante que mejora la comprensión y la gestión de datos y facilita la toma de decisiones, la planificación y la investigación interdisciplinarias. Sarria, F. (s/f).

La siguiente tabla, muestra las coordenadas geográficas de las 15 zonas trabajadas, la tabla cuenta con información de dirección, la latitud, longitud y su altitud. (Ver tabla N° 4)

Tabla N°4. Coordenadas de las 15 zonas seleccionadas.

<b>Coordenadas de las zonas Principales de quemas prohibidas 2018 a 2022</b>				
<b>Nro.</b>	<b>Dirección</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Altitud</b>
1	Alfonso López	2°26'3.36"N	76°36'31.44"W	1725
2	Julumito	2°29'8.22"N	76°39'0.89"W	1718
3	Puelenje	2°26'6.71"N	76°37'47.36"W	1721
4	Yanaconas	2°27'12.81"N	76°35'5.96"W	1762
5	Centro	2°26'25.00"N	76°36'22.40"W	1739
6	Valle del Ortigal	2°27'43.63"N	76°38'24.95"W	1676
7	Cadillal	2°26'46.14"N	76°36'49.62"W	1724
8	Pueblillo	2°26'50.87"N	76°34'59.09"W	1771
9	Bolívar	2°26'51.82"N	76°36'11.87"W	1731
10	Pomona	2°26'52.72"N	76°35'36.96"W	1756
11	Las Guacas	2°28'12.48"N	76°33'15.37"W	1848
12	Vía A Timbío	2°25'44.08"N	76°37'27.40"W	1735
13	Vía Al Huila	2°26'26.85"N	76°35'9.42"W	1845
14	Variante Sur	2°26'27.64"N	76°37'51.94"W	1704
15	Variante Norte	2°28'46.62"N	76°35'26.48"W	1786

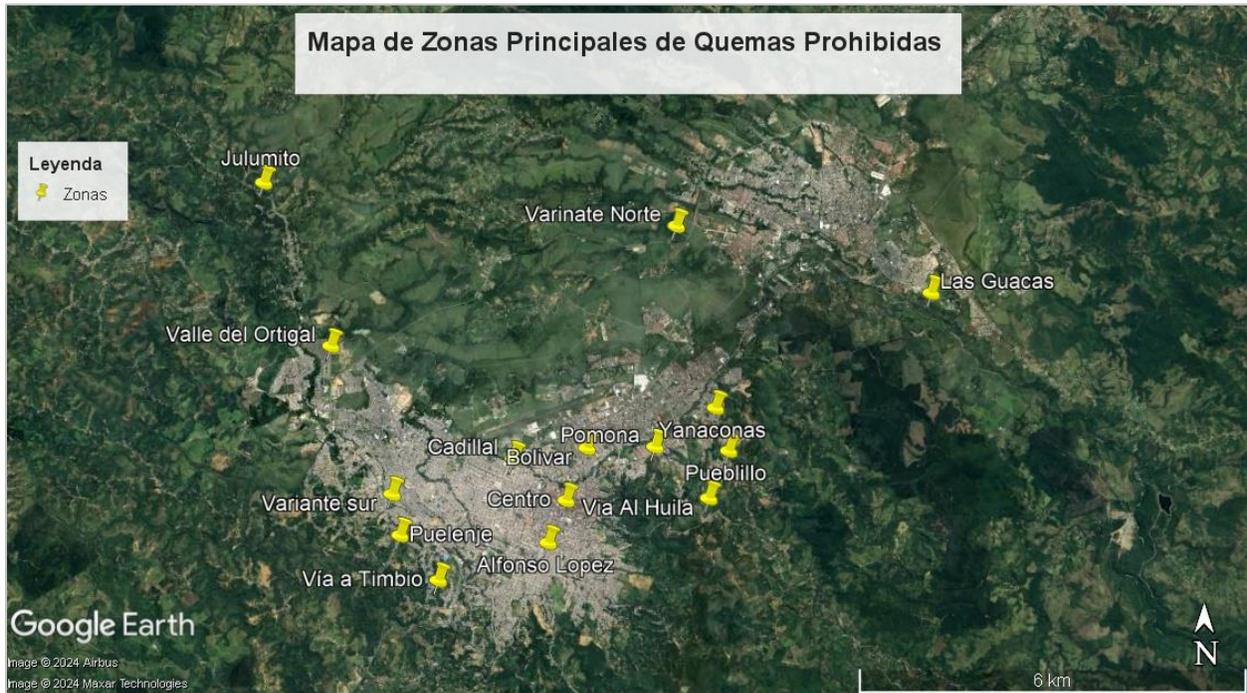
Fuente: Elaboración propia, (2024)

El proceso de identificación y toma de las coordenadas, se realizó mediante las direcciones específicas que cada una de las zonas proporciona, un ejemplo es la zona 2 que es Julumito, esta tenía direcciones de quemas que se presentaron en el mismo lugar varias veces en los 5 años, luego de identificadas se realizó la búsqueda mediante Bing Maps y Google Maps, para posteriormente identificar la zona en Google Earth Pro, estableciendo el punto y tomar las coordenadas de este.

Cabe mencionar que, no se realizó la toma de las coordenadas mediante conversión de las direcciones a coordenadas, puesto que, la mayoría de los datos no contaban con la dirección bien establecida, solo se contaba con algunas direcciones completas, descripciones, direcciones incompletas o las esquinas en que estas se localizaban.

Con el fin de mostrar el proceso de la toma de coordenadas, se muestra la siguiente imagen.

Imagen 1. Principales zonas de ocurrencia de Quemas Prohibidas 2018-2022.

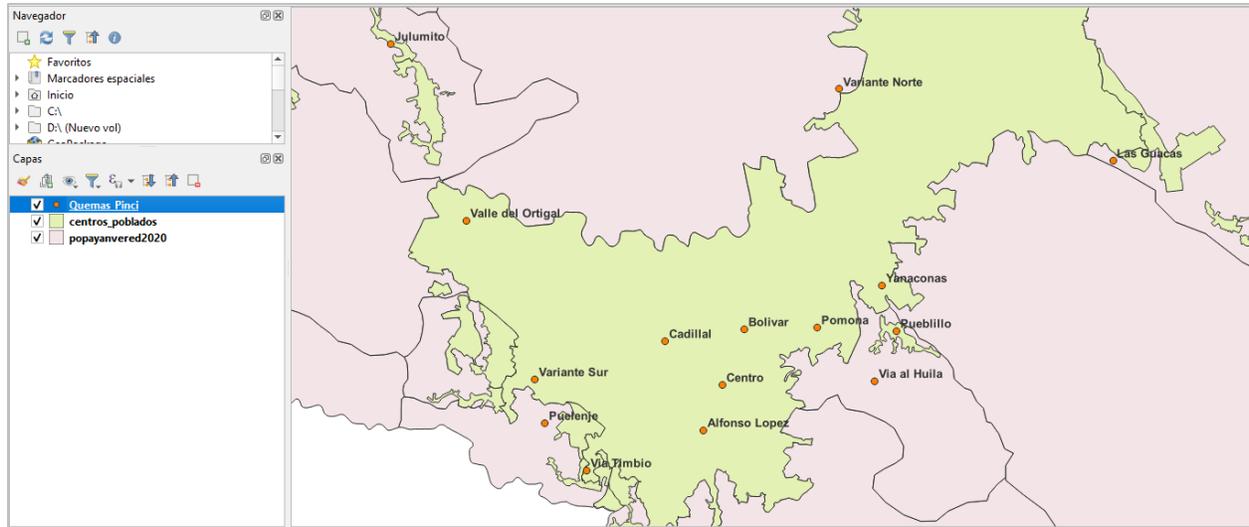


Fuente: Google Earth Pro, elaboración propia, (2024).

Esta imagen cuenta con la ubicación de las 15 zonas, también muestra cómo están distribuidas en el municipio de Popayán. Se tiene presente que algunos barrios donde se presentan quemas son muy centrales en el municipio, y otras zonas son muy dispersas. Las zonas con mayores registros de quemas son aquellas que están por las entradas al municipio, ejemplo vía al Huila, Variante sur, norte y vía a Timbío.

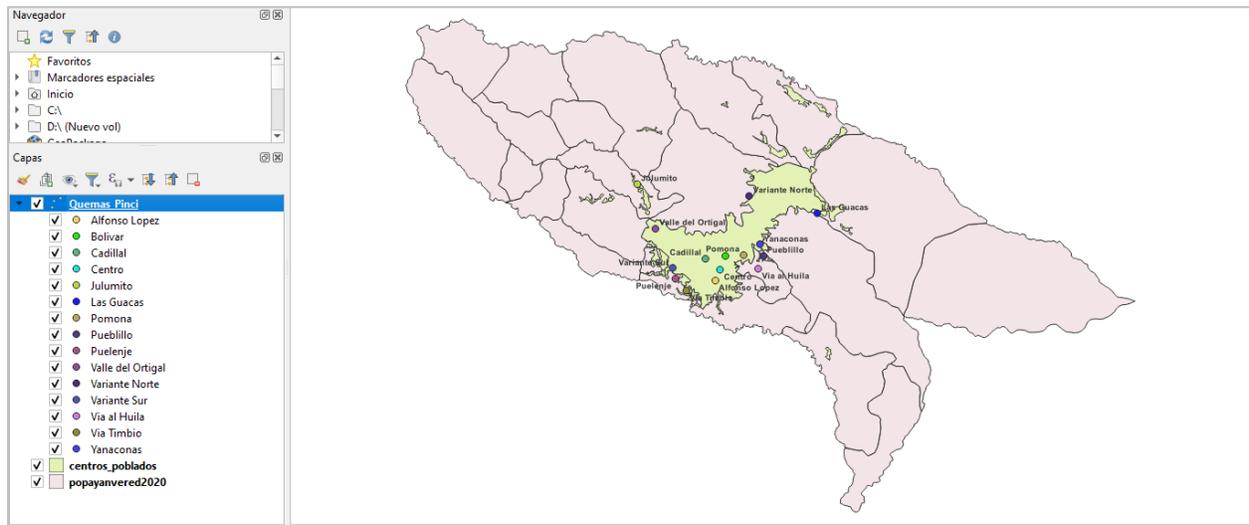
Luego de esto, con cada una de las coordenadas, se realizó un mapa, donde se establece cada zona principal. (Ver imagen N° 2.).

Imagen 2. Observación de Principales zonas de ocurrencia de Quemas Prohibidas 2018-2022



Fuente: elaboración propia, (2024)

Imagen 3. Principales zonas de ocurrencia de Quemas Prohibidas 2018-2022



Fuente: elaboración propia, (2024)

### 5.5. Tipo de Quema.

Con relación a las quemas prohibidas presentadas en el municipio de Popayán, en los 5 años establecidos de 2018 a 2022, se pudo identificar que las quemas de pastizales, pastos bajos, secos y semisecos, vegetación nativa, también quemas de llantas, plásticos, tanques de depósito de residuos sólidos, restos vegetales de árboles, residuos de construcción eran las más presentadas. El gráfico N°2 ilustra, el tipo de material que mayor quema registró en los 5 años, teniendo en cuenta cada uno de los registros de eventos. (Ver Tabla N°5).

Tabla N° 5. Distribución de numero de Quemas prohibidas según su tipo.

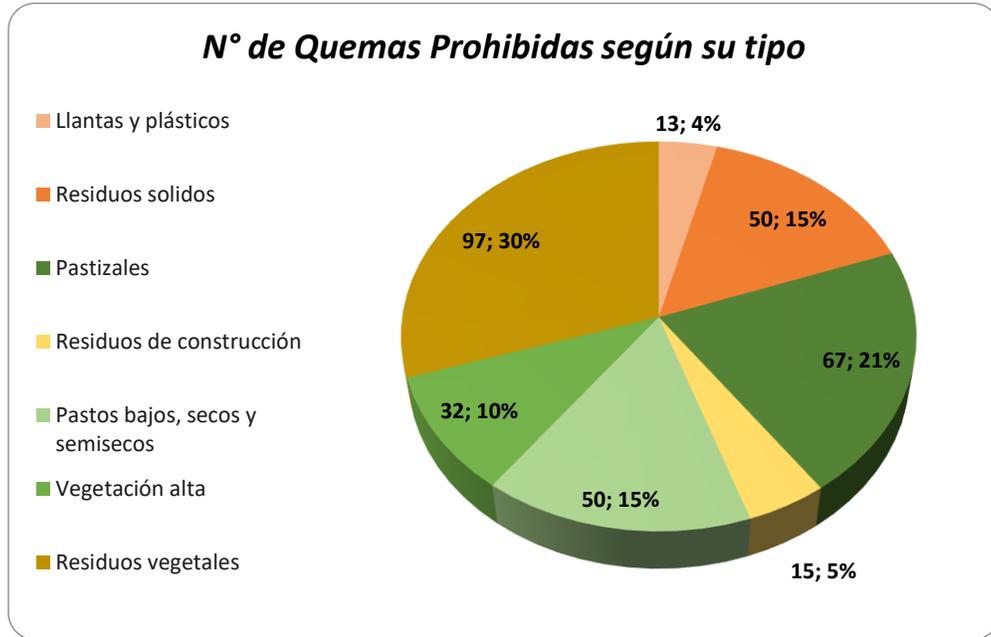
<b>QUEMAS PROHIBIDAS</b>		
<b>Quemas</b>	<b>Cantidades</b>	<b>%</b>
Llantas y plásticos	13	4%
Residuos sólidos	50	15%
Pastizales	67	21%
Residuos de construcción	15	5%
Pastos bajos, secos y semisecos	50	15%
Vegetación alta	32	10%
Residuos vegetales	97	30%
Total	324	100%

Fuente: Elaboración propia, (2024)

En la tabla anterior, se puede observar, cada uno de los tipos de quemas con sus valores correspondientes y el porcentaje que representan, se observa que la mayor cantidad de quemas se realizó con residuos vegetales con un 30% equivalente a 97 de los 324 registros trabajados, en segundo lugar esta la quema de pastizales con un 21% equivalente a 67 registros de los eventos, por otra parte, está la quema de residuos sólidos y pastos bajos, secos y semisecos con un 15% equivalente a 50 registros cada uno.

Para entender de manera clara esta tabla, se realizó un gráfico de pastel, donde explica de manera visual el contenido su contenido. (Ver gráfico N°2).

Gráfico N°2. Número de Quemadas Prohibidas según el tipo de material quemado.



Fuente: Elaboración propia, (2024).

Antes de continuar, vale la pena aclarar el daño que causan las quemadas prohibidas al medio ambiente, por ello, se considera importante definir el impacto de cada una de las mencionadas en el gráfico.

**Quema de llantas y plásticos:** según la información suministrada y analizada del cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán, estas se han presentado un total de 13 registros, con un porcentaje de 4%, es importante tener en cuenta que, esta quema emite una variedad de contaminantes y compuestos tóxicos que pueden tener impactos negativos en el medio ambiente y la salud humana. Algunos de los problemas asociados con la quema de llantas y plásticos incluyen: emisión de gases tóxicos, emisión de partículas finas, liberación de productos químicos tóxicos, entre otras.

**Residuos sólidos:** se presentaron 50 casos, esto equivale a un 15% de las quemas prohibidas con las que se trabajaron. La quema de residuos sólidos ya sea en vertederos a cielo abierto o de manera informal, puede tener diversos impactos negativos en el medio ambiente y la salud de las personas. Algunos de los problemas asociados con la quema de residuos sólidos incluyen: generación de residuos peligrosos, impactos en la salud humana, entre otros daños al medio natural.

**Pastizales:** en cuanto a estos, se presentaron un total de 67 casos de quemas, equivalente a un 21% de la información trabajada. La quema de estos trae consecuencias negativas al medio ambiente, puede ocasionar pérdida de biodiversidad, alteración del ciclo de nutrientes, cambio en la dinámica del agua y mucho más. Es importante destacar que, en algunos casos, la quema controlada de pastizales puede tener beneficios ecológicos, como la promoción de la regeneración de plantas y la reducción del riesgo de incendios incontrolados. La quema de pastizales sin control puede tener consecuencias ambientales significativas.

**Residuos de construcción:** La quema de residuos de construcción puede generar diversos impactos negativos en el medio ambiente y los habitantes de diferentes lugares, es importante mencionar que, en el estudio de la información recopilada, se encontró que se realizaron 15 quemas de este tipo, esto equivale al 5% de las quemas con las que se está trabajando. Algunos de los problemas que traen estos son: emisión de contaminantes atmosféricos, generación de residuos tóxicos, impacto en la calidad del suelo, problemas de salud, impactos visuales y estéticos, y mucho más.

**Pastos bajos, secos y semisecos:** La quema de pastos bajos, secos y semisecos puede tener varios efectos, algunos de los cuales pueden ser problemáticos para el medio ambiente, la población y la biodiversidad. En cuanto a las quemas en Popayán, se presentaron un total de 50

quemadas de este tipo, esto equivale a un 15% de los datos con los que se cuenta. Estas pueden traer grandes consecuencias, pueden provocar: emisión de contaminantes atmosféricos, pérdida de biodiversidad, cambios en el ciclo de nutrientes, cambio en la composición de la vegetación, contaminación del suelo y agua entre otros. En algunos casos, la quema controlada de pastos se utiliza como herramienta de gestión de paisajes para prevenir incendios descontrolados, renovar pastizales y controlar la expansión de vegetación no deseada, sin embargo, es esencial realizar estas prácticas de manera planificada y con precauciones para minimizar impactos negativos.

***Vegetación alta:*** La quema de vegetación alta, como bosques o selvas, puede tener impactos significativos en el medio ambiente, la biodiversidad, la calidad del aire y el cambio climático. En cuanto a este tipo de quema, se presentaron un total de 32 casos que equivale a un 10% de los eventos. Al ser quemados sin precauciones, tienen las siguientes consecuencias: pérdida de biodiversidad, emisión de gases de efecto invernadero, degradación del suelo, alteración del ciclo hidrológico, aporta a la contaminación del aire, incremento del riesgo de incendios descontrolados, cambio en la estructura del ecosistema, entre algunos otros problemas. Hay que destacar, que la quema controlada y planificada de vegetación puede tener beneficios en algunos casos, como la gestión de combustibles para prevenir incendios descontrolados y fomentar la regeneración del ecosistema.

***Residuos Vegetales:*** durante los 5 años analizados, se registraron un total de 97 casos de quemadas de residuos vegetales, representando aproximadamente el 30% de la muestra estudiada.

La quema de residuos vegetales puede tener diversos efectos, tanto positivos como negativos, dependiendo de cómo se realice y de las condiciones circunstanciales.

Dentro de los efectos positivos se tienen: eliminación de residuos, control de plagas, preparación del suelo, prevención de incendios forestales entre otros.

Dentro de los efectos negativos se encuentran: emisiones de contaminantes atmosféricos, impactos en la calidad del aire a corto, mediano y largo plazo, pérdida de nutrientes, impactos en la biodiversidad, degradación del suelo y mucho más. Es fundamental tener en cuenta que la quema de residuos vegetales debe ser realizada de manera controlada y planificada, además, en muchos lugares, existen regulaciones y restricciones para la quema de residuos debido a sus impactos ambientales y en la salud.

## **6. Creación de una Base de Datos Espacial.**

En la base de datos se muestra la información espacial que se obtuvo y recolecto en la realización de la práctica logrando analizar y crear la base la base de datos espacial, además de la cartografía temática sobre las quemas prohibidas presentadas en los años 2018 a 2022, información que queda disponible en el Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán Cauca.

Con el objetivo de conocer un poco sobre los archivos shapefile en la base de datos, se crearon tablas que contienen información importante sobre la descripción del tema, el nombre de Feature class, el tipo de dato entre otros; cada archivo shp alberga esta información en su tabla de atributos, donde también se puede añadir datos a cada shp a la hora de ingresar a la base de datos geoespacial.

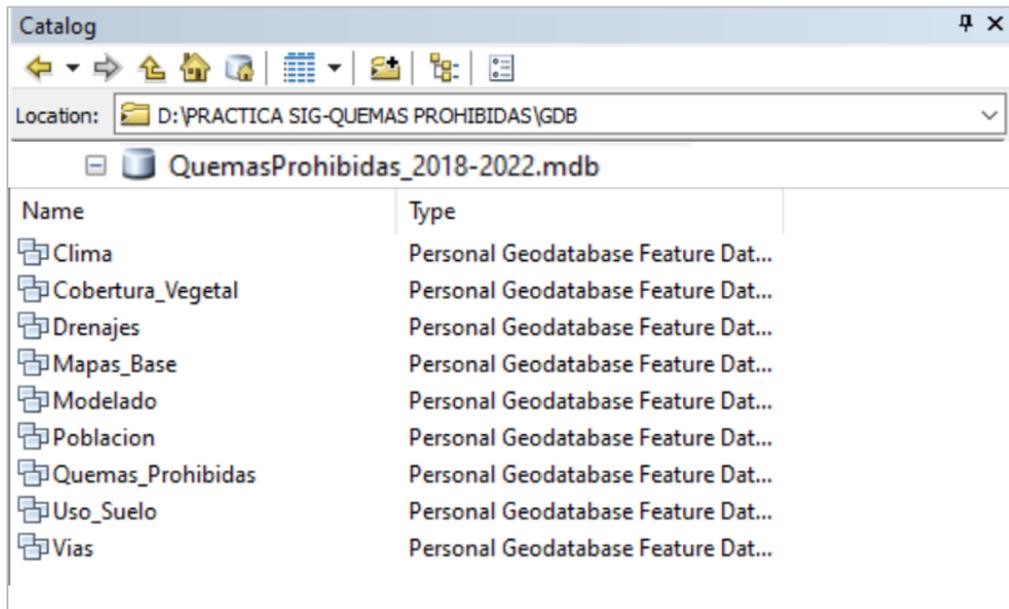
### **6.1. Geodatabase**

En su nivel más básico, una geodatabase de ArcGIS es un conjunto de datasets geográficos de distintas clases que están almacenados en una carpeta común del sistema de archivos, también almacena la información geográfica de manera física y usa, principalmente, un sistema de administración de bases de datos o un sistema de archivos; dicho lo anterior se puede decir que un archivo geodatabase es una forma eficiente de almacenar y gestionar datos espaciales en entornos SIG, proporcionando capacidades avanzadas para el análisis y la visualización de información geográfica. Esri, (2021).

Las geodatabase pueden ser de diferentes tamaños con diferentes números de usuarios y pueden variar desde pequeñas bases de datos de un solo usuario, hasta bases de datos de grupos de trabajo, donde acceden muchos usuarios.

Para llevar a cabo este apartado del proyecto, se utilizó una Personal Geodatabase, puesto que, este permite “almacenar, consultar, administrar y gestionar datos espaciales, así como no espaciales. Una geodatabase personal ofrece un entorno robusto para almacenar, gestionar y analizar datos geoespaciales dentro del ecosistema de software GIS de Esri. Es importante decir que, todos los datasets que hacen parte de una personal gdb se almacenan dentro de un archivo de datos de Microsoft Access (mdb) con un límite de tamaño de 2 GB”. Esri, (2021). (Ver imagen N°4 modelo personal geodatabase)

*Imagen N°4. Modelo personal Geodatabase.*



*Fuente: Elaboración propia, (2024)*

*Imagen N°5. Observación modelo personal Geodatabase.*

- [-] D:\PRACTICA SIG-QUEMAS PROHIBIDAS\GDB
  - [-] QuemasProhibidas\_2018-2022.mdb
    - [-] Clima
      - [-] Clima\_Popayan
    - [-] Cobertura\_Vegetal
      - [-] Cobertura\_vegetal\_1
    - [-] Drenajes
      - [-] Drenaje\_Doble
      - [-] Drenaje\_Sencillo
    - [-] Mapas\_Base
      - [-] Cauca\_Municipio
      - [-] Mng\_mpio\_Politico
      - [-] Popayan\_pob
      - [-] Popayanvere
      - [-] Zona\_Urbana
      - [-] Zonificacion\_AEPE
    - [-] Modelado
      - [-] Curvas\_50
    - [-] Poblacion
      - [-] Poblacion\_Afectada
    - [-] Quemas\_Prohibidas
      - [-] Quemas\_Prohibidas\_1
      - [-] Quemas\_Prohibidas\_2018
      - [-] Quemas\_Prohibidas\_2019
      - [-] Quemas\_Prohibidas\_2020
      - [-] Quemas\_Prohibidas\_2021
      - [-] Quemas\_Prohibidas\_2022
      - [-] Recurrencias\_Quemas
      - [-] TOTAL\_QUEMAS\_5AÑOS
    - [-] Uso\_Suelo
      - [-] Agricola
      - [-] Agroforestal
      - [-] Cuerpo\_Agua
      - [-] Forestal
      - [-] Zona\_Urbana\_1
    - [-] Vias
      - [-] Nomenclatura\_Vial
      - [-] Vias\_Centr\_pobl\_pop
      - [-] Vias\_Popayan

*Fuente: Elaboración propia, (2024)*

Descripción geodatabase contenido tipo Punto.

Tabla N° 6. Numero de Quemas Prohibidas

<b>FEATURE DATASET N° 1: Zonas de Quemas Prohibidas.</b>			
<b>Descripción del tema</b>	Numero de quemas prohibidas ocurridas en 15 zonas principales en el municipio de Popayán Cauca durante el periodo 2018_2022.		
<b>Feature Class</b>	QUEMAS PROHIBIDAS		
<b>Tipo de dato</b>	Punto		
<b>CAMPOS</b>	<b>TIPO DE DATOS</b>	<b>TAMAÑO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>Zona</b>	Text	24	Describe el nombre de la zona (Barrio, comuna, vereda) en que se dio cada ocurrencia de Quemas prohibidas
<b>Descripción</b>	Text	50	Describe el tipo de material quemado en el evento ocurrido.
<b>Tot_quemas</b>	Integer	4	Refiere al total de quemas ocurridas durante el periodo 2018 a 2022
<b>quemas_2018</b>	Integer	4	Describe el número de quemas ocurridas en el año 2018 en cada una de las zonas principales
<b>quemas_2019</b>	Integer	4	Describe el número de quemas ocurridas en el año 2019 en cada una de las zonas principales
<b>quemas_2020</b>	Integer	4	Describe el número de quemas ocurridas en el año 2020 en cada una de las zonas principales
<b>quemas_2021</b>	Integer	4	Describe el número de quemas ocurridas en el año 2021 en cada una de las zonas principales
<b>quemas_2022</b>	Integer	4	Describe el número de quemas ocurridas en el año 2022 en cada una de las zonas principales

Fuente: Elaboración propia, (2024)

Tabla N° 7. Recurrencia de quemas prohibidas.

<b>Descripción del tema</b>	Recurrencias de Quemas Prohibidas en el municipio de Popayán Cauca durante el periodo 2018-2022		
<b>Feature Class</b>	Recurrencia de Quemas Prohibidas por zonas		
<b>Tipo de dato</b>	Punto		
<b>CAMPOS</b>	<b>TIPO DE DATOS</b>	<b>TAMAÑO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Direccion	Text	24	Describe el nombre de la zona (barrio, vereda, comuna, lugar) en que se dio cada recurrencia de quemas prohibidas
descripción	Text	60	Describe el tipo de material quemado en el evento ocurrido.
Tot_Recurr	Long Integer	4	Refiere al total de recurrencias de quemas prohibidas trabajadas durante el periodo 2018 a 2022

Recurr2018	Long Integer	4	Describe la recurrencia de Quemas Prohibidas por zona para el año 2018
Recurr2019	Long Integer	4	Describe la recurrencia de Quemas Prohibidas por zona para el año 2019
Recurr2020	Long Integer	4	Describe la recurrencia de Quemas Prohibidas por zona para el año 2020
Recurr2021	Long Integer	4	Describe la recurrencia de Quemas Prohibidas por zona para el año 2021
Recurr2022	Long Integer	4	Describe la recurrencia de Quemas Prohibidas por zona para el año 2022

Fuente: Elaboración propia, (2024)

Descripción geodatabase contenido tipo Línea.

Tabla N° 8 Drenajes Popayán, Cauca.

<b>FEATURE DATASET N° 2: Drenajes</b>			
<b>Descripción del tema</b>	Información drenajes sencillos de Popayán Cauca		
<b>Feature Class</b>	DRENAJE_SENCILLO		
<b>Tipo de dato</b>	Línea		
<b>CAMPOS</b>	<b>TIPO DE DATOS</b>	<b>TAMAÑO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
NOMBRE_GEO	String	50	Muestra el nombre geográfico de cada drenaje
SHAPE_Leng	Double	18	Información de la longitud de la línea de cada drenaje

Fuente: Elaboración propia, (2024)

Tabla N° 9. Vías Popayán

<b>FEATURE DATASET N° 4: Vías</b>			
<b>Descripción del tema</b>	Información sobre las vías en el municipio de Popayán Cauca.		
<b>Feature Class</b>	Vías Popayán		
<b>Tipo de dato</b>	Línea		
<b>CAMPOS</b>	<b>TIPO DE DATOS</b>	<b>TAMAÑO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
TIPO_VIA	Long	10	Muestra el tipo de vía (principal, secundaria, terciaria, camino etc.)
SHAPE LENG	Double	18	Muestra la longitud de la vía.

Fuente: Elaboración propia, (2024)

Tabla N°10. Nomenclatura Vial.

<b>Descripción del tema</b>	Información sobre vías en el perímetro urbano del municipio de Popayán Cauca		
<b>Feature Class</b>	Nomenclatura vial		
<b>Tipo de dato</b>	Línea		
<b>CAMPOS</b>	<b>TIPO DE DATOS</b>	<b>TAMAÑO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Texto	Text	254	Indica las direcciones de cada una de las vías
Shape_Length	Double	18	Información de longitud de cada línea de carretera

Fuente: Elaboración propia, (2024)

Descripción geodatabase contenido tipo polígono.

Tabla N° 11. Zona Urbana y centros poblados.

<b>FEATURE DATASET N° 5: MAPAS BASE</b>			
<b>Descripción del tema</b>	Información de la zona urbana y los centros poblados del municipio de Popayán Cauca		
<b>Feature Class</b>	Zona urbana y centros poblados		
<b>Tipo de dato</b>	Polígono		
<b>CAMPOS</b>	<b>TIPO DE DATOS</b>	<b>TAMAÑO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Nom_pob	String	2	Nombre del centro poblado y comunas

Fuente: Elaboración propia, (2024)

Tabla N° 12. Veredas de Popayán.

<b>Descripción del tema</b>	Información sobre veredas del municipio de Popayán Cauca		
<b>Feature Class</b>	Popayán Veredas		
<b>Tipo de dato</b>	Polígono		
<b>CAMPOS</b>	<b>TIPO DE DATOS</b>	<b>TAMAÑO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
DPTOMPIO	Text	5	Indica el código tanto del departamento como del municipio
CODIGO_VER	Text	11	Contiene información del código correspondiente a cada vereda
NOM_DEP	Text	50	Nombre del departamento
NOMB_MPIO	Text	50	Nombre del municipio
NOMBRE_VER	Text	50	Nombre de veredas
FUENTE	Text	50	Indica de donde fue extraída la información
AREA_HA	Double	18	Muestra el área de cada vereda en hectáreas
COD_DPTO	Text	2	Indica el código del departamento

Fuente: Elaboración propia, (2024)

Tabla N° 13. Clima Popayán.

<b>FEATURE DATASET N° 6: Clima</b>			
<b>Descripción del tema</b>	Tipo de clima de las 15 zonas principales de ocurrencia de quemas prohibidas en el municipio de Popayán Cauca en los años 2018 a 2022.		
<b>Feature Class</b>	CLIMA		
<b>Tipo de dato</b>	Polígono		
<b>CAMPOS</b>	<b>TIPO DE DATOS</b>	<b>TAMAÑO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Provincia	Long integer	5	Indica el lugar al que pertenece cada condición climática
rang_altu	Text	18	Muestra la altitud (msnm) en que se encuentra el lugar
rang_temp	Text	19	Muestra la temperatura en °C en que se encuentran las zonas de quemas prohibidas
rang_prec	Text	21	Indica las precipitaciones en mm de la zona de estudio
area_ha	Double	18	Información sobre el área en hectáreas en que se distribuye el clima
nomenclatu	Text	25	Describe el tipo de clima de la zona

Fuente: Elaboración propia, (2024)

Tabla N° 14. Población Afectada.

<b>FEATURE DATASET N° 7: Población</b>			
<b>Descripción del tema</b>	Población afectada en cada una de las 15 zonas principales de ocurrencia de quemas prohibidas en el municipio de Popayán Cauca en los años 2018 a 2022 tomando como referencia un radio de 200 metros.		
<b>Feature Class</b>	POBLACIÓN AFECTADA		
<b>Tipo de dato</b>	Polígono		
<b>CAMPOS</b>	<b>TIPO DE DATOS</b>	<b>TAMAÑO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Zona	Text	254	Describe el nombre de la zona (Barrio, comuna, vereda) en que se dio cada ocurrencia de Quemas prohibidas
Pobl_afect	Long integer	10	Indica un aproximado de la población afectada sobre cada zona principal de quemas prohibidas

Fuente: Elaboración propia, (2024)

Tabla N° 15. Cobertura Vegetal.

<b>FEATURE DATASET N° 8: Cobertura Vegetal</b>	
<b>Descripción del tema</b>	Tipo de cobertura vegetal de las 15 zonas principales de ocurrencia de quemas prohibidas en el municipio de Popayán Cauca en los años 2018 a

	2022.		
<b>Feature Class</b>	Cobertura Vegetal		
<b>Tipo de dato</b>	Polígono		
<b>CAMPOS</b>	<b>TIPO DE DATOS</b>	<b>TAMAÑO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Código	Text	254	Indica el número de cada tipo de cobertura
Leyenda	Text	150	Nombre de cada cobertura vegetal
Insumo	Text	250	Formato con que se descargó la información
Confibili	Text	18	Confiabilidad de la información
Cambio	Text	18	Actualización de cada uno de los polígonos
Nivel_1	Text	19	Descripción del tipo de cobertura
Area_Ha	Double	21	Cantidad de área en hectárea por cada tipo de cobertura
Código	Text	254	Indica el número de cada tipo de cobertura

Fuente: Elaboración propia, (2024)

Tabla N° 16. Uso del Suelo.

<b>FEATURE DATASET N° 9: Uso del Suelo</b>			
<b>Descripción del tema</b>	Información de uso del suelo en 15 zonas principales de quemas prohibidas en el municipio de Popayán Cauca en los años 2018 a 2022.		
<b>Feature Class</b>	Uso del Suelo (Agrícola, forestal, agroforestal, zona urbana, cuerpo de agua).		
<b>Tipo de dato</b>	Polígono		
<b>CAMPOS</b>	<b>TIPO DE DATOS</b>	<b>TAMAÑO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
UCVocacion	String	254	Brinda información sobre el uso apropiado del suelo
Vocación	String	150	Clasificación de los suelos de acuerdo con la aptitud natural que presenta cada tipo de suelo
Uso_princi	String	250	Información sobre el uso que se le está dando al suelo en un determinado lugar.
Área	Double	18	Muestra el área en (m2) para cada uno de los usos principales del suelo.
Area_km2	Double	18	Muestra el área en (km2) para cada uno de los usos principales del suelo.
Area_hc	Double	18	Muestra el área en (hc2) para cada uno de los usos principales del suelo.

Fuente: elaboración propia, (2024)

## **7. Análisis Espacial de Quemadas Prohibidas 2018-2022.**

El análisis espacial comprende una serie de herramientas que ayudan a crear, interpretar características, dinámicas, comportamientos demostrando información con algún patrón de distribución, definiendo los elementos que lo conforman y la manera como éstos se relacionan.

El análisis espacial se define como una herramienta que permite manipular datos espaciales de diversas formas y obtener conocimientos adicionales sobre los procesos que tienen lugar en el espacio para comprenderlos mejor. (Rocha, 2004).

Por otro lado, también permite resolver problemas complejos orientados a la ubicación, explorar y entender sus datos desde una perspectiva geográfica. El análisis espacial va más allá de la representación cartográfica y permite estudiar las características de los lugares y las relaciones entre ellos, además puede aportar nuevas perspectivas a la toma de decisiones.

Es una poderosa herramienta que permite comprender mejor la realidad geográfica y tomar decisiones informadas en diferentes situaciones, ya que es posible combinar información de varias fuentes y obtener nueva información aplicando diferentes operadores espaciales. Martínez, M. (2006).

El análisis espacial emplea una amplia gama de métodos y técnicas para examinar y comprender la distribución, la relación y la interacción de fenómenos geográficos en el espacio. En este estudio, se dio especial énfasis al método de análisis espacial cartográfico, el cual implica el uso de herramientas y técnicas cartográficas para estudiar la distribución, relación e interacción de estos fenómenos. No obstante, además de este método, se incorporaron otras técnicas complementarias para enriquecer y mejorar los resultados obtenidos.

## **7.1. Análisis de la Distribución Espacial de Quemadas Prohibidas.**

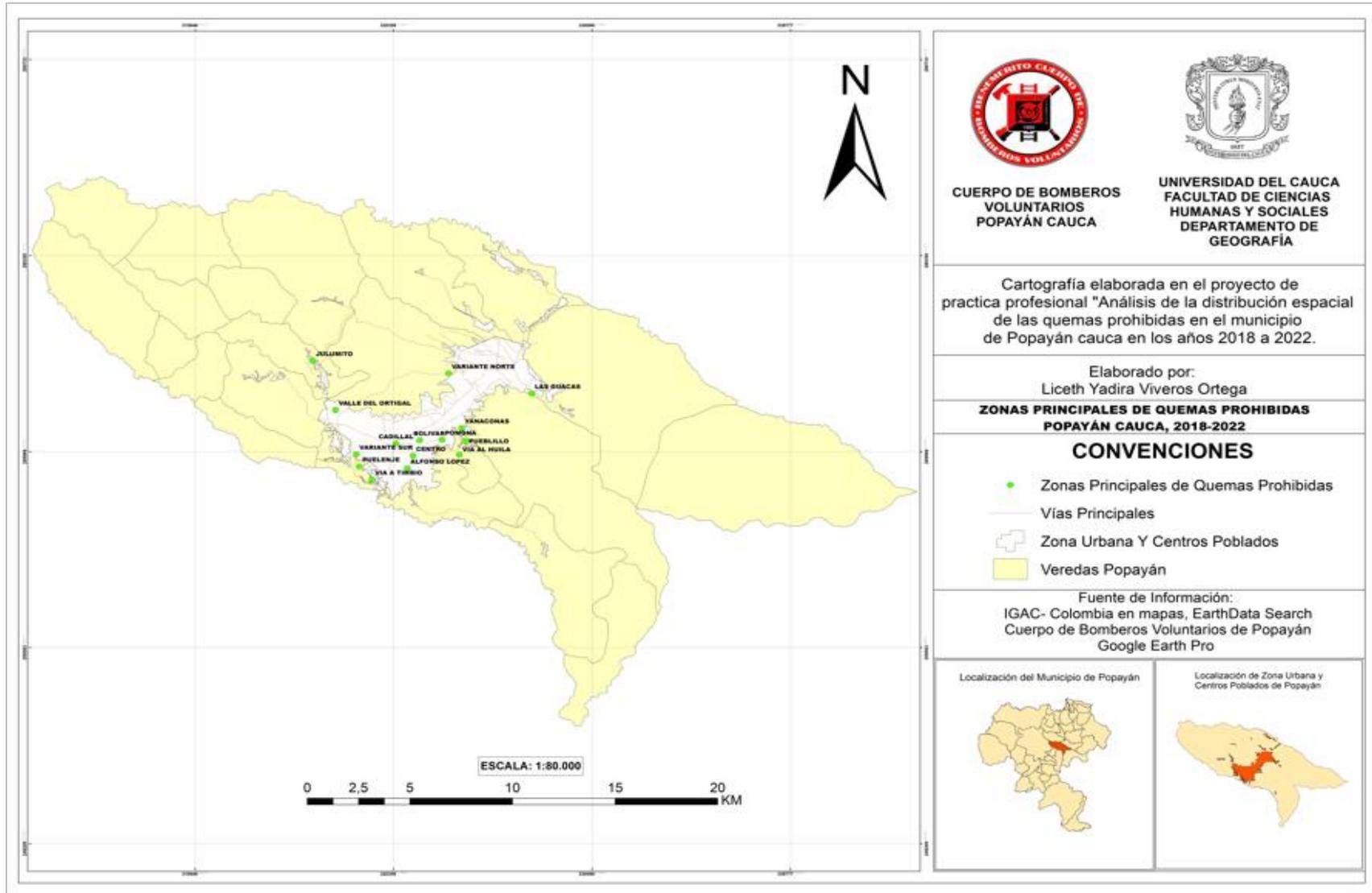
Una vez realizada la recopilación de los datos, selección, sistematización y transformación de estos, se pasó a interpretar los patrones de distribución, como estaban distribuidos los eventos y las características de su ubicación en el espacio.

Seguidamente, se presenta la cartografía temática elaborada para comprender la distribución espacial de las quemadas prohibidas durante los años 2018 a 2022. El enfoque del trabajo se centró en analizar la distribución de las quemadas tanto en el área urbana como rural. La escala de la cartografía está a 1:80.000, con ventanas de observación a 1:10.000 y 1:20.000; cabe mencionar que, para la Densidad de Kernel en escala 1:30.000 y la rosa de los vientos se encuentran a una escala 1:50.000.

### **7.1.1. Principales zonas de Quemadas Prohibidas 2018 a 2022**

El siguiente mapa muestra las quince (15) zonas principales de quemadas prohibidas trabajadas de 2018 a 2022. Aquí se puede observar su ubicación precisa y su distribución en el área de estudio.

Mapa N°2: Zonas principales de Quemas Prohibidas 2018-2022



Fuente: elaboración propia, (2024).

En este mapa se pueden observar la zona urbana, los centros poblados de Popayán, las vías de comunicación y la división por corregimientos de todo el municipio.

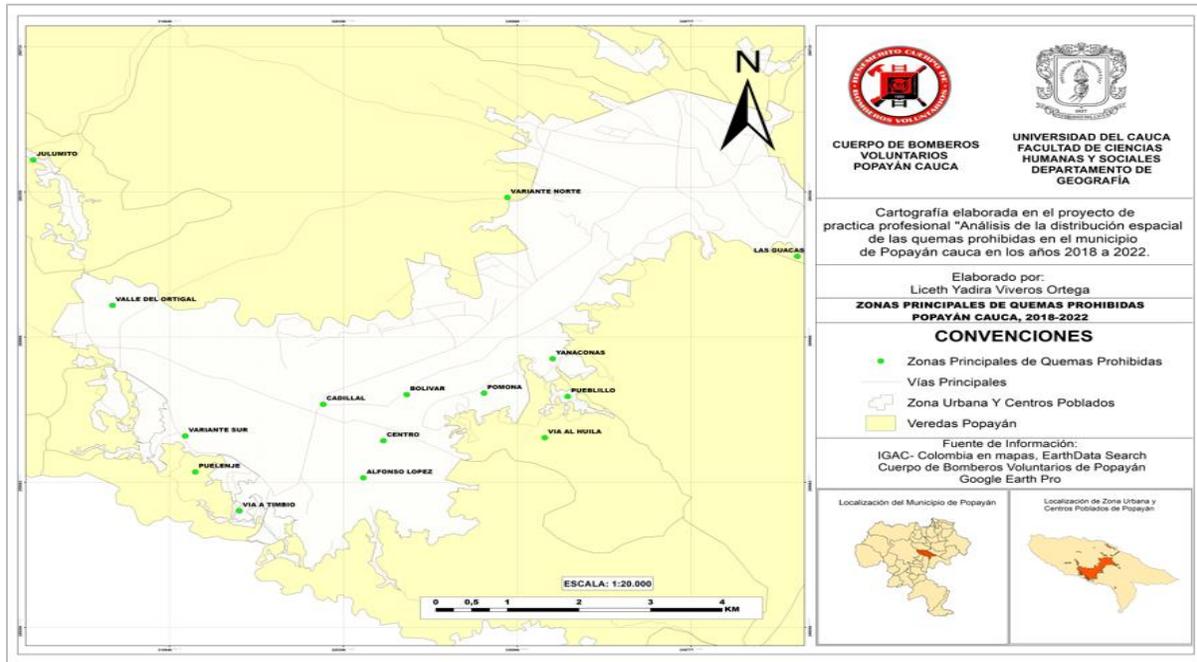
Por otra parte, se visualizan los 15 puntos de las zonas principales de quemas prohibidas seleccionadas a trabajar, estas se visualizan con un color verde, y representan las quemas principales presentadas en los cinco años abordados. Como se observa en el mapa, algunas zonas de quemas están ubicadas dentro de la zona urbana y otras en la zona rural.

Las 15 zonas seleccionadas a trabajar son: Julumito, Valle del Ortigal, Variante Norte, Las Guacas, Variante Sur, Vía a Timbío, Puelenje, Alfonso López, Cadillal, Centro, Bolívar, Yanaconas, Pomona, Pueblillo y Vía al Huila.

Es importante mencionar que algunas de estas zonas de quemas se pueden relacionar, debido a que presentan características del terreno similares, contando con alta presencia de pastizales, zonas de cultivos, de reservas forestales, la parte urbana entre otras.

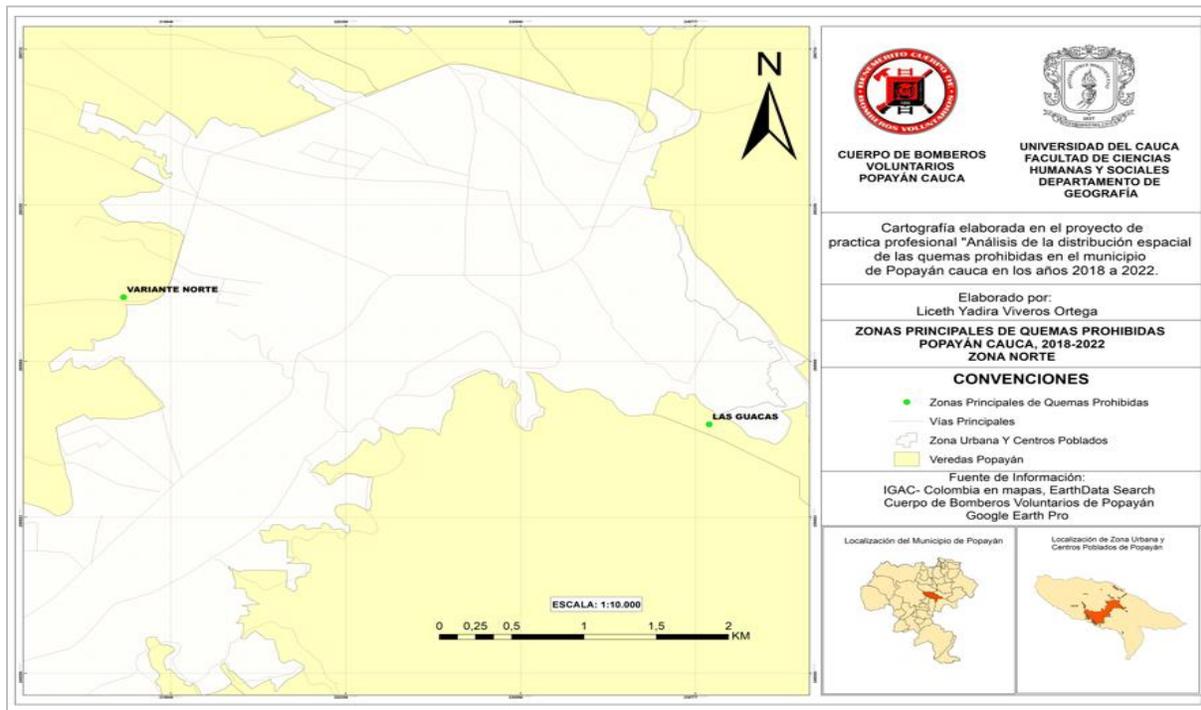
A continuación, se presentan las ventanas de observación, para mayor visualización de los puntos principales de quemas prohibidas.

Gráfico. N°3 Ventana de observación puntos de zonas principales de quemas prohibidas



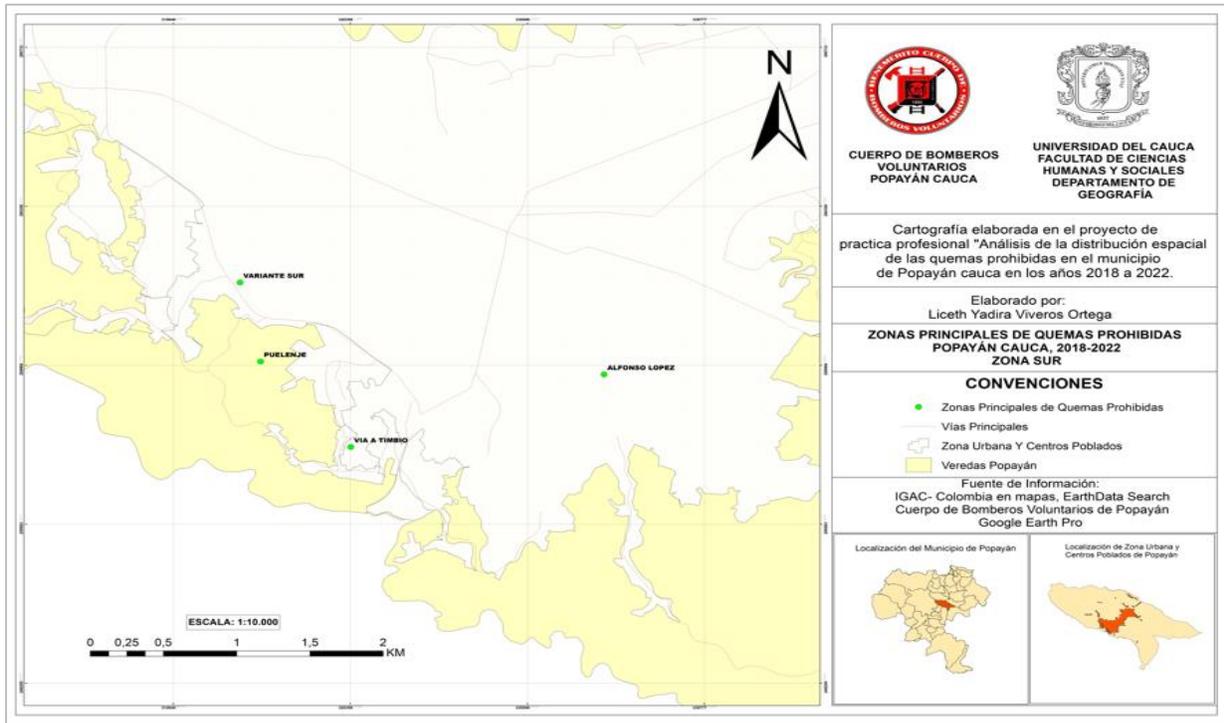
Elaboración propia, (2024)

Gráfico N°4. Ventana de observación puntos principales Zona Norte



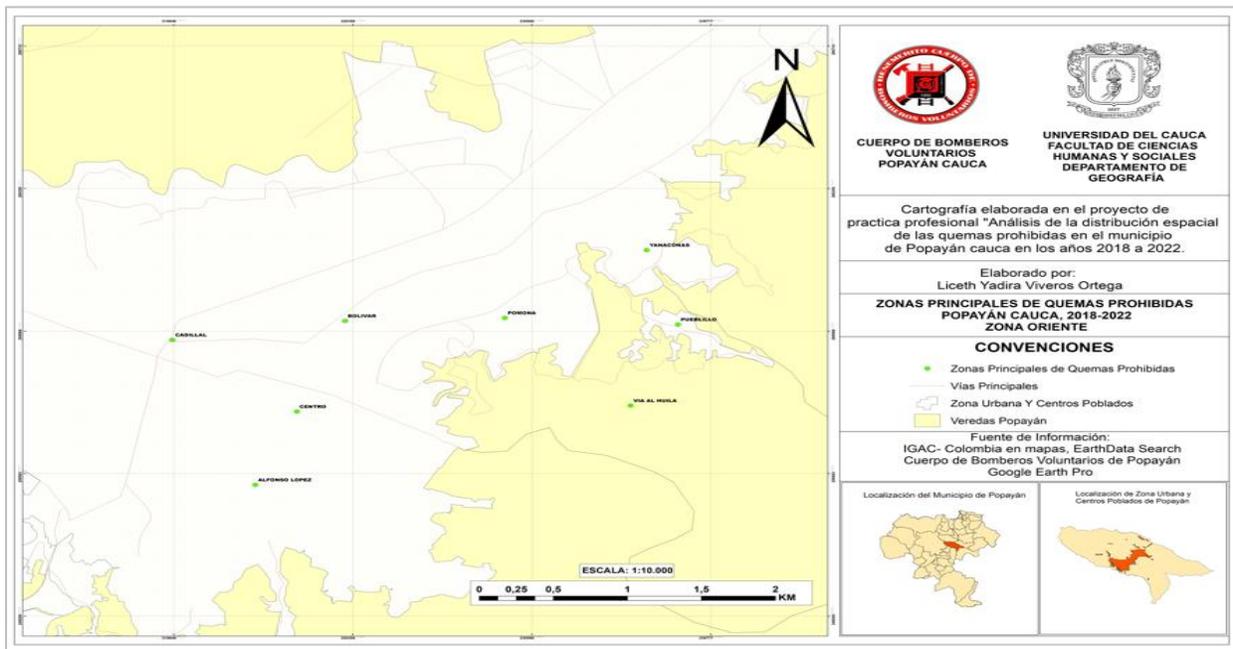
Elaboración propia, (2024)

Gráfico N°5. Ventana de observación puntos principales Zona Sur



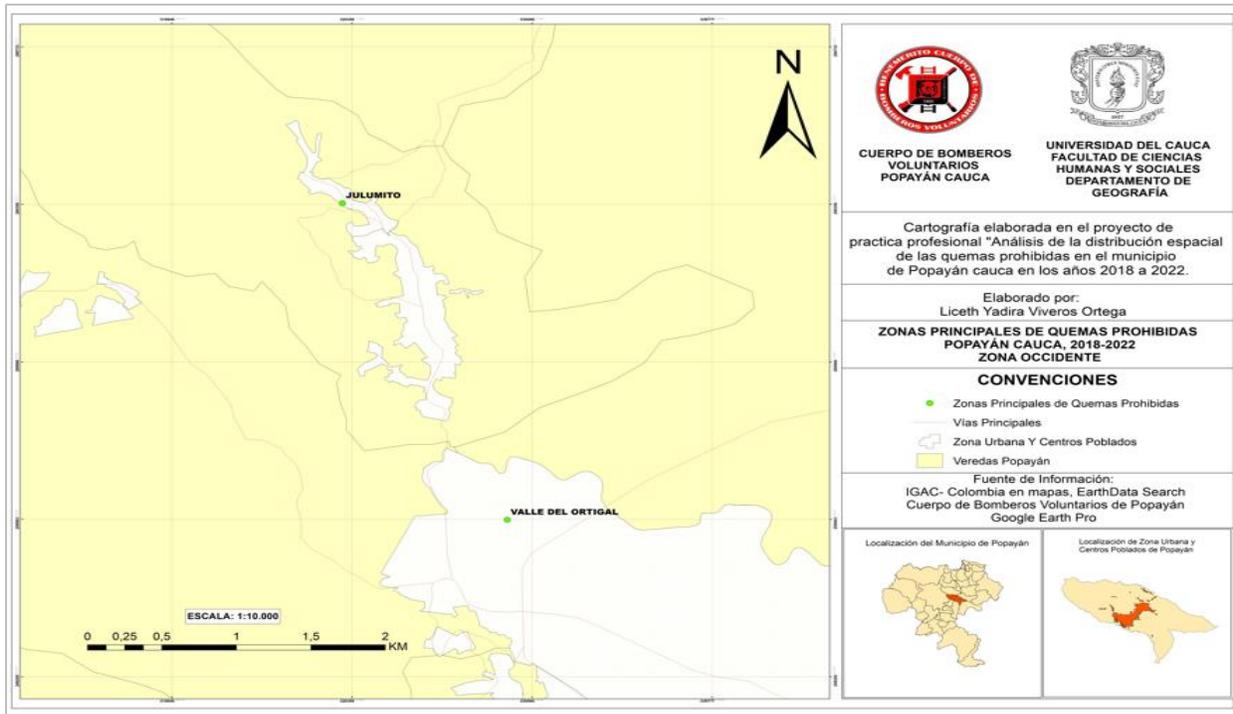
Elaboración propia, (2024)

Gráfico N°6. Ventana de observación puntos principales Zona Oriente



Elaboración propia, (2024)

Gráfico N°7. Ventana de observación puntos principales Zona Occidente



Elaboración propia, (2024)

### 7.1.2. Recurrencia de Quemas Prohibidas por zonas

La recurrencia se refiere a la ocurrencia repetida de un evento específico o de una serie de eventos con ciertas características similares o iguales en el tiempo y lugar determinado; por ello, aquí se tiene en cuenta la recurrencia de las quemas prohibidas por las 15 zonas seleccionadas.

Para identificar la recurrencia, se realizó mediante la revisión profunda de cada uno de los eventos sistematizados en las 15 zonas seleccionadas, luego, se identificaron los incidentes presentados en la misma dirección en repetidas ocasiones, de esta manera se obtuvo la recurrencia para cada zona. Para ilustrar lo dicho, se vincula la siguiente tabla. (Ver Tabla N°9).

Tabla N°17. Recurrencia de quemas prohibidas por zonas.

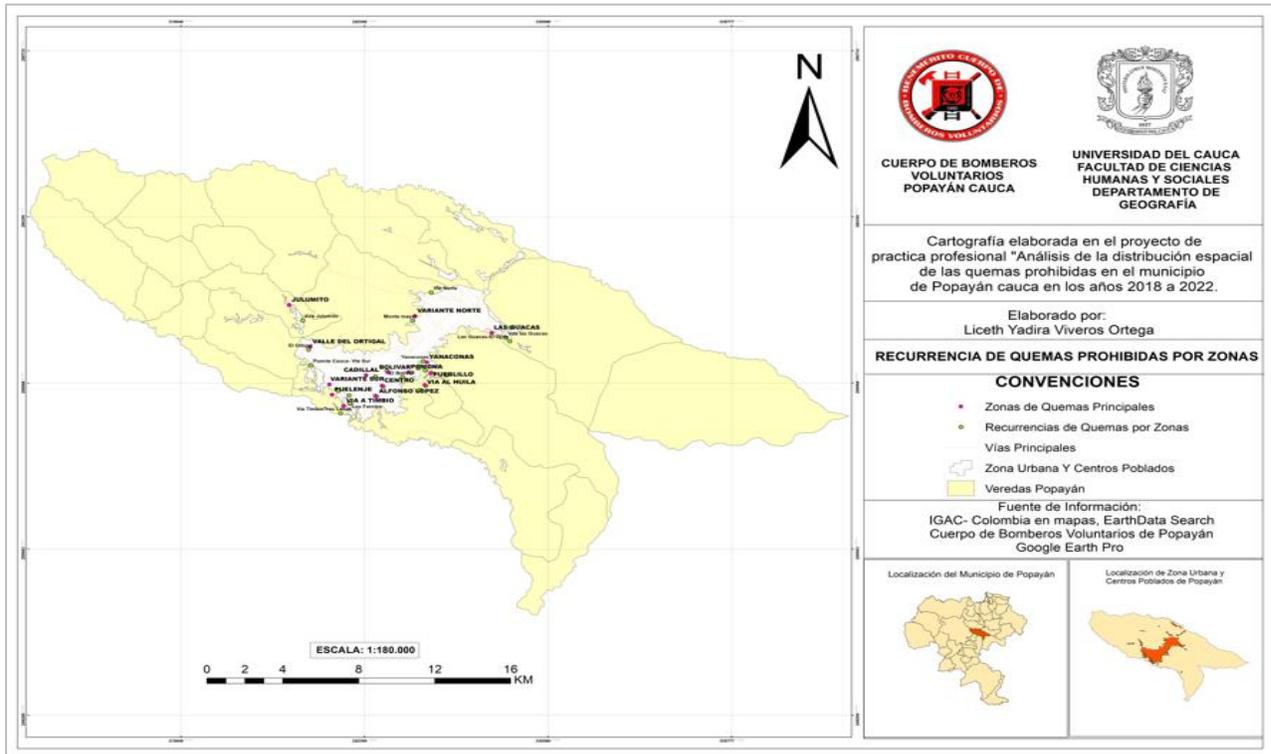
<b>TABLA DE RECURRENCIAS DE QUEMAS PROHIBIDAS</b>	
<b>ZONAS PRINCIPALES</b>	<b>RECURRENCIA POR ZONAS</b>
Alfonso López	Galería Alfonso López
Julumito	Vereda Julumito
Puelenje	Vereda Puelenje
Yanaconas	Yanaconas
Centro	Centro Anarkos
Valle del Ortigal	El Ortigal
Cadillal	El Cadillal
Pueblillo	Vía pueblillo
	Pueblillo
Bolívar	El planchón Bolívar
Pomona	Colinas de Pomona
	Real Pomona
	Vereda Pomona
Las Guacas	Las Guacas
	Las Guacas-El Ojito
	Vereda las Guacas
Vía A Timbío	Los faroles
	Vía Timbío Tres lunas
Vía Al Huila	Vía al Huila-Estación de servicio
	Vía al Huila
Variante Sur	Puente Cauca- Vte Sur
	Variante sur
Variante Norte	Monte mayor
	Variante Norte

Elaboración propia, (2024)

En la tabla anterior, se puede observar las zonas principales con sus respectivas recurrencias, para algunas zonas se tuvo en cuenta una sola recurrencia, para otras dos y hasta tres recurrencias.

Cabe destacar que la georreferenciación de estas zonas se realizó mediante Google Earth Pro, con ayuda de Bing Maps, Google Maps y la nomenclatura vial, puesto que ayudaron a tener mayor precisión a la hora de ubicar las direcciones. Se georreferenciaron las 24 recurrencias, siendo así 24 puntos en total.

Mapa N°3. Recurrencias de quemas prohibidas por zonas.

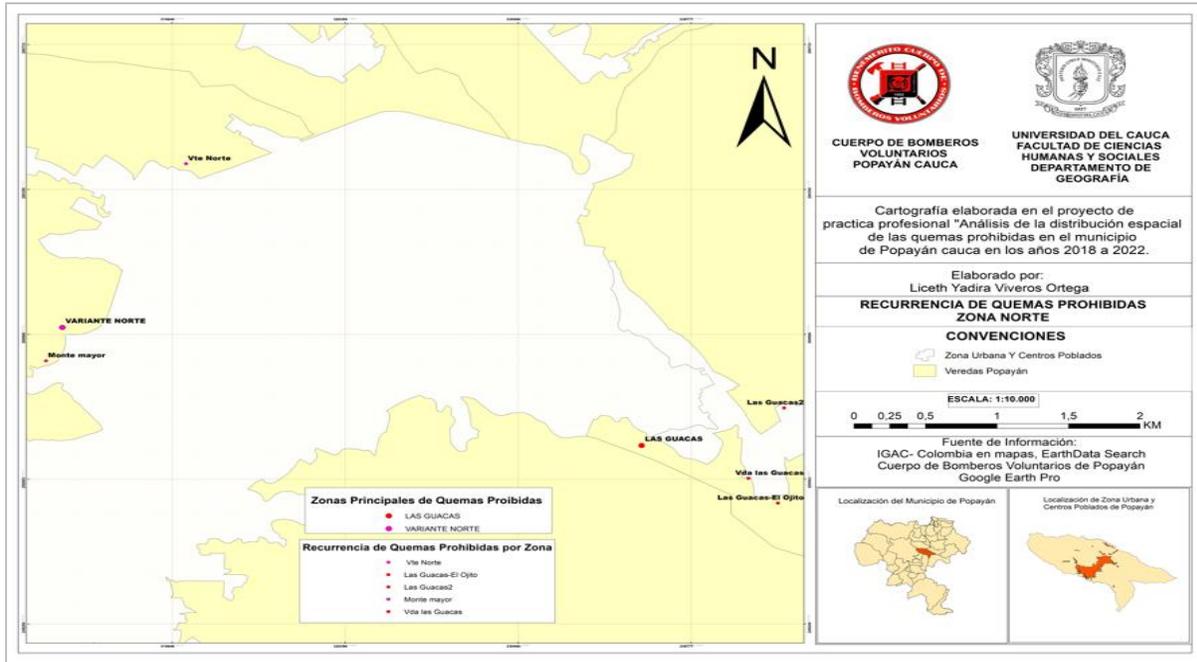


Fuente: elaboración propia, (2024)

Como se indicó antes, en este mapa se encuentran las principales zonas de quemas prohibidas, de color fucsia y las recurrencias representadas de color verde, se observa su distribución en las zonas principales, lo que ratifica lo observado en el cuadro de recurrencias por zonas.

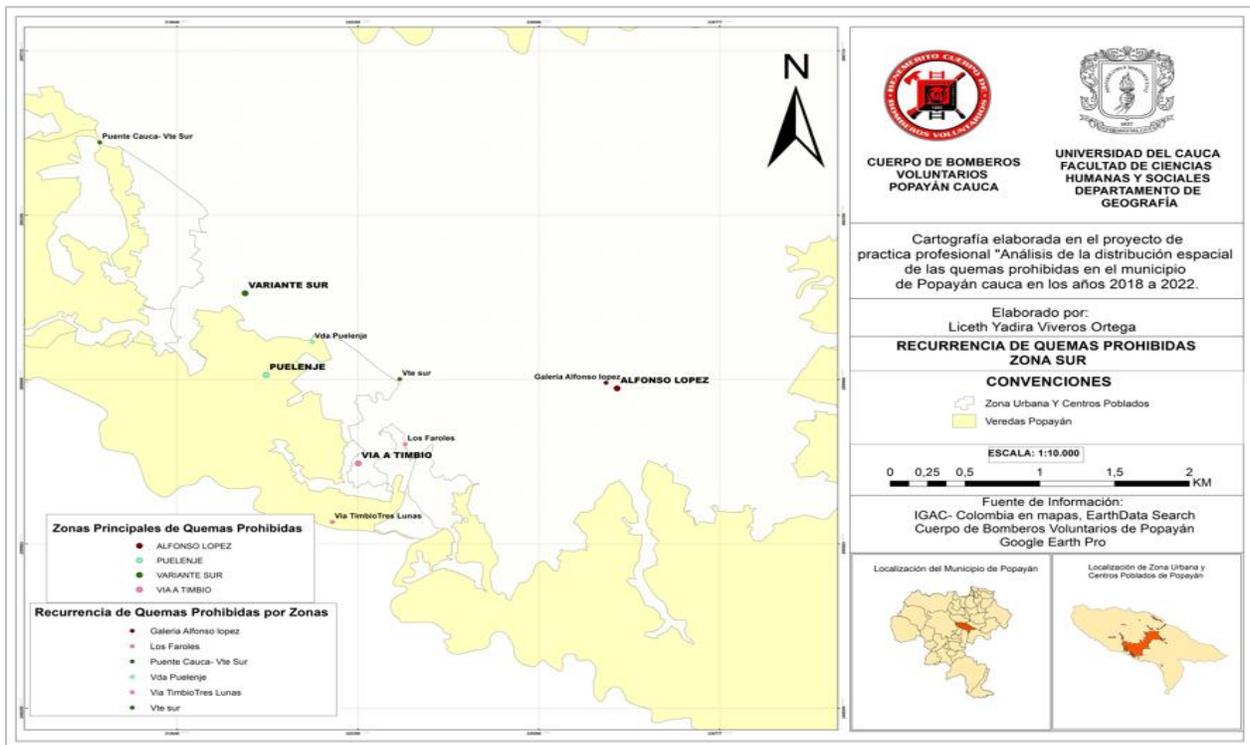
Seguidamente se visualizan las ventanas de observación.

Gráfico N°8. Ventana de observación recurrencias de quemas prohibidas por zonas. Zona Norte.



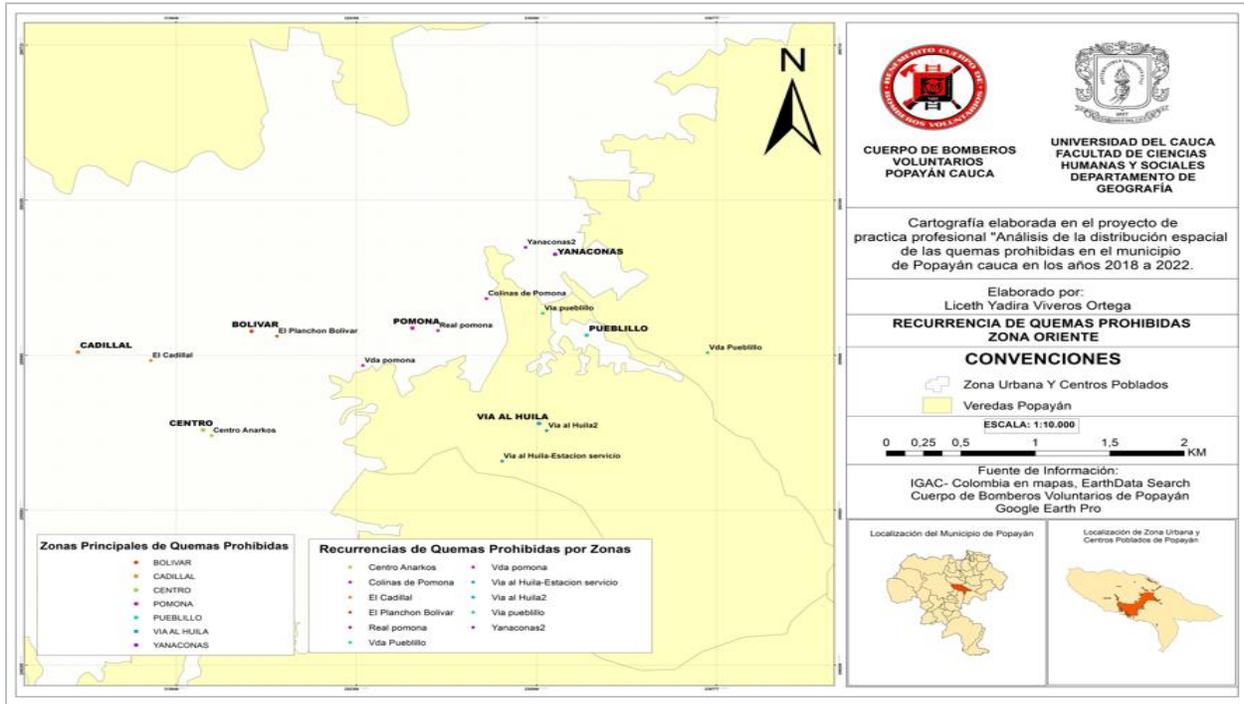
Elaboración propia, (2024)

Gráfico N°9. Ventana de observación recurrencias de quemas prohibidas por zonas. Zona Sur



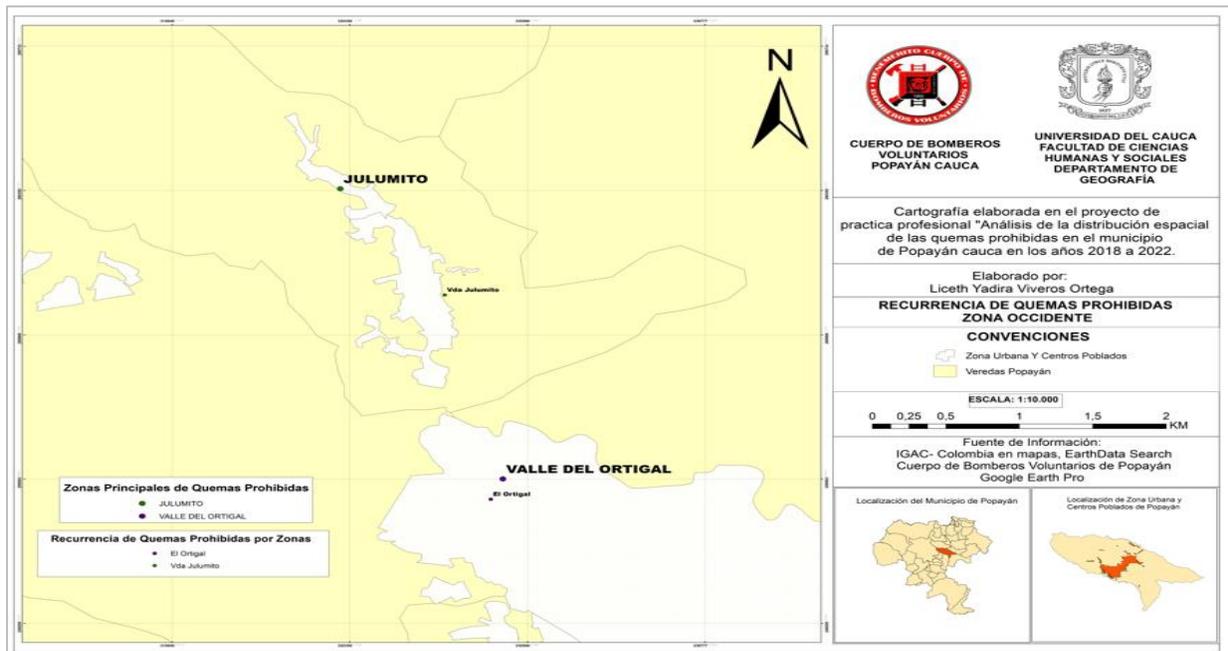
Elaboración propia, (2024)

Gráfico N°10. Ventana de observación recurrencias de quemas Prohibidas por zonas. Zona Oriente



Elaboración propia, (2024)

Gráfico N°11. Ventana de observación recurrencias de quemas prohibidas por zonas. Zona Occidente

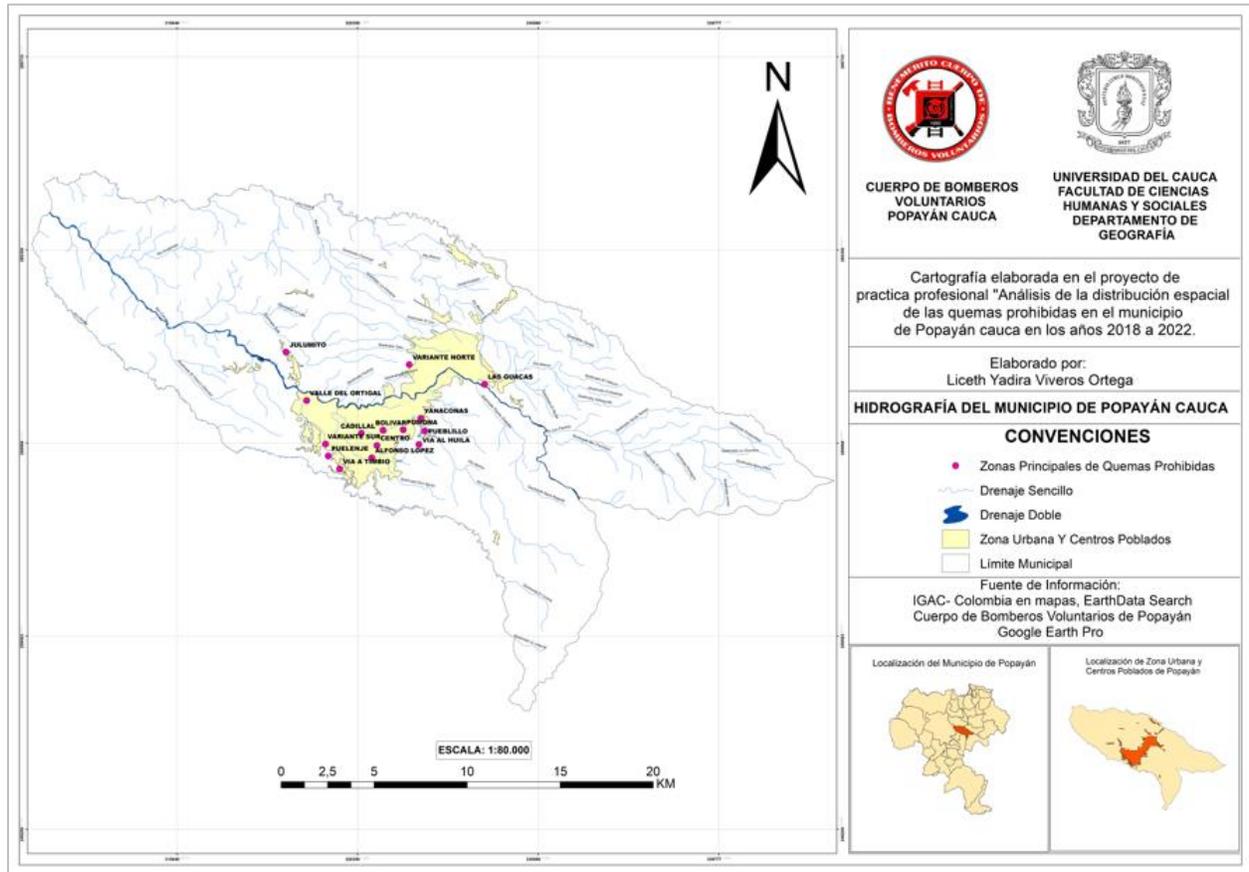


Elaboración propia, (2024)

## 7.2. Hidrografía del Municipio

El Mapa Hidrográfico, junto con la sobreposición de la capa de zonas principales de Quemadas Prohibidas, muestra cómo están ubicados los incidentes de quemadas con respecto a los ríos y afluentes.

Mapa N°4: Hidrografía del municipio.



Elaboración propia, (2024)

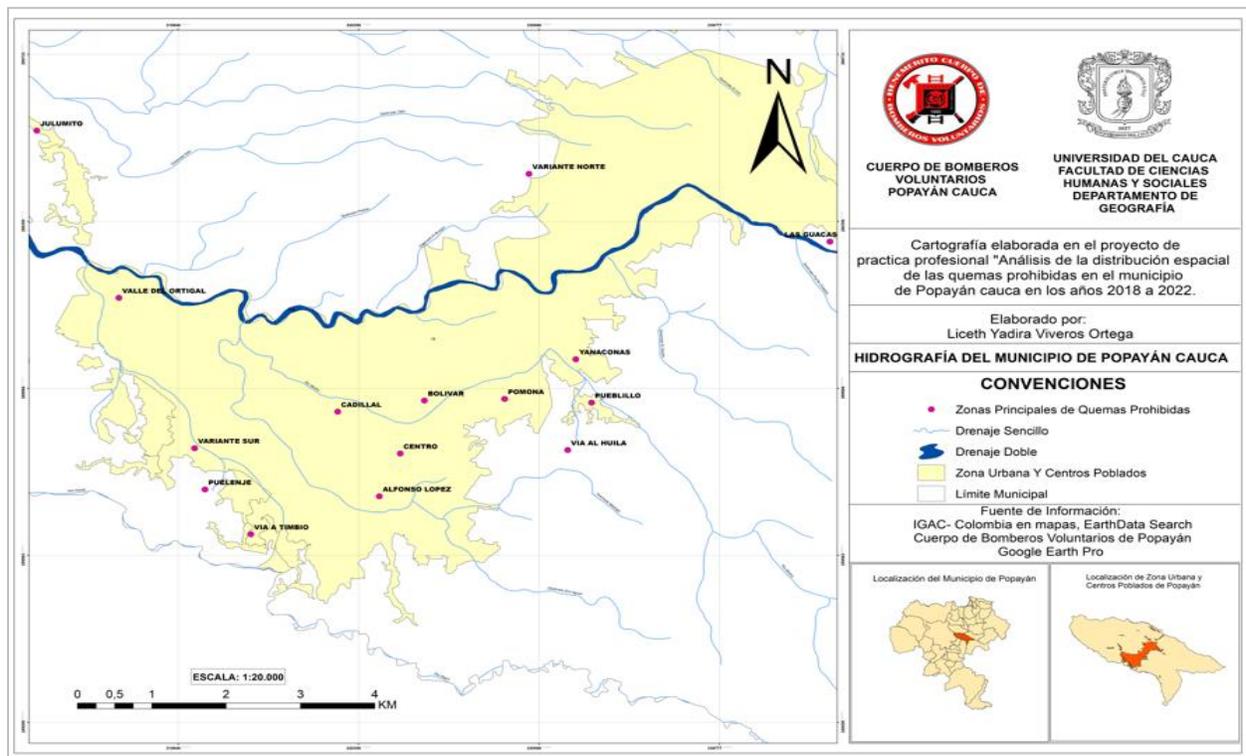
En primer lugar, se puede observar que el recurso agua disponible en el municipio es bastante amplio, puesto que, la mayoría de las zonas principales de Quemadas prohibidas, se encuentran cercanas a algún afluente, río.

Es de destacar la cercanía que tienen con el Río Cauca, las zonas de Las Guacas y Valle del Ortigal. También se destaca la cercanía de las zonas Cadillal, Bolívar, Pomona, Yanaconas y

Pueblillo con el Río Molino; las otras zonas tienen relación cercana con otros afluentes (quebradas), que de alguna u otra forma están cercanos a ellas.

La cercanía de las zonas de quemadas al drenaje doble y drenajes sencillos, muestra que existen barreras naturales que puedan impedir la propagación de una quema, sin embargo, esto también trae consecuencias, ya que las quemadas constantes y cercanas a los cuerpos de agua pueden liberar cenizas, partículas y sustancias químicas nocivas al agua, pueden eliminar la cubierta vegetal que protege el suelo, lo que aumenta el riesgo de erosión, destruir o alterar el hábitat de especies de plantas y animales que viven cerca de los ríos y quebradas, también tienen efectos adversos significativos en los ecosistemas acuáticos, la calidad del agua, la biodiversidad, la salud humana y en el medio ambiente en general.

*Gráfico N°12. Ventana de observación Hidrografía, Popayán Cauca.*



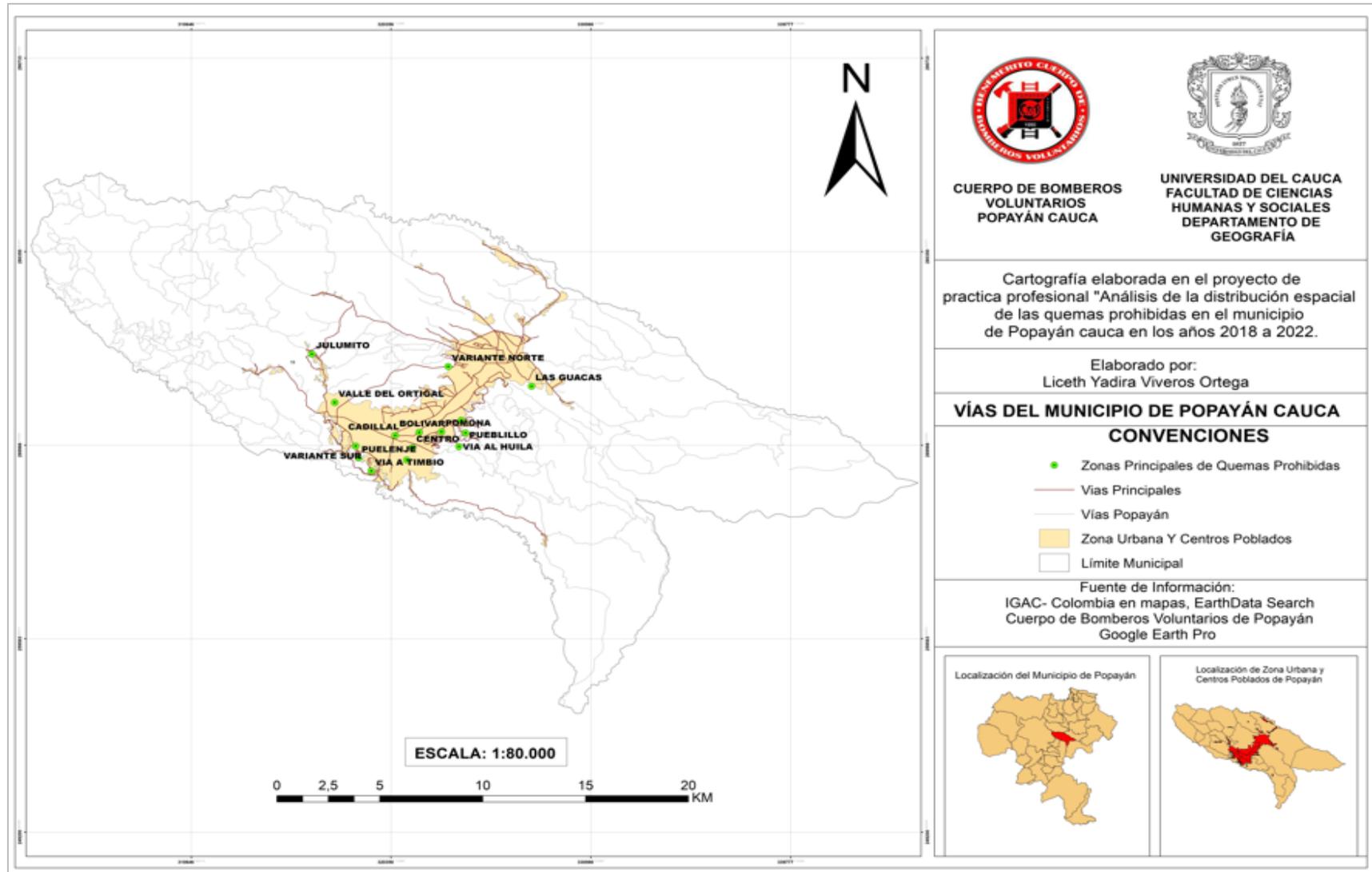
*Elaboración propia, (2024)*

### **7.3. Vías del municipio**

Las vías, ya sean carreteras, caminos, calles o cualquier tipo de infraestructura de transporte, son importantes por varias razones; estas conectan personas, comunidades, ciudades y regiones, facilitando el intercambio de bienes, servicios, información y personas. Son fundamentales para la integración económica y social. Además, proporcionan medios de transporte eficientes que permiten a las personas desplazarse de un lugar a otro de manera rápida y segura facilitando el acceso a empleos, educación, atención médica, recreación y otros servicios como rutas para vehículos de emergencia, ambulancias y bomberos, facilitando la respuesta rápida a situaciones de emergencia y desastres naturales.

El Mapa de vías IGAC, (2018) junto con la sobreposición de la capa de zonas principales de Quemadas Prohibidas, muestra cómo están ubicados los incidentes de quemadas con respecto a las vías.

Mapa N°5: Vías del municipio.

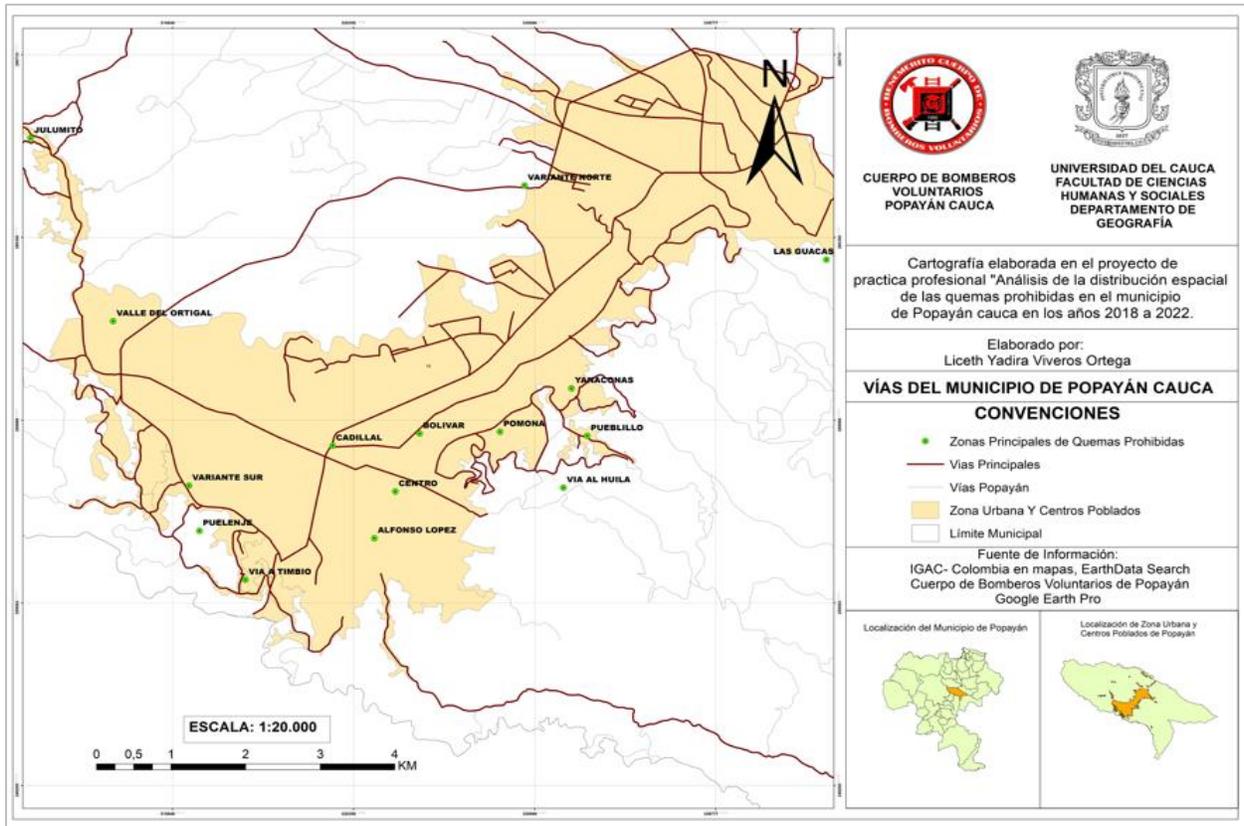


Elaboración propia, (2024)

En primer lugar, se puede observar que, de las 15 zonas principales de quemas prohibidas, casi en su totalidad se puede acceder por las vías de comunicación principal en el municipio, lo que, de alguna manera, facilita la llegada del cuerpo de bomberos al sitio donde se reporta una quema. Es fundamental considerar el proceso de movilidad en la ciudad y la distancia que deben recorrer el cuerpo de bomberos para llegar al lugar donde se reporta un evento. Afortunadamente, gracias al buen acceso a las vías y a la rápida respuesta de las estaciones de bomberos, en la mayoría de los casos se logra atender los eventos de manera oportuna, evitando que se conviertan en incendios forestales o estructurales.

Es importante señalar que, aunque el acceso a las zonas principales de quemas prohibidas es adecuado, en ocasiones pueden surgir eventos en lugares muy distantes o en áreas con vías en mal estado, lo que dificultará la llegada oportuna de los bomberos a atender un llamado de emergencia.

Gráfico N°13. Ventana de observación Vías de Popayán, Cauca

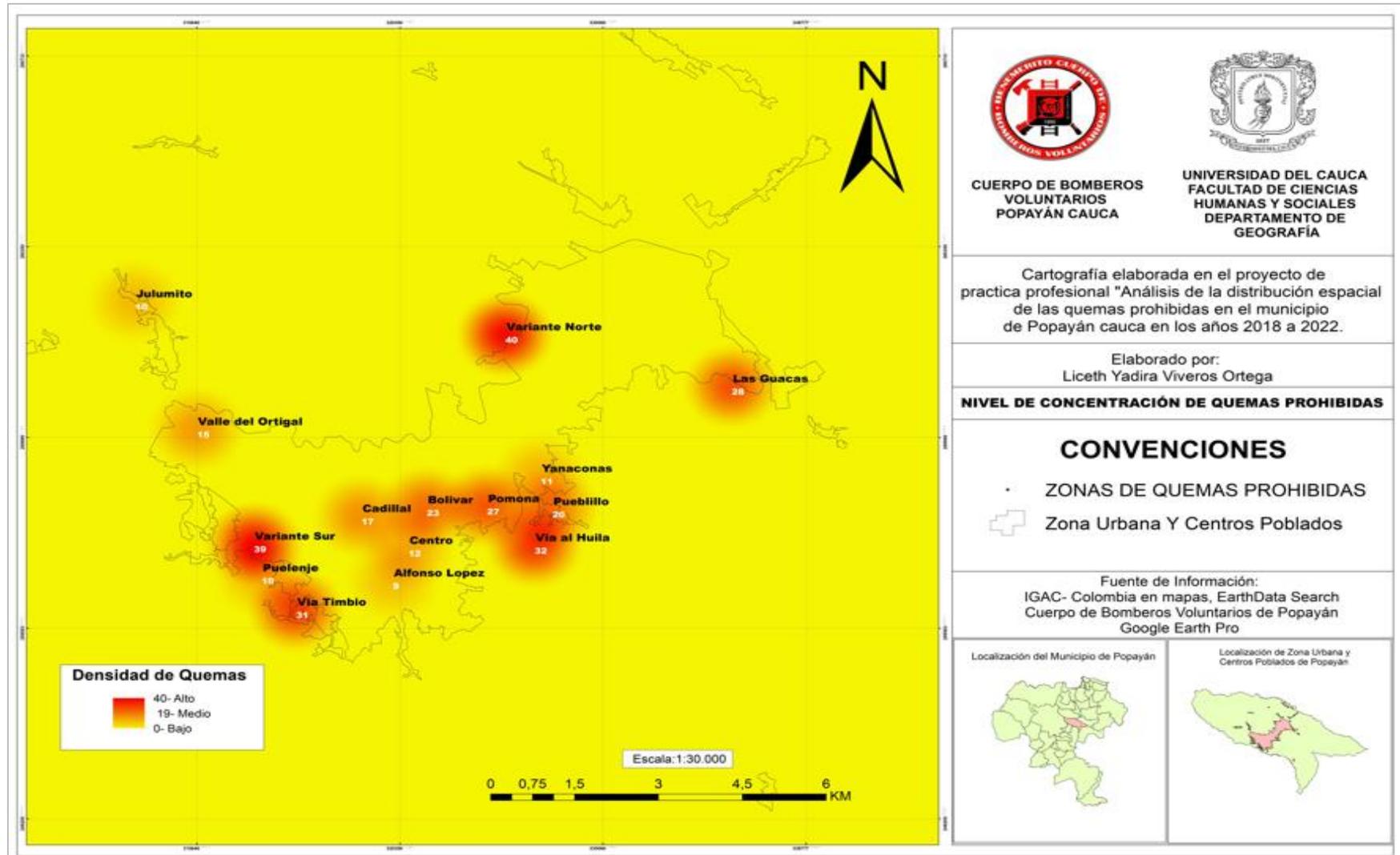


Elaboración propia, (2024)

#### 7.4. Densidad de Kernel

La densidad de Kernel como técnica estadística de distribución, proporciona una representación clara de manera visual, ayudando a comprender los patrones de distribución de los eventos de quemias prohibidas con mayores frecuencias, esto deja observar a simple vista la alta concentración de ocurrencias de este fenómeno.

Mapa N°6: Densidad de Kernel.



Elaboración propia, (2024)

Para interpretar este mapa, es suficiente observar las áreas que muestran una intensidad de color más fuerte, ya que indican una mayor incidencia de quemas prohibidas, mientras que las zonas con tonalidades más suaves representan un menor número de registros de este tipo de eventos a lo largo de los cinco años analizados.

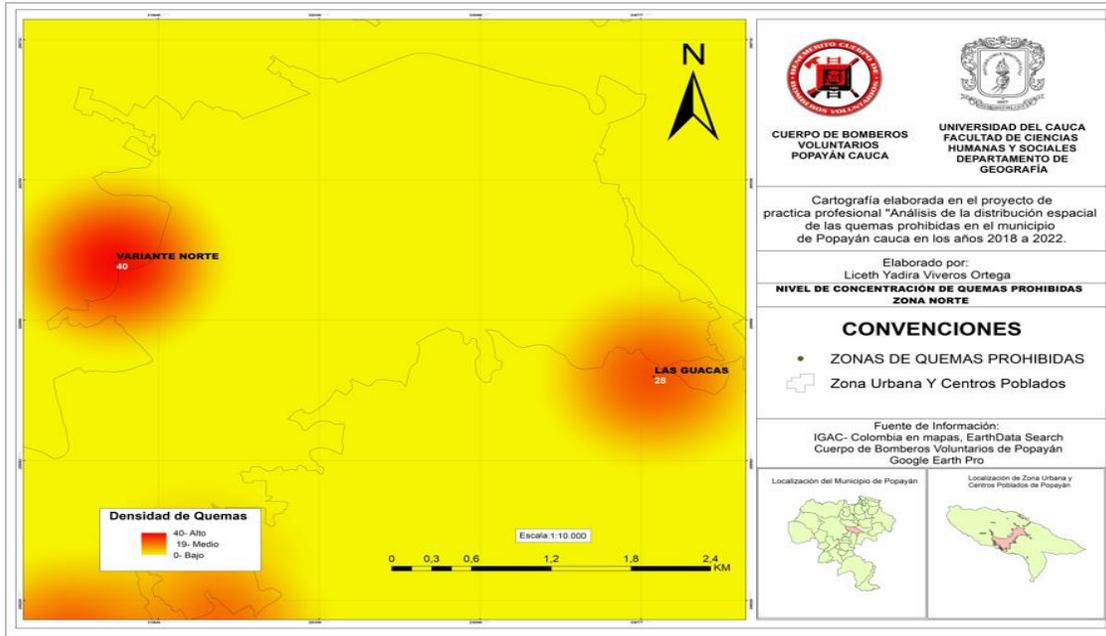
Esta gama de colores facilita la identificación de las áreas con mayor frecuencia de quemas prohibidas en el municipio, así como aquellas con un menor número de registros.

Dicho esto, es importante mencionar que el mapa destaca que la mayor concentración de incidentes de quemas prohibidas se encuentra al oriente del municipio, incluyendo zonas como: Cadillal (17), Bolívar (23), Centro (12), Pomona (27), Yanaconas (11), Pueblillo (20) y Vía al Huila (32), sumando en total de 142, eventos de las 324 quemas prohibidas registradas. Sin embargo, el oriente de la ciudad como zona de mayor concentración de quemas, se debe a la cantidad de eventos, y su concentración de zonas principales, puesto que con respecto al norte, sur y occidente es quien tiene mayores zonas principales de quemas.

Con respecto a las concentraciones medias, estas se encuentran al Sur del área estudiada, con un total de 89 registros de quemas prohibidas, distribuidos en 4 zonas; Variante sur (39), Puelenje (10), Vía a Timbío (31) y Alfonso López (9). El Norte del área de estudio presenta 68 quemas registradas, de estas 40 hacen parte de la zona Variante Norte y 28 de la zona las Guacas.

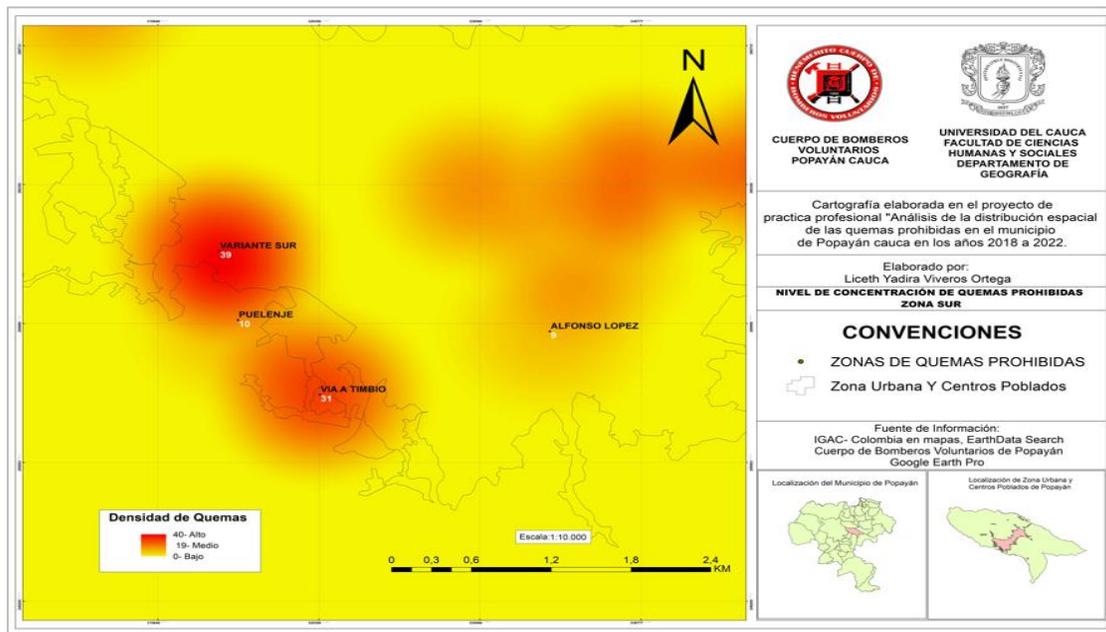
Finalmente, el área con menores eventos de quemas prohibidas lo ocupa el occidente del municipio, éste cuenta con dos zonas principales de quemas prohibidas, Julumito (10), y Valle del Ortigal (15), dando un total 25 eventos en el transcurso de los 5 años.

*Gráfico N°14. Ventana de observación Densidad de Kernel. Zona Norte.*



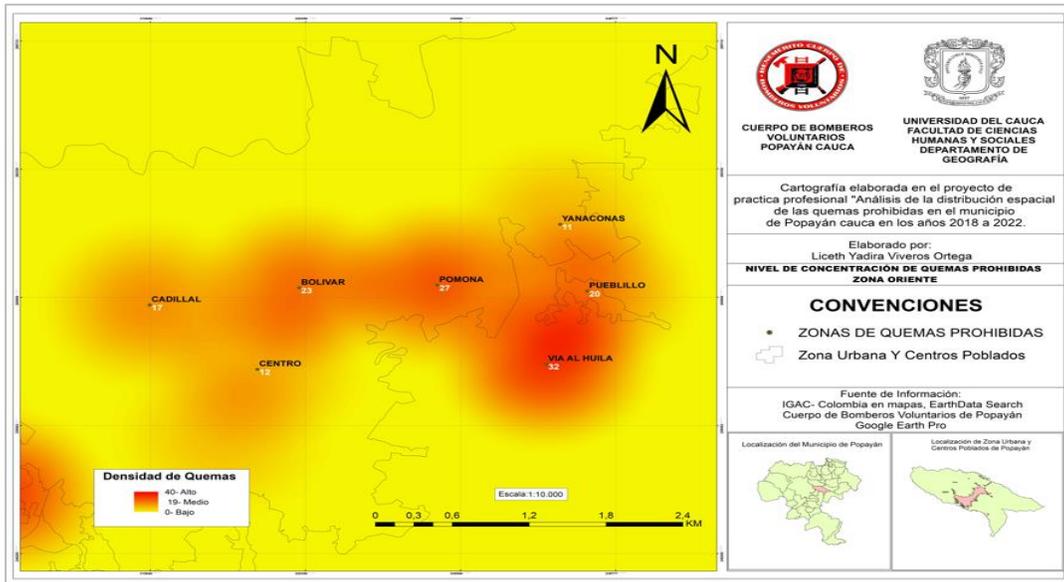
*Elaboración propia, (2024)*

*Gráfico N°15. Ventana de observación Densidad de Kernel. Zona Sur.*



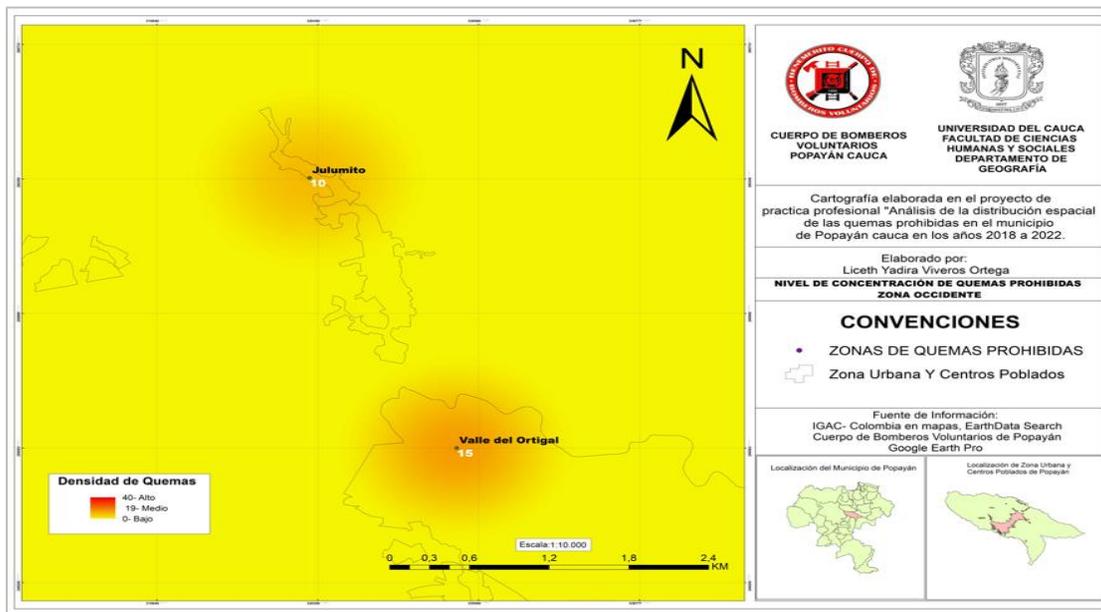
*Elaboración propia, (2024)*

Gráfico N°16. Ventana de observación Densidad de Kernel. Zona Oriente.



Elaboración propia, (2024)

Gráfico N°17. Ventana de observación Densidad de Kernel. Zona Occidente.

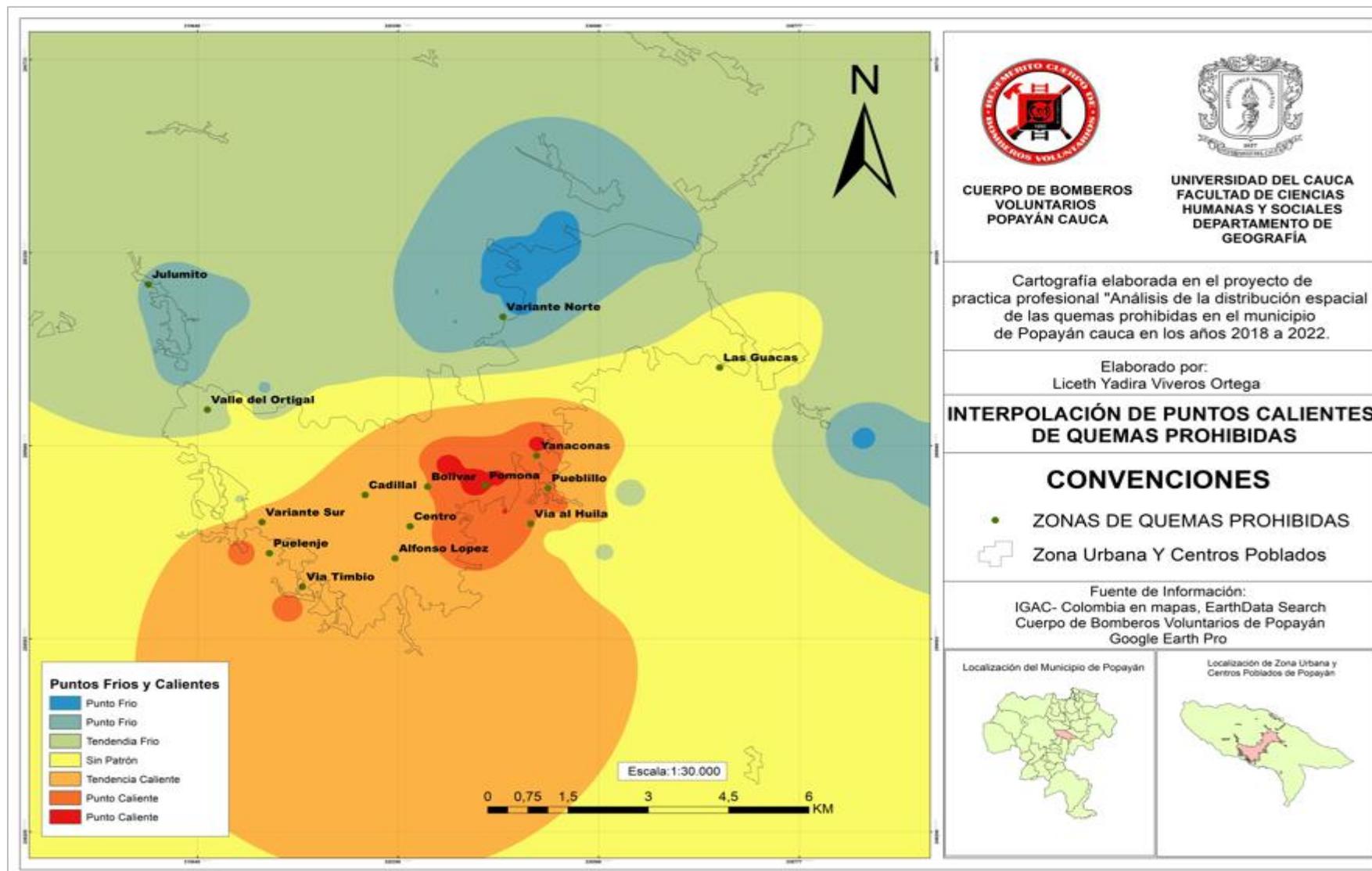


Elaboración propia, (2024)

### **7.5. Puntos fríos y calientes**

Los mapas de puntos fríos y calientes pueden utilizarse para identificar áreas con características específicas, además de ser herramientas valiosas para visualizar y comprender patrones espaciales de distribución de diferentes fenómenos. Con este mapa, se identifican los puntos fríos que indican una baja concentración de quemas y los puntos calientes que van a indicar una concentración alta de casos de quemas prohibidas.

Mapa N° 7. Puntos fríos y calientes



Elaboración propia, (2024)

En este mapa se puede observar las áreas con puntos fríos, tendencia a frío, calientes y tendencia a calientes de las quemaduras prohibidas presentadas en el municipio de Popayán en 2018 a 2022.

Las zonas de quemaduras que se encuentran dentro de los colores con tonalidades azules están dentro de los puntos fríos o tendencia a frío, lo que significa, que son áreas donde se presentaron menores incidentes de quemaduras en los años trabajados, por lo tanto, tiene baja concentración, y poca frecuencia de este fenómeno. Las zonas vinculadas a los puntos fríos son Variante Norte y Julumito; valle del ortigal y Las Guacas están dentro de los puntos con tendencia a frío.

Por otro lado, los puntos calientes se encuentran dentro de tonalidades naranja a rojo. Las áreas con puntos calientes indican una concentración de altos incidentes de quemaduras prohibidas en el municipio. La identificación de esto puede ser útil para comprender los patrones de distribución espacial, y de esta manera tomar decisiones sobre qué hacer ante el crecimiento y concentración de este fenómeno en el área de estudio. Es de destacar la concentración del número de zonas principales de quemaduras con respecto a las zonas que se encuentran en los puntos fríos del mapa. Dentro del área con puntos calientes se encuentran Bolívar, Yanacónas, Pueblillo, Vía al Huila y Pomona; con tendencia a calientes se encuentran las zonas de Alfonso López, Variante Sur, Vía a Timbío, Puelenje, Centro y Cadillal.

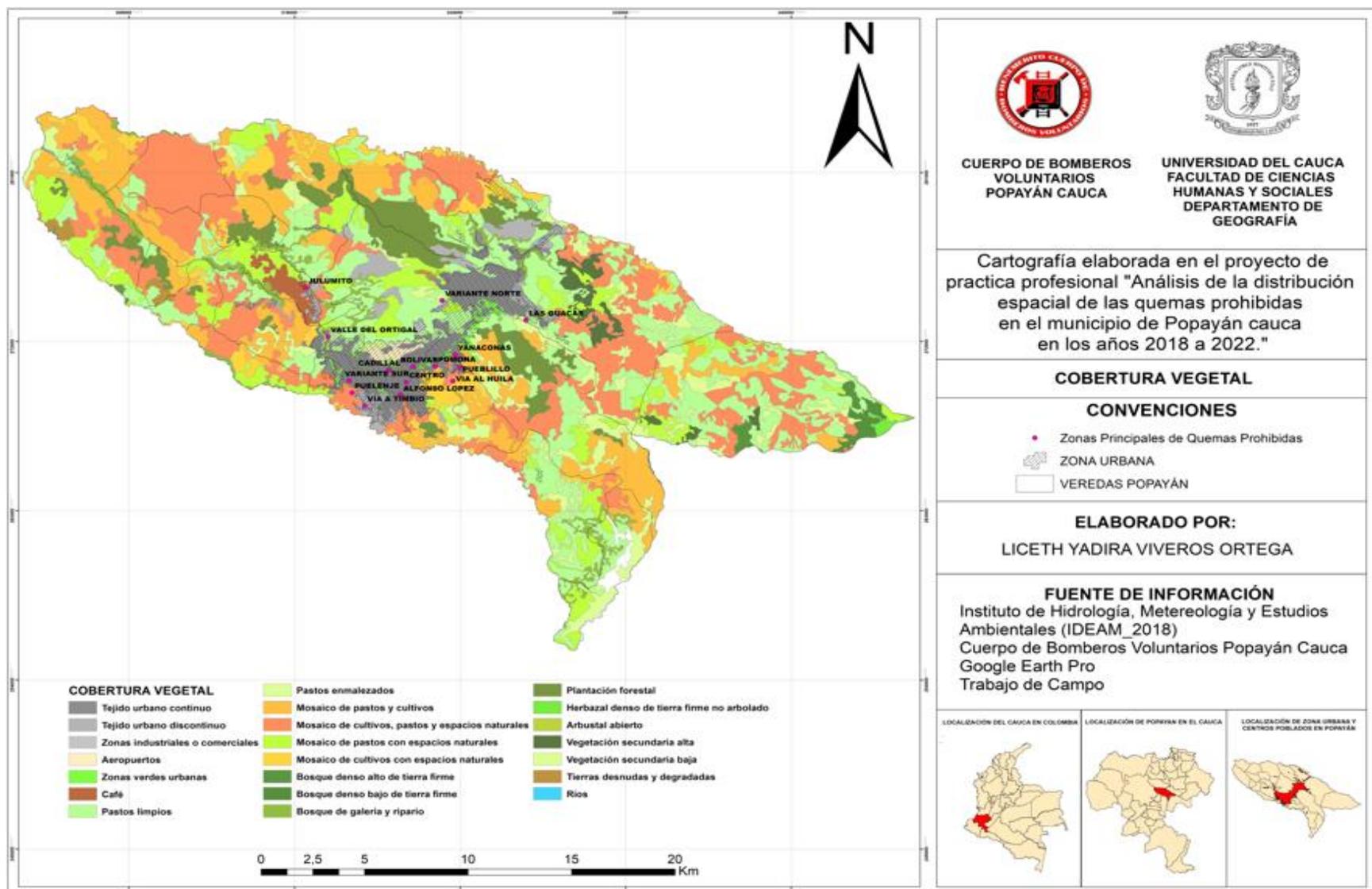
Lo que ratifica este mapa de puntos fríos y calientes, es que, las zonas con mayores concentraciones de quemaduras prohibidas están al Oriente y Sur del municipio. Pero, es de considerar que al norte y occidente también se han presentado muchos registros de quemaduras en los 5 años trabajados.

## **7.6. Cobertura vegetal**

La cobertura vegetal se refiere a la presencia y distribución de plantas y vegetación en un área determinada, describiendo así la cantidad y tipo de vegetación que cubre el suelo en un ecosistema específico. También se refiere a la capa de vegetación que cubre el suelo en un área determinada, ya sea naturalmente o como resultado de actividades humanas como la agricultura, la silvicultura entre otras. Esta vegetación puede incluir árboles, arbustos, pastos, hierbas y otras formas de plantas, esto puede variar dependiendo el clima, el suelo, la topografía y las actividades humanas.

Este mapa de cobertura vegetal IDEAM, (2018), y la capa tipo punto de zonas principales de quemas prohibidas, muestra claramente el tipo de cobertura vegetal que se vio afectada por la ocurrencia de quemas prohibidas.

Mapa N° 8. Cobertura vegetal



Elaboración propia, (2024)

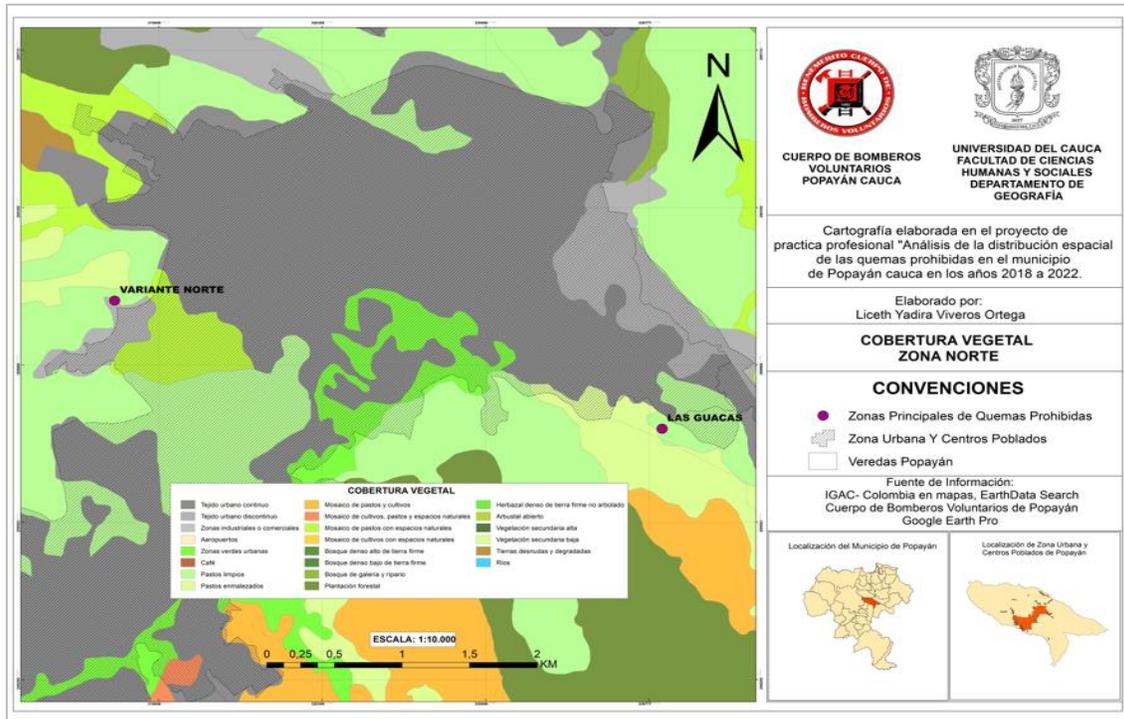
El mapa deja ver las 15 zonas principales de las quemadas prohibidas, y se logra identificar que en 8 de estas zonas: Cadillal, Variante Sur, Bolívar, Alfonso López, Valle del Ortigal, Centro, Pueblillo y Yanacónas se destaca la presencia de quemadas prohibidas que ocurren dentro de un tipo de cobertura vegetal de tejido urbano continuo, esto significa que las quemadas ocurren en la presencia de construcción de edificaciones, afectando la población del municipio.

Seguido de esto, es importante resaltar que tanto la zona de Vía al Huila y Puelenje se presentan quemadas dentro de una cobertura vegetal de mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales, en la zona de Pomona estas quemadas se presentan en mosaico de cultivos con espacios naturales, al igual que en Las Guacas que se afectan los pastos limpios y en Julumito los cultivos de café. Lo mencionado en cada una de estas zonas afecta los espacios naturales, y también puede llegar a afectar la producción de algunos cultivos, e incluso favorecer otros.

Por el contrario, se puede evidenciar que, en la zona de Variante Norte, las quemadas se presentan dentro de tejido urbano discontinuo, mientras que, en la zona de Vía a Timbío, estas se presentan dentro de las zonas industriales o comerciales.

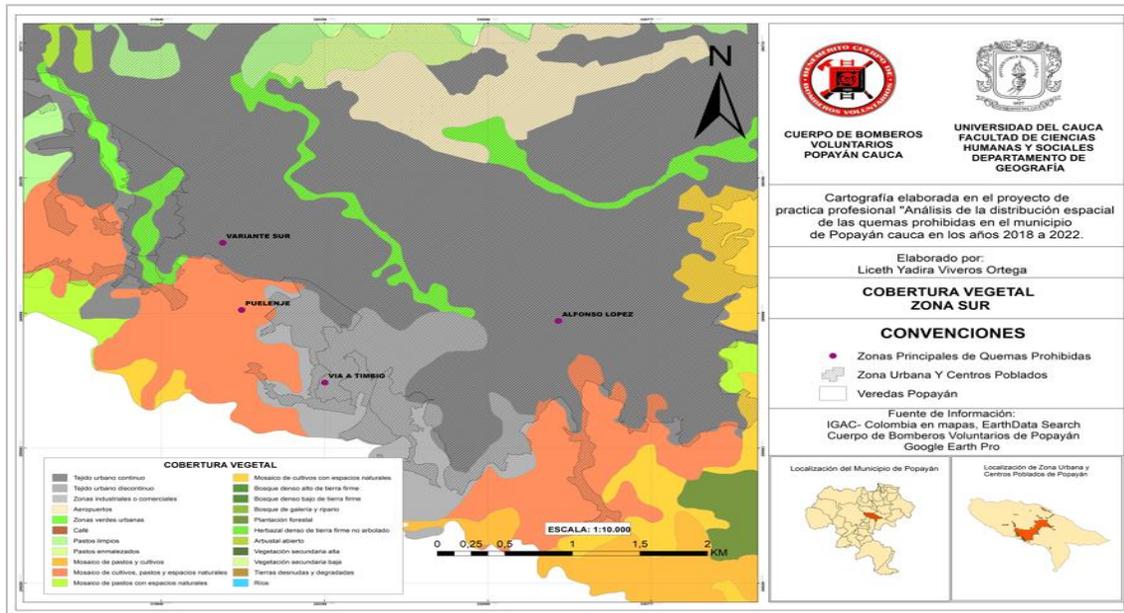
En general las zonas que no están dentro de la parte urbana afectan la vegetación de mosaico de cultivos, los cultivos de café, los pastizales y partes boscosas y espacios naturales, quedando estos lugares expuestos a frecuentes acontecimientos de quemadas prohibidas, ya sea de manera directa o indirecta, pero, de igual forma afecta la vegetación independientemente de su tipo.

Gráfico N°18. Ventana de observación Cobertura Vegetal. Zona Norte.



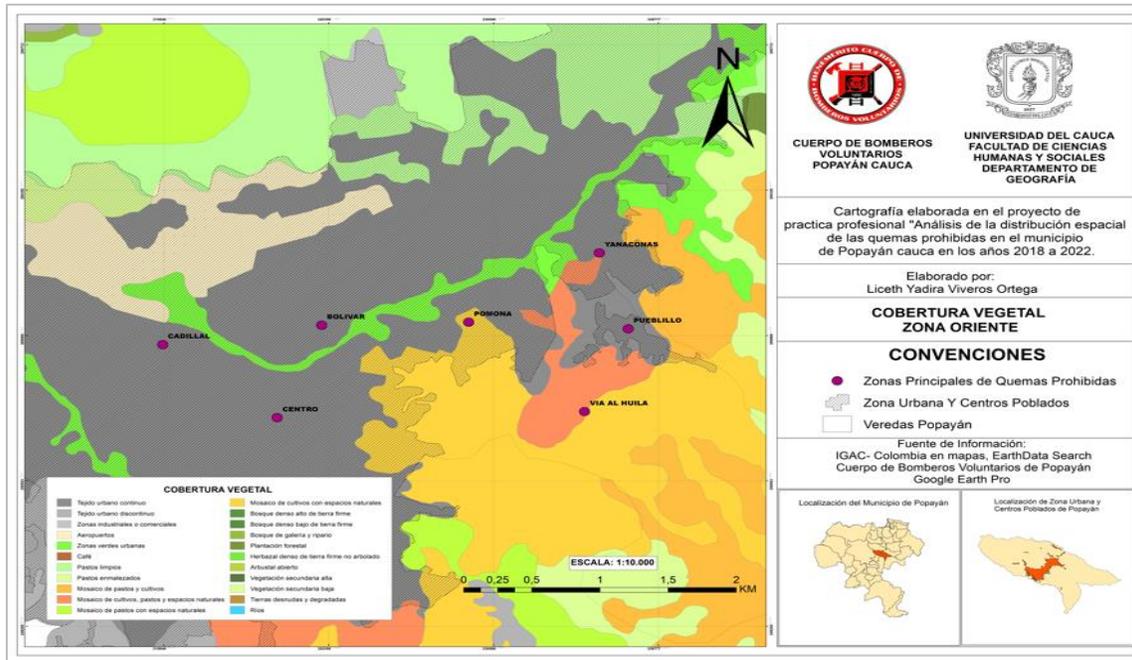
Elaboración propia, (2024)

Gráfico N°19. Ventana de observación Cobertura Vegetal. Zona Sur



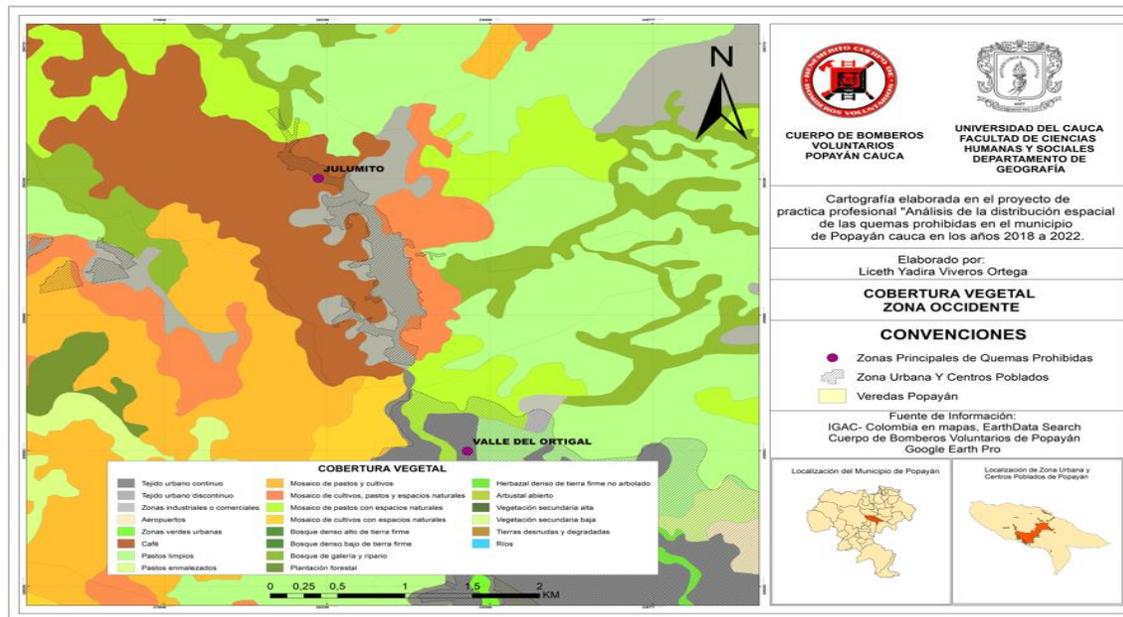
Elaboración propia, (2024)

Gráfico N°20. Ventana de observación Cobertura Vegetal. Zona Oriente.



Elaboración propia, (2024)

Gráfico N°21. Ventana de observación Cobertura Vegetal. Zona Occidente.



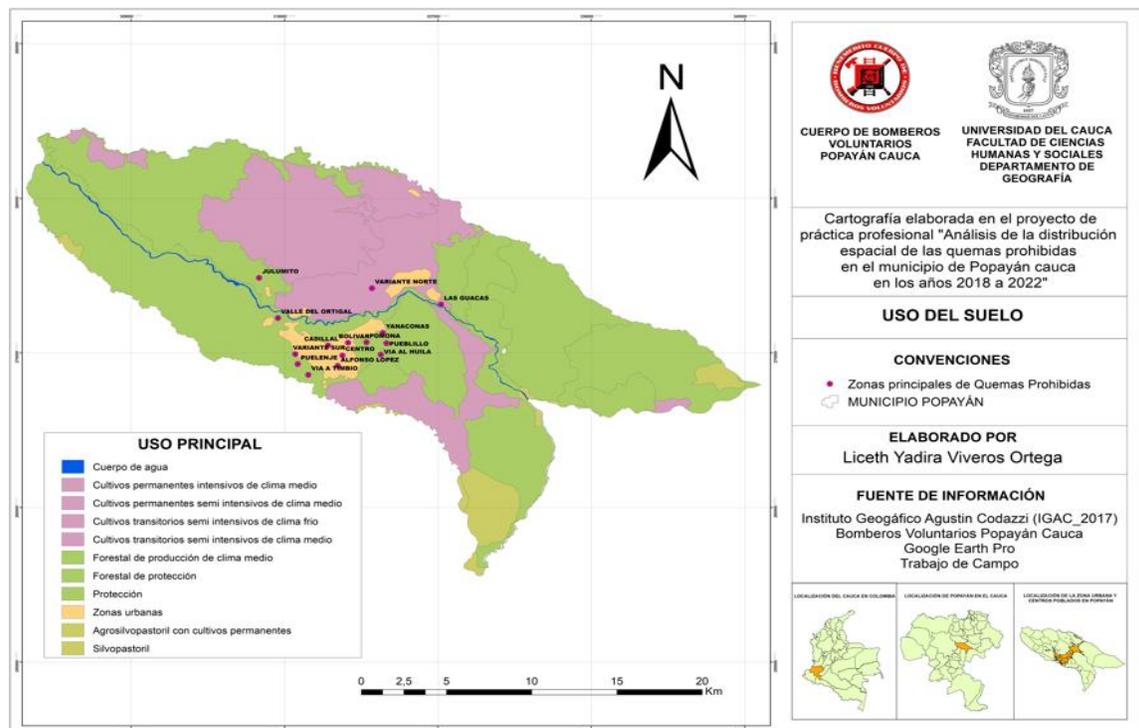
Elaboración propia, (2024)

## 7.7. Uso de Suelo

El uso de suelo se refiere a la manera en que las diferentes áreas de tierra son utilizadas por la población, incluyendo actividades o usos como: residencial, agrícola, comercial, industrial, recreativa y de esparcimiento, institucional y de conservación ambiental etc. El uso del suelo puede variar según las necesidades y demandas de la sociedad, así como también las características naturales y culturales de una región.

Este mapa se creó con el propósito de identificar como están distribuidas las quemas prohibidas dependiendo los distintos usos del suelo, para ello, es importante mencionar que en este caso se consideraron cinco tipos principales de usos del suelo, agroforestal, cuerpos de agua, forestal, zona urbana, y agrícola. IGAC, (2018); esto con el objetivo de identificar en que zonas se están presentando mayores quemas prohibidas en el municipio.

Mapa N° 9. Uso del suelo.



Fuente: elaboración propia, (2024).

Este mapa está dividido en los cinco principales usos del suelo mencionados anteriormente, y es importante destacar que cada uno de ellos contribuye significativamente al área total del mapa. En primer lugar, se puede observar que la mayor extensión del mapa está ocupada por el uso forestal, lo que indica la presencia predominante de bosques, selvas, áreas de conservación y plantaciones forestales en la mayor parte del municipio. Este hecho es altamente beneficioso para la biodiversidad, así como para la preservación y suministro de servicios ecosistémicos.

Dentro de este tipo de uso de suelo están ubicados Julumito, Valle del Ortigal, Las Guacas, Pueblillo, Vía al Huila, Pomona, Vía a Timbío y Puelenje; teniendo influencia directa en el área forestal del municipio. Es importante mencionar que tanto Pomona, Julumito, Valle del ortigal, Las Guacas y Variante Sur, tienen una gran influencia en la zona urbana.

Seguido, se encuentran las áreas agrícolas, que comprenden tierras destinadas a cultivos alimenticios, así como a cultivos no alimenticios y otros productos. Esta variedad está determinada por factores como el tipo de suelo, el clima y la disponibilidad de agua, entre otros. Estas áreas abarcan una amplia gama de cultivos y contribuyen significativamente a la seguridad alimentaria y a la economía de muchas familias.

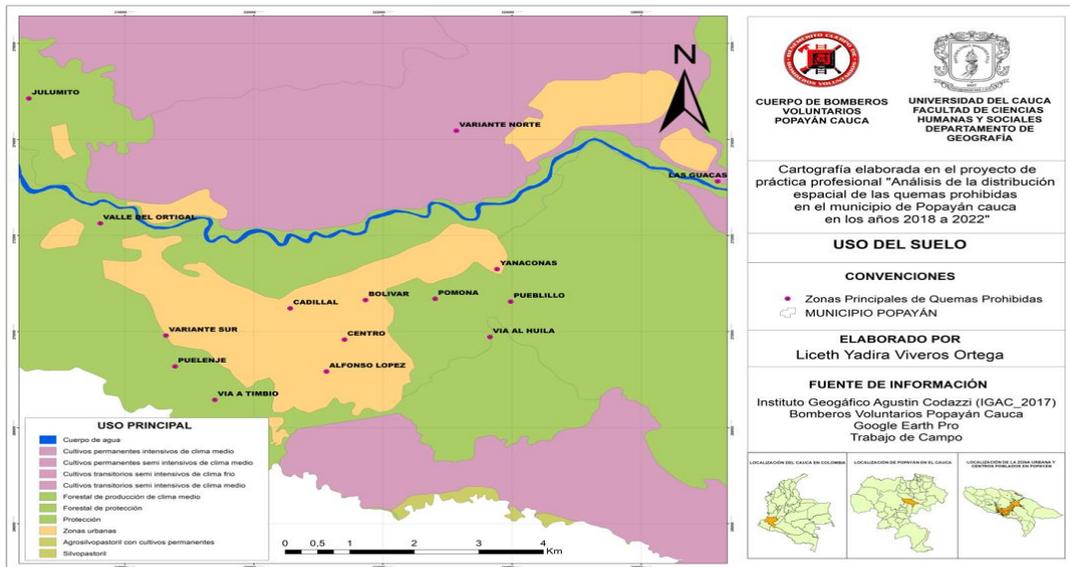
En este tipo de uso del suelo se encuentran zonas como la Variante Norte y una parte de Las Guacas. Aquí, se establecen diversas relaciones con la tierra y los métodos de producción, ya sea agrícola, ganadera o industrial. En cuanto a las áreas Agroforestales, es donde se integra tanto la agricultura y la silvicultura, es decir se cultivan árboles, cultivos agrícolas y/o ganado en la misma área, combinando elementos de la producción agrícola y forestal aprovechando así los beneficios de ambos sistemas.

Siguiendo este orden, esta el uso de suelo urbano, vinculando zonas de quemas como Variante Sur, Cadillal, Bolívar, Centro y Alfonso López, donde las quemas se han presentado dentro de suelo urbano. Este tipo de uso del suelo se caracteriza por la presencia de edificaciones, infraestructura, actividades comerciales, residenciales e industriales concentradas densamente; estas zonas están destinadas para el desarrollo humano y las actividades urbanas.

Por último, está la presencia de los cuerpos de agua, (ríos, afluentes, lagunas etc.) que indica el abastecimiento, la agricultura y la diversidad de especies tanto flora como fauna que hacen de este un municipio con alta biodiversidad.

Finalmente, queda decir que la mayor cantidad de quemas prohibidas se presentó en el uso de suelo forestal, seguido la zona urbana; esto afecta en su gran mayoría a los suelos de protección y posibles actividades urbanas.

Gráfico N°22. Ventana de observación Uso del suelo.



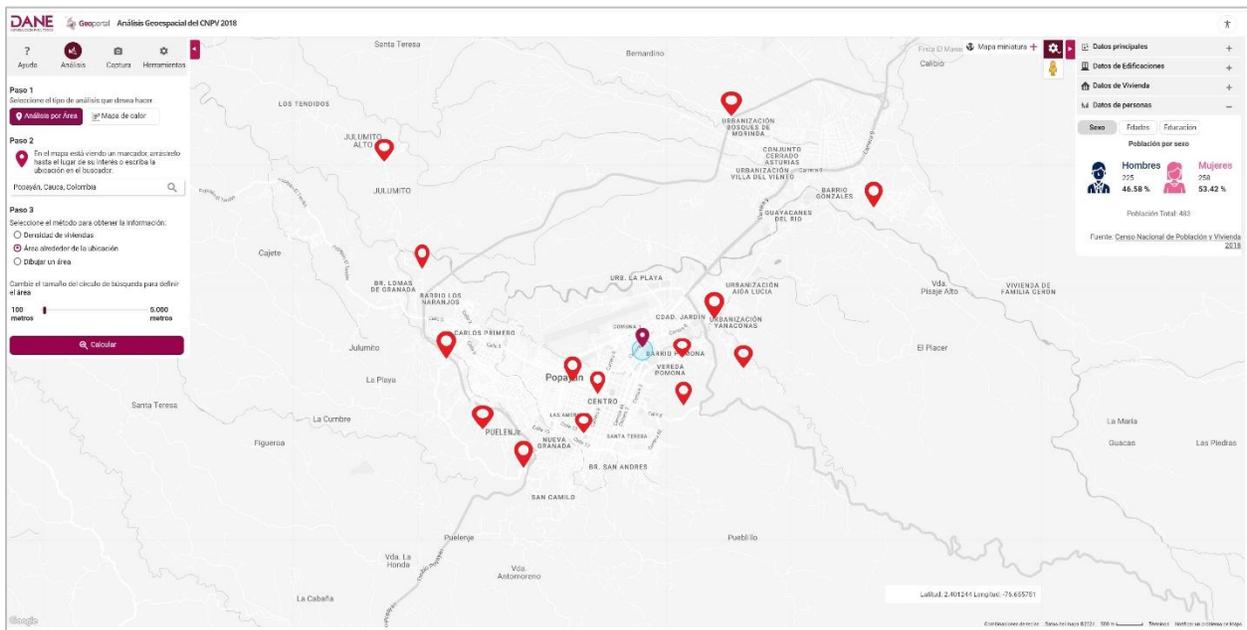
Fuente: elaboración propia, (2024).

## 7.8. Población afectada con un área de influencia de 200 metros alrededor de cada zona principal de Quema Prohibida.

Al igual que las quemas prohibidas tienen un gran impacto en el medio ambiente y los ecosistemas, también dejan secuelas significativas en la población. Por lo tanto, es crucial entender cómo la población ha sido posiblemente afectada por la ocurrencia continua de estas quemas.

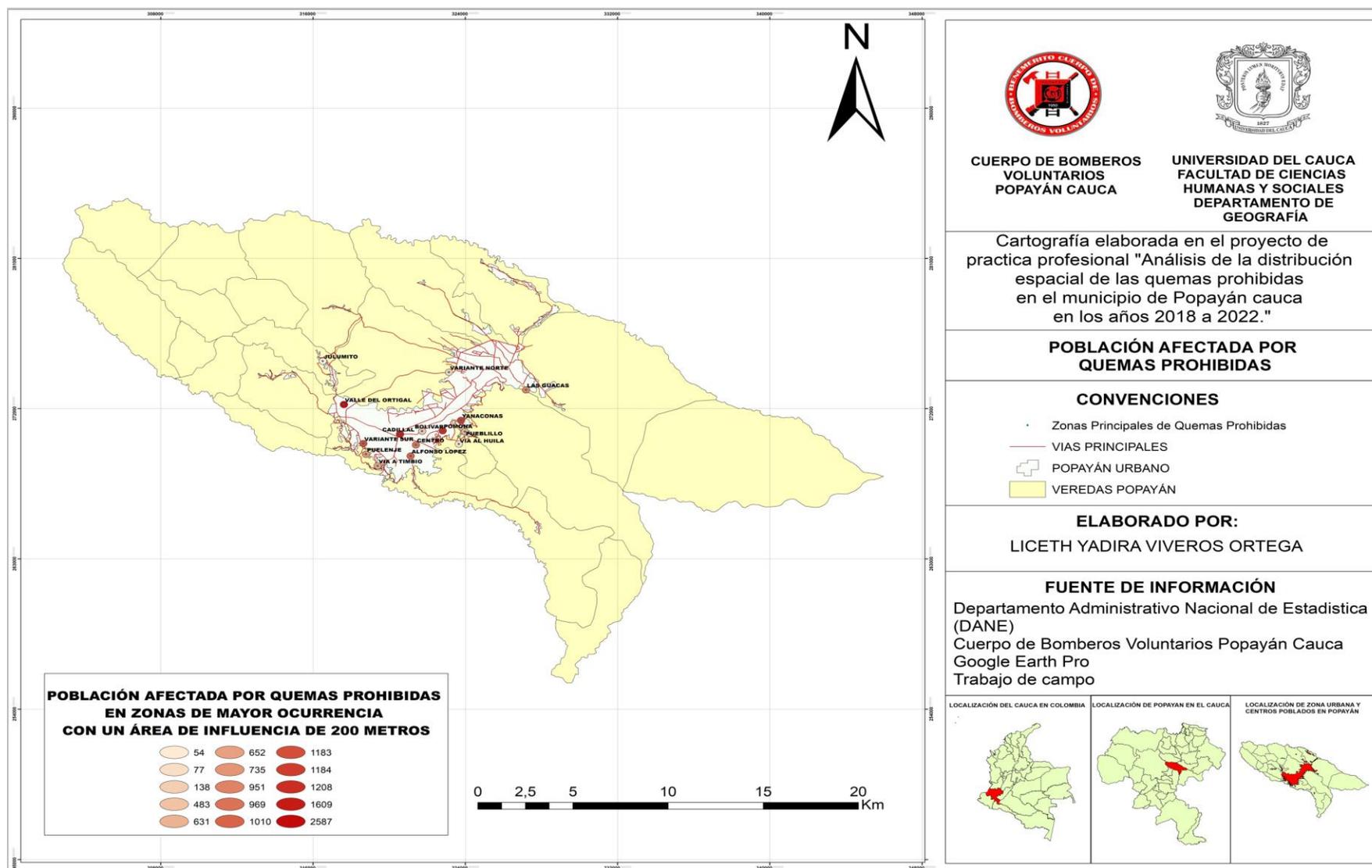
Para identificar la población afectada se recurre al Geovisor del DANE y de esta manera se calcula un aproximado de las personas afectadas de alguna forma; esto se realizó utilizando un radio de 200 metros para cada una de las zonas principales de quemas prohibidas.

*Imagen N° 6. Población Afectada por zonas principales de quemas prohibidas.*



*Fuente: DANE, (2018)*

Mapa N° 10. Población afectada por Quemas Prohibidas



Fuente: elaboración propia, (2024)

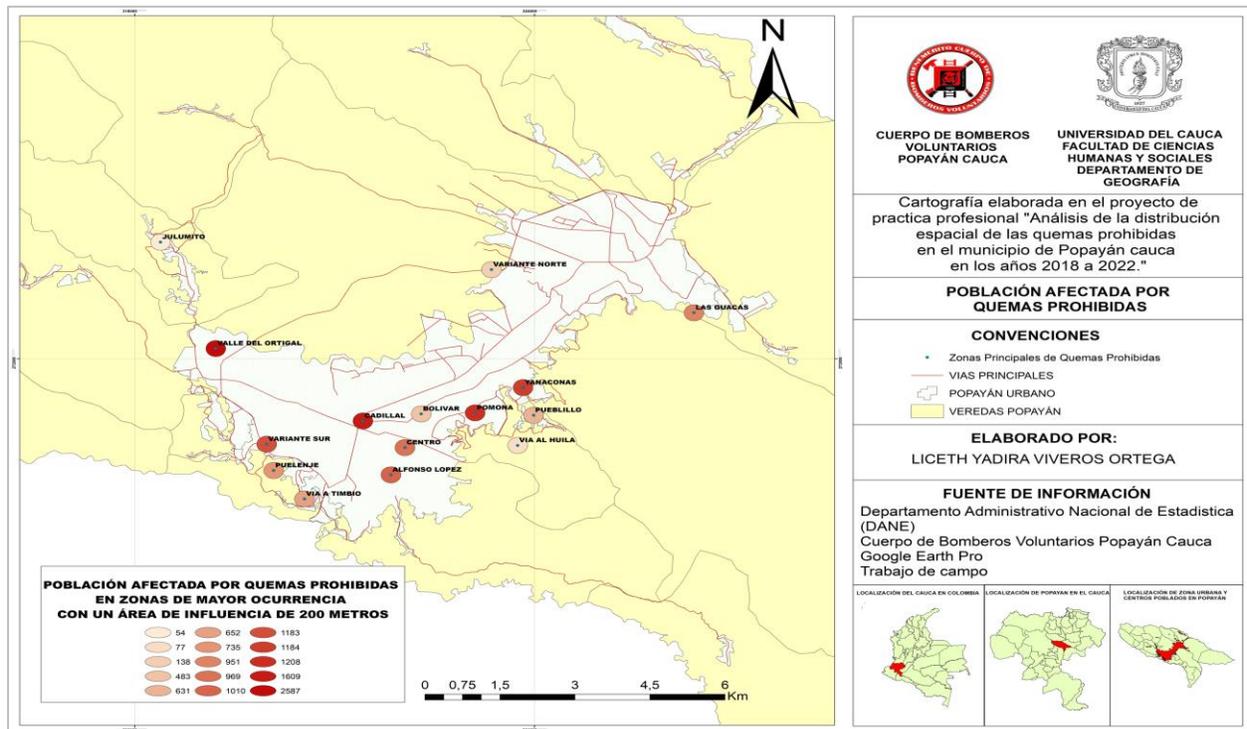
Aquí se muestran las 15 zonas principales de quemas prohibidas, y su área de influencia de 200 metros. Para comprender el mapa, es importante tener en cuenta que cada área representa un punto dentro de las zonas principales de quemas. Dentro del radio de 200 metros se encuentran las familias o personas que han sido afectadas de alguna manera por las quemas, así como aquellas personas que podrían estar relacionadas con la iniciación de quemas en algún momento.

La zona con una gran cantidad de población afectada es la zona de Valle del Ortigal, con un total de 2.587 personas, en segundo lugar, se encuentra Cadillal con 1.609 personas, luego Pomona con 1.208, después Yanaconas y Variante Sur con 1.184 y 1.183 respectivamente, todas han sido afectadas por las quemas continuas.

De otro modo, las zonas con menor cantidad de personas afectadas se encuentran, Variante Norte con 138 personas, seguido Vía al Huila con 77 y por último Julumito con 54, siendo la zona con menores personas afectadas por estos eventos.

Cabe mencionar, que, al juntar el norte, Sur, Oriente y occidente, del área trabajada, la población que se ha visto más afectada es la del Oriente, con un total de 6.161 personas, esto también tiene mucho que ver con su gran cantidad de quemas que ha registrado en los 5 años trabajados, además de la alta concentración de habitantes. Seguido de esto, se encuentra el Sur con un total de 3.580 personas afectadas, luego está Occidente con 2.641 y por último con menores personas afectadas se encuentra Norte con 1.089 personas.

Gráfico N°23. Ventana de observación Población afectada por Quemadas Prohibidas.

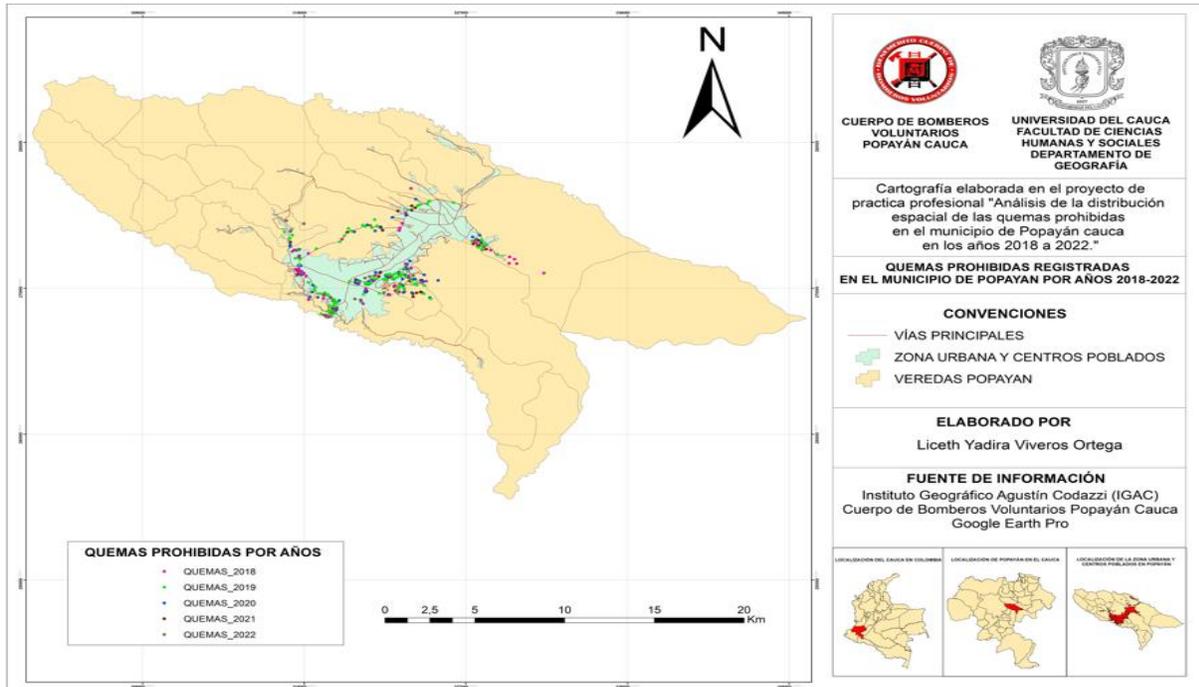


Fuente: elaboración propia, (2024)

## 7.9. Mapa de Quemadas por años

El Mapa de quemadas prohibidas ocurridas durante 2018 a 2022, muestra la ubicación de los eventos ocurridos, mediante la concentración de los puntos muestra en que zona se han presentado mayores quemadas a lo largo de los cinco años.

Mapa N°11. Total, Quemas Prohibidas 2018-2022



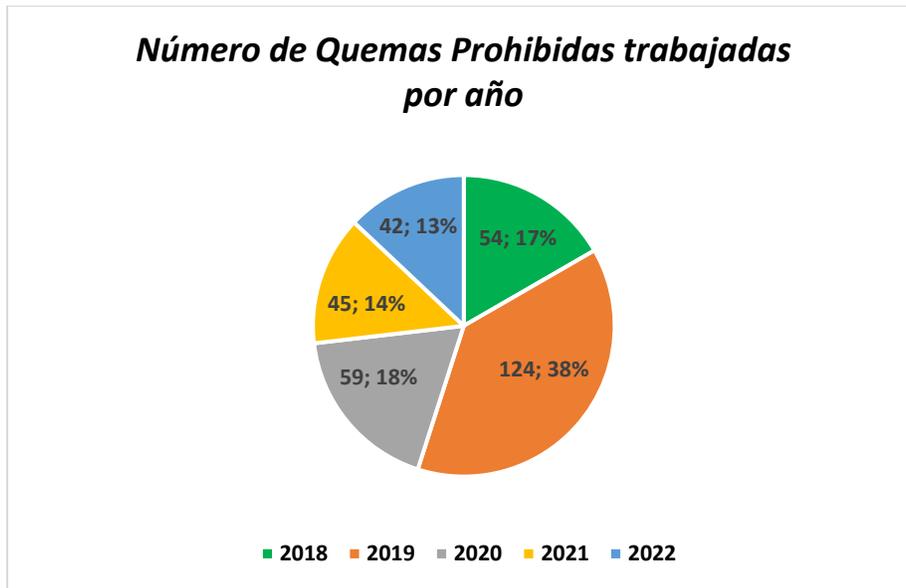
Elaboración propia, (2024)

Como se observa en el mapa, las mayores quemas se presentaron en la zona oriente, puesto que tiene mayor concentración de puntos, seguido está la zona sur, luego la zona norte y por último la zona de occidente.

Según el mapa de cobertura vegetal, muestra que la mayoría de las quemas se están realizando en tejido urbano continuo, discontinuo, Mosaico de cultivos con espacios naturales, mosaico de cultivos, pastizales y espacios naturales. Además, según el mapa de usos del suelo, se está afectando el suelo forestal de producción de clima medio, forestal de protección, suelos de protección y las zonas urbanas del municipio.

Para entender los mapas de quemas por años, se sitúa en el grafico N° 3, las quemas prohibidas que fueron trabajadas por años.

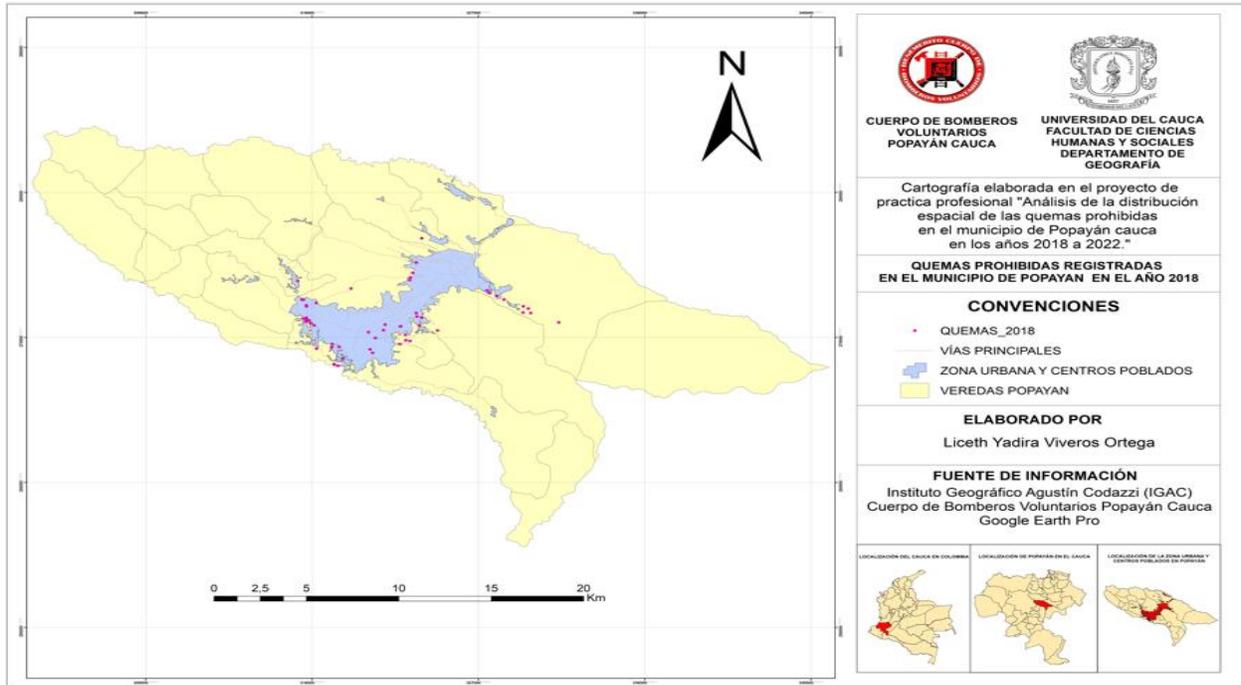
Gráfico N° 24. Quemadas prohibidas trabajadas por año.



*Elaboración propia, (2024).*

Como se puede observar en el gráfico, para cada año se presentan un total de quemadas, ello se verá reflejado en los mapas siguientes, los cuales fueron realizados teniendo en cuenta el total de las quemadas por año. Estos mapas han sido elaborados considerando el total de quemadas por año e incluyen capas de división territorial del municipio, zonas urbanas y centros poblados, así como vías principales, y la capa tipo punto de quemadas para su año correspondiente.

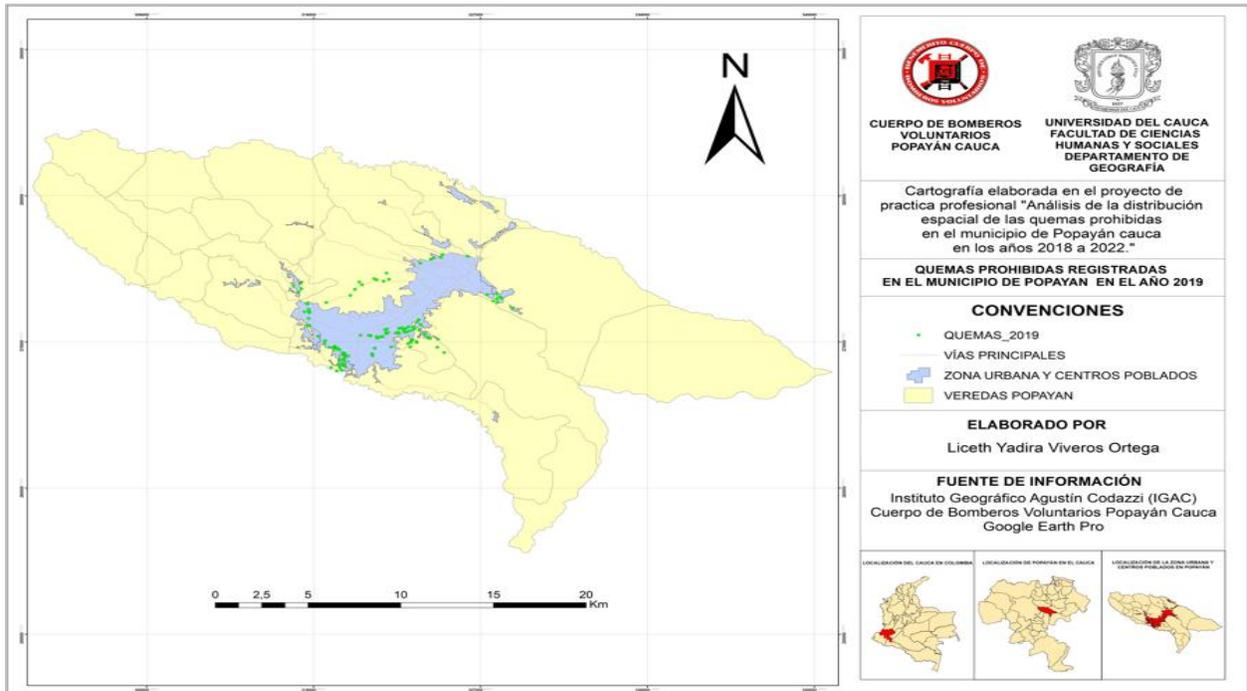
## Mapa N°12: Quemas Prohibidas 2018



Elaboración propia, (2024)

En el mapa anterior se muestran las quemas ocurridas en el año 2018, de un total de 324 eventos analizados en este proyecto, aproximadamente 54 ocurrieron durante ese año. Además, se observa una densidad de puntos hacia el sur del área analizada, lo que indica que fue donde presentó mayores quemas en este año.

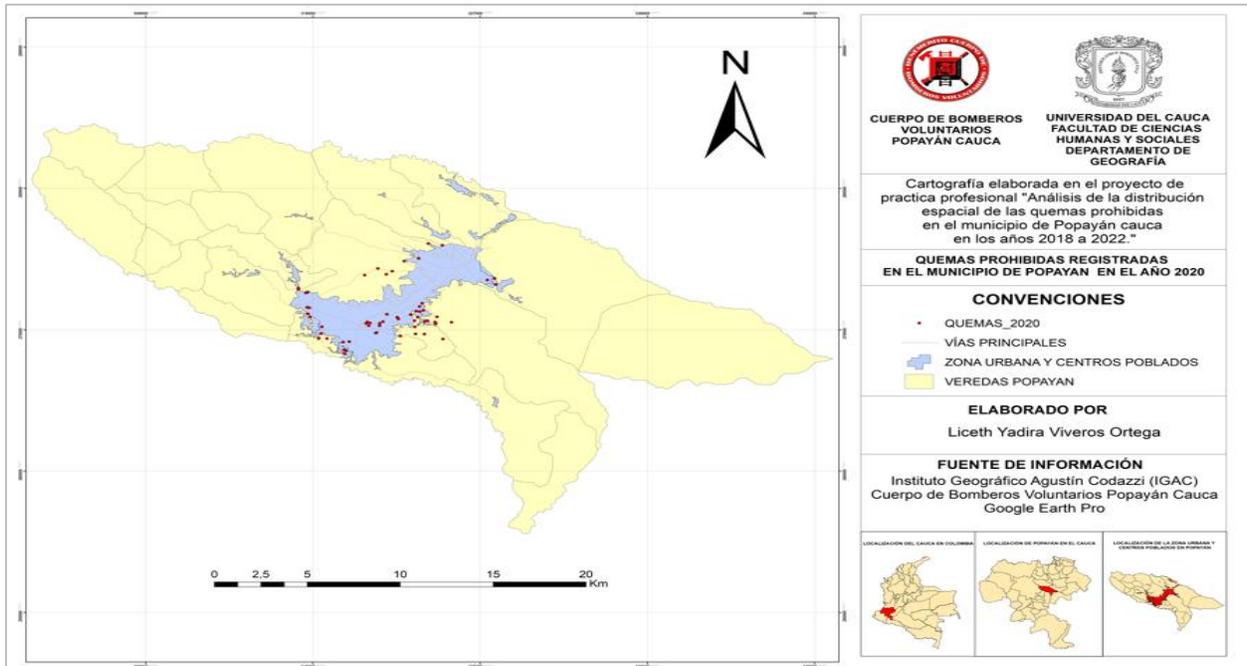
## Mapa N°13. Quemadas Prohibidas 2019



Elaboración propia, (2024)

Durante el año 2019, se registraron un total de 124 quemadas, representadas en el mapa por puntos de color verde limón. Se destaca que este año se caracterizó por una mayor cantidad de eventos de quemadas en comparación con otros años, lo que suscita interrogantes sobre las posibles causas de esta tendencia. Además, el mapa revela que la mayor concentración de eventos ocurrió hacia el oriente del municipio, sugiriendo una mayor incidencia de quemadas prohibidas en esta área.

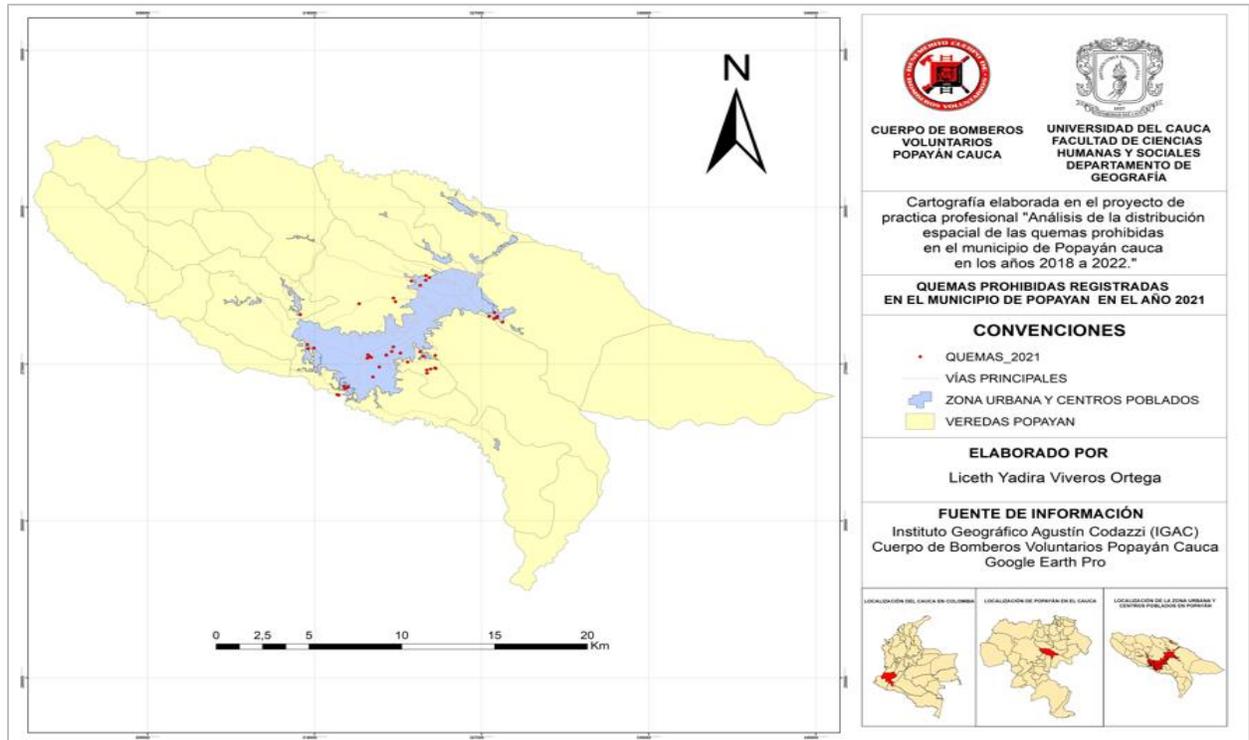
## Mapa N°14. Quemadas Prohibidas 2020



Elaboración propia, (2024)

En el año 2020, se registraron un total de 59 quemadas prohibidas, representadas en el mapa con un color café. Este año se destaca como el segundo con mayor cantidad de eventos de quemadas registradas en comparación con otros años. Se observa que la distribución de los siniestros se concentra hacia el oriente de la ciudad, siendo notable una mayor densidad de puntos a simple vista en esta área.

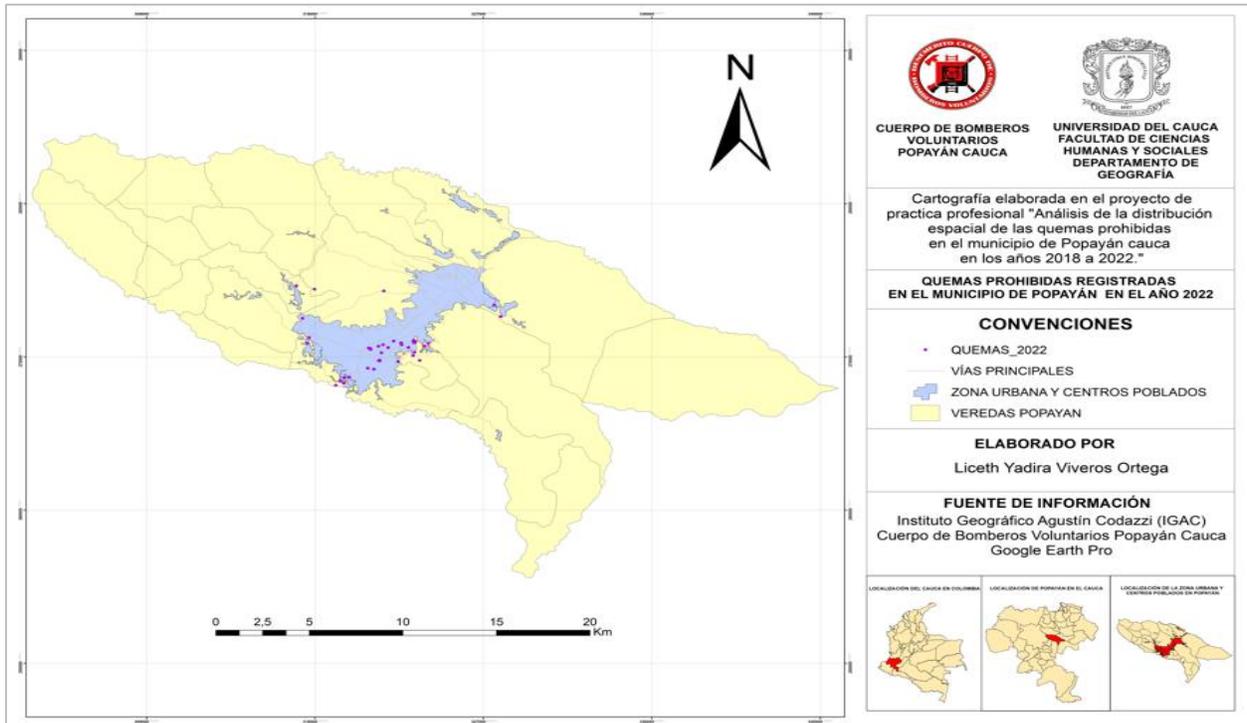
## Mapa N°15: Quemas Prohibidas 2021



Elaboración propia, (2024)

Este mapa muestra con color rojo el número de quemas prohibidas, con un total de 45 incidentes registrados. La mayoría de estos se concentran hacia el oriente de la ciudad. Es notable que, en comparación con otros años, el número de eventos de quemas fue menor.

Mapa N°16: Quemas Prohibidas 2022



Elaboración propia, (2024)

El mapa representa el número de quemas ocurridas en el año 2022, identificadas con un color violeta, sumando un total de 42 registros. Este año se caracteriza por tener menos eventos en comparación con los otros cuatro años analizados. Además, se observa una concentración de puntos hacia el oriente del área estudiada, lo que explica su distribución en el mapa.

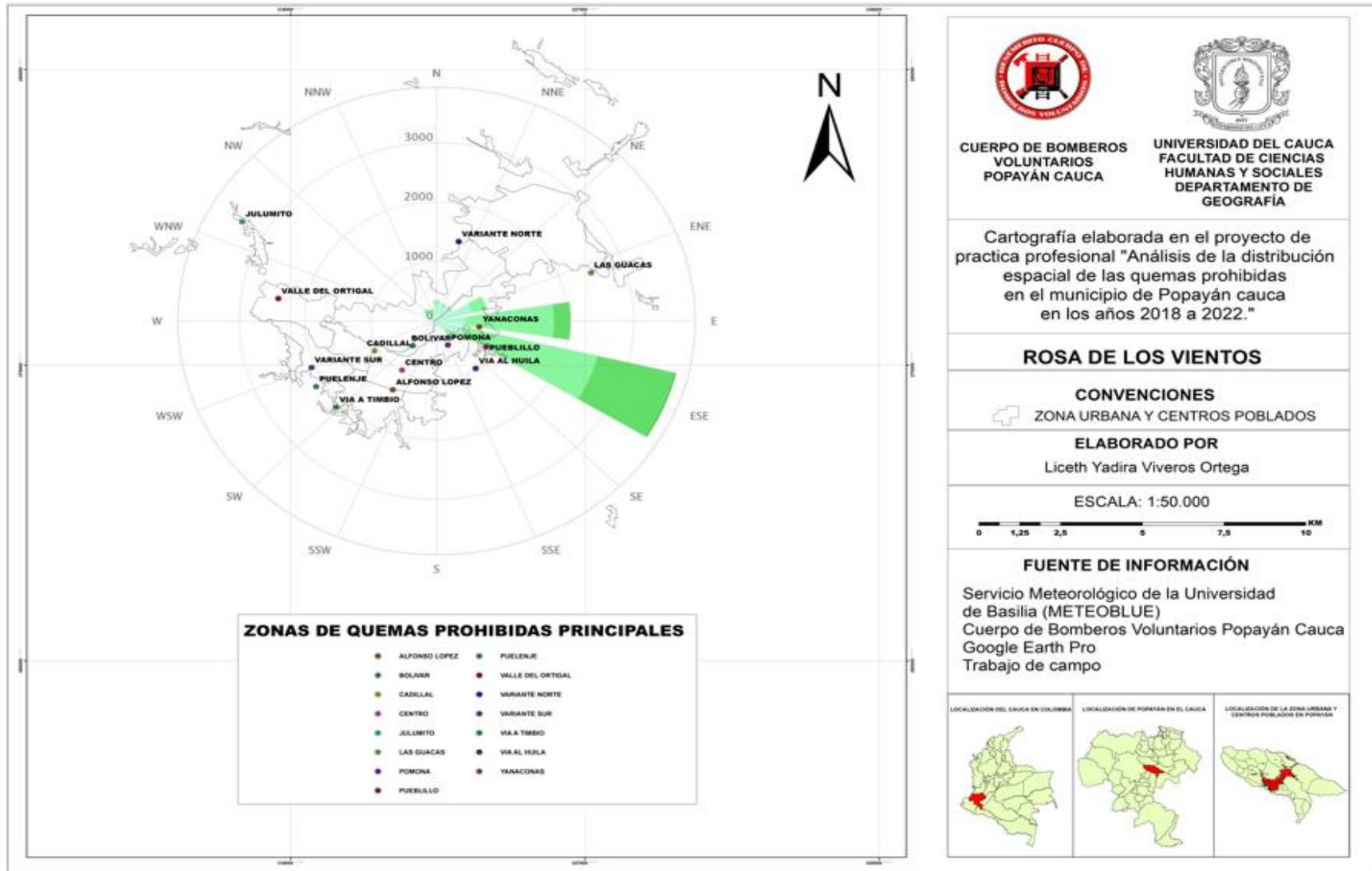
Finalmente, como ya se mencionó en cada mapa de quema por año, el año con mayores registros fue 2019, con un total de 124 registros de quemas de los 324 eventos trabajados en los 5 años; seguido esta 2020, con un total de 59 eventos, y por último 2022 que es el año con menores registros de quemas prohibidas, con 42 reportes de eventos. El patrón de distribución muestra que hacia el oriente del área estudiada es donde se presentaron mayores eventos, lo que implica una concentración importante de quemas prohibidas.

## **7.10. Rosa de los Vientos**

El mapa de rosa de los vientos es una representación que muestra la dirección predominante del viento en una determinada área geográfica, ayudando a entender las direcciones de los vientos en una región. Este mapa muestra la dirección del viento en el municipio, esto ayuda a entender porque una quema puede llegar a convertirse en un incendio forestal e incluso estructural.

Para la elaboración de este mapa, se tomaron datos generales de la plataforma METEOBLUE, este servicio meteorológico facilito información sobre la dirección del viento para Popayán Cauca y su descarga mediante una imagen de rosa de los vientos. Para la elaboración del mapa, se insertó la imagen en ArcGIS y posteriormente se sobrepusieron en el mismo programa las capas de zonas urbanas y centros poblados y la capa tipo punto de las principales zonas de quemas prohibidas presentadas.

Mapa N° 17. Rosa de los Vientos



Elaboración propia, (2024)

Según el mapa de Rosa de los Vientos y la información de la Plataforma METEOBLUE, la dirección del viento para Popayán es del Oeste hacia el Este, si el viento sopla desde el Oeste hacia el Este, el humo generado por las quemas prohibidas y las llamas de estas, tenderán a moverse en la misma dirección del viento, siendo de occidente hacia el oriente.

La dirección del viento puede llegar a significar que, en muchas ocasiones las quemas que se presenten en las zonas del occidente como lo es Julumito y Valle del ortigal, pueden llegar a convertirse en un incendio forestal o estructural si el viento está soplando con gran intensidad en la dirección mencionada; además, las zonas de oriente pueden verse afectadas por el humo si la quema prohibida llegase a convertirse en un incendio.

Algunas zonas del oriente como Vía al Huila, Pueblillo, y Pomona, pueden también verse propensas a que una quema pueda llegar a convertirse en un incendio forestal por la dirección del viento.

Es crucial resaltar que una quema prohibida puede desencadenar un incendio si las condiciones ambientales son propicias y favorables; por ello, cuando intervienen factores como la intervención humana para iniciar la quema, además, de la disponibilidad de combustibles como vegetación seca y matorrales, así como la velocidad y dirección del viento favorables, se corre el riesgo de que una quema se transforme en un incendio, generando consecuencias devastadoras.

Es relevante tener en cuenta que la presencia de barreras naturales en las zonas donde se realizan estas quemas prohibidas puede jugar un papel crucial en la prevención de su propagación hacia un incendio. Las barreras naturales impiden la expansión de la quema, reduciendo significativamente los riesgos de pérdida de biodiversidad en la fauna, flora y cultivos del lugar.

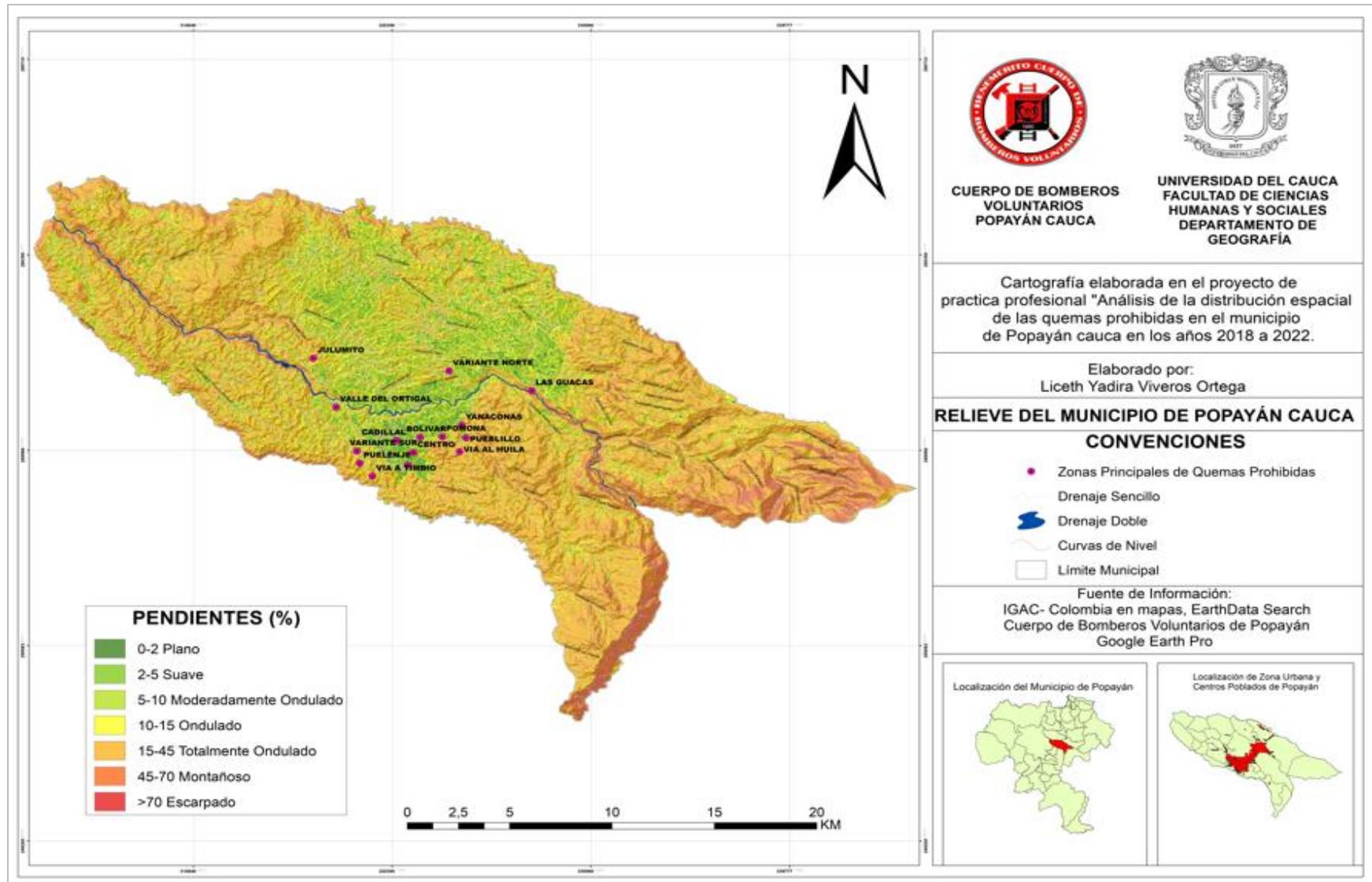
### **7.11. Relieve**

Se refiere a las características topográficas o las estructuras físicas de la superficie terrestre en un área determinada. Estas características incluyen elevaciones, depresiones, montañas, valles, llanuras, mesetas, cañones, y otras formas de relieve que definen la morfología del paisaje. El relieve es el resultado de procesos geológicos, como la erosión, la sedimentación, el levantamiento tectónico, la actividad volcánica y otros fenómenos que han dado forma a la superficie de la tierra a lo largo del tiempo geológico.

Este mapa de relieve, junto con la capa tipo punto de las principales zonas de quemas prohibidas superpuesta, muestra como están distribuidas cada una de las quemas en diferentes altitudes de terreno (pendientes).

Las pendientes del terreno se han clasificado en siete categorías: planas, suaves, moderadamente onduladas, onduladas, totalmente onduladas, montañosas y escarpadas, representando diferentes grados de inclinación del terreno.

Mapa N° 18. Relieve de Popayán, Cauca



Elaboración propia, (2024)

Primeramente, se pudo identificar que las pendientes de menor tamaño, es decir, las planas ocupan una parte significativa en el municipio, y dentro de esta pendiente se encuentran algunas zonas principales de quemas prohibidas como: Cadillal, Bolívar, Yanaconas, Alfonso López, Centro, y Valle del Ortigal, estando localizadas en la zona urbana del municipio.

Seguido de esto, están las zonas de Pomona, Pueblillo, Variante Norte, Las Guacas, Variante Sur, Puelenje, Julumito, Vía al Huila y Vía a Timbío, que la mayoría de las quemas prohibidas de estas zonas, se han registrado en pendientes con terrenos moderadamente ondulado, ondulado, totalmente ondulado y una pequeña cantidad en montañosos y escarpados. Según lo anterior, estas zonas estarían propensas a que una quema se convierta en un incendio forestal, puesto que las condiciones del lugar favorecen las ocurrencias de incendios, debido a que presentan abundante cobertura vegetal, y además también son suelos que se utilizan para la producción de cultivos.

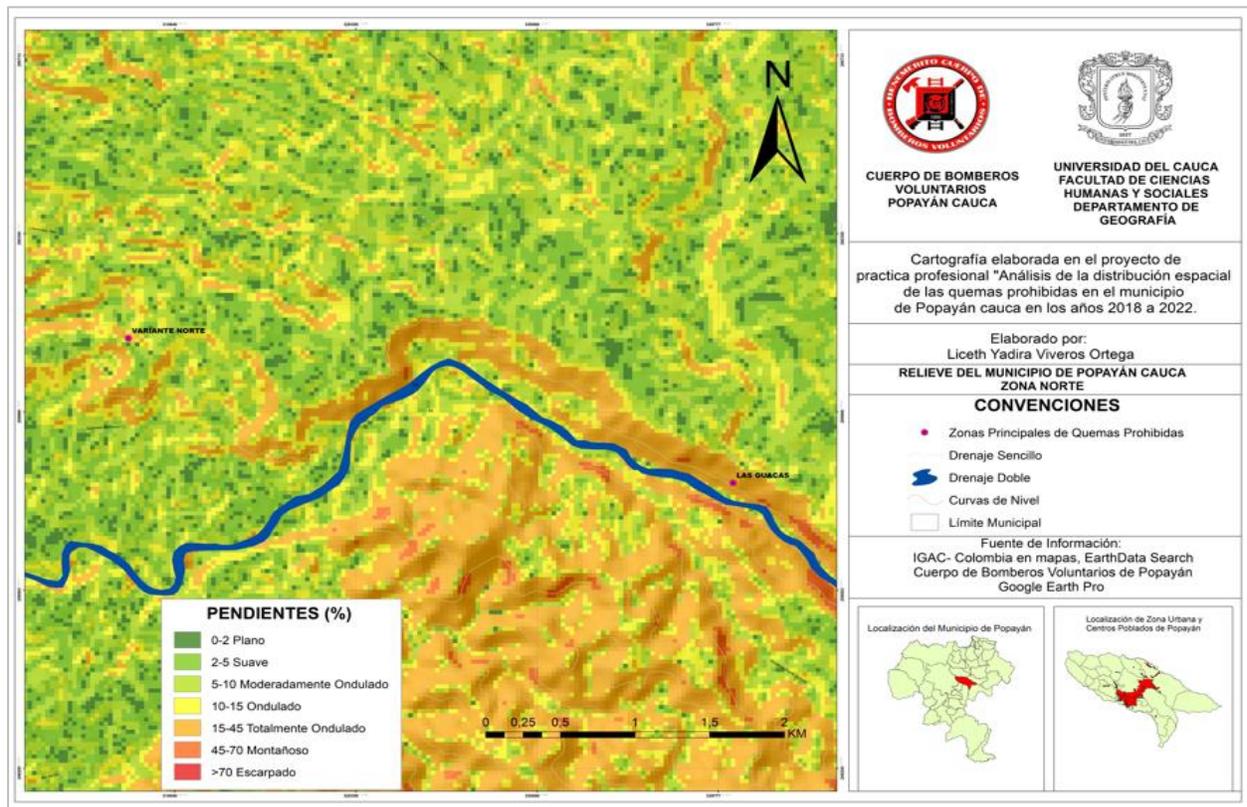
No se puede decir con exactitud si un terreno con pendientes planas está más propenso a que una Quema prohibida se convierta en un incendio forestal, porque son condiciones diferentes, debido a que, en las planicies, la vegetación puede variar desde pastizales abiertos hasta bosques dispersos, también se pueden encontrar áreas con pastizales, vegetación seca donde el viento puede contribuir a la propagación rápida de incendios. Además, las planicies suelen estar más expuestas a vientos fuertes y constantes, lo que puede acelerar la propagación del fuego a través de la vegetación.

Por otro lado, en las pendientes onduladas y montañosas la vegetación tiende a ser más densa en ciertas áreas, especialmente en las laderas donde la humedad y la sombra pueden favorecer el crecimiento de árboles y arbustos. Estas pendientes pueden facilitar la propagación del fuego debido a la rapidez con la que el calor y las llamas pueden ascender por las laderas.

Aunque, en las zonas onduladas y montañosas también pueden existir zonas rocosas y escarpadas que lleguen a actuar como barreras naturales al fuego y limitar su propagación.

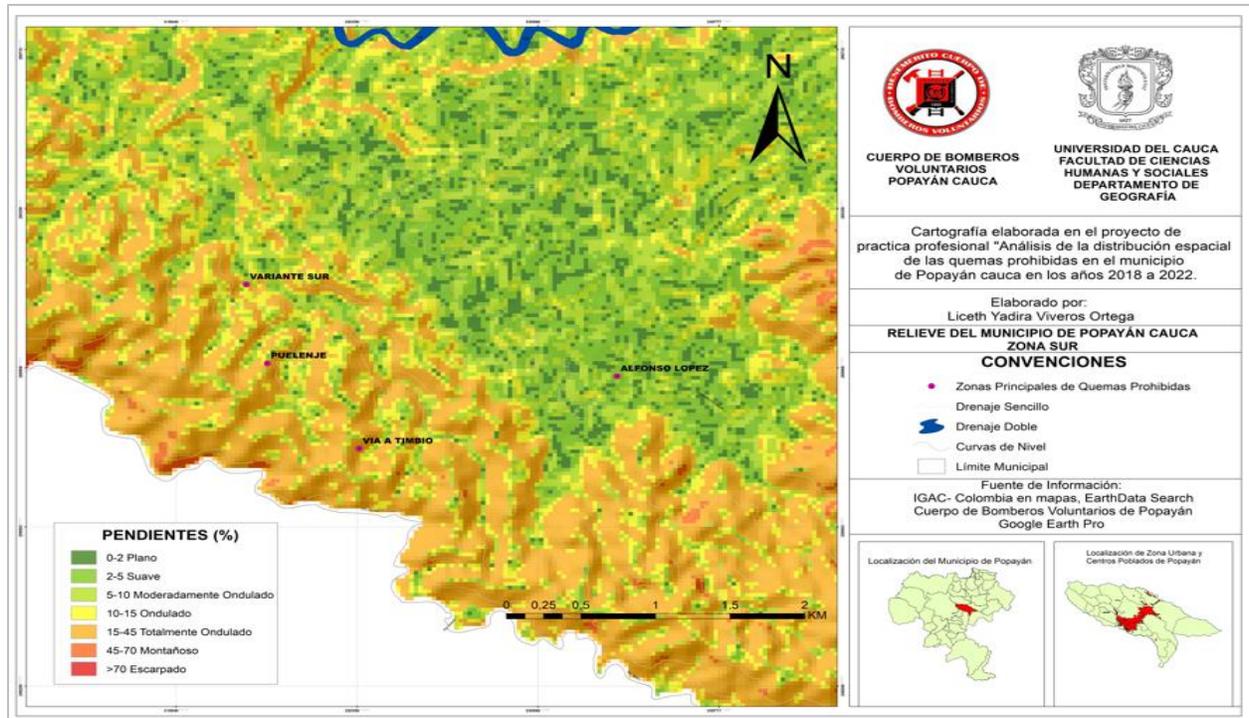
En pocas palabras, tanto las pendientes onduladas, montañosas, así como las planicies pueden ser propensas a la propagación de quemas; las condiciones específicas del terreno, la vegetación y el clima influyen en la probabilidad y la velocidad de propagación del fuego en cada tipo de paisaje.

*Gráfico N°25. Ventana de observación Relieve Popayán, Cauca. Zona Norte.*



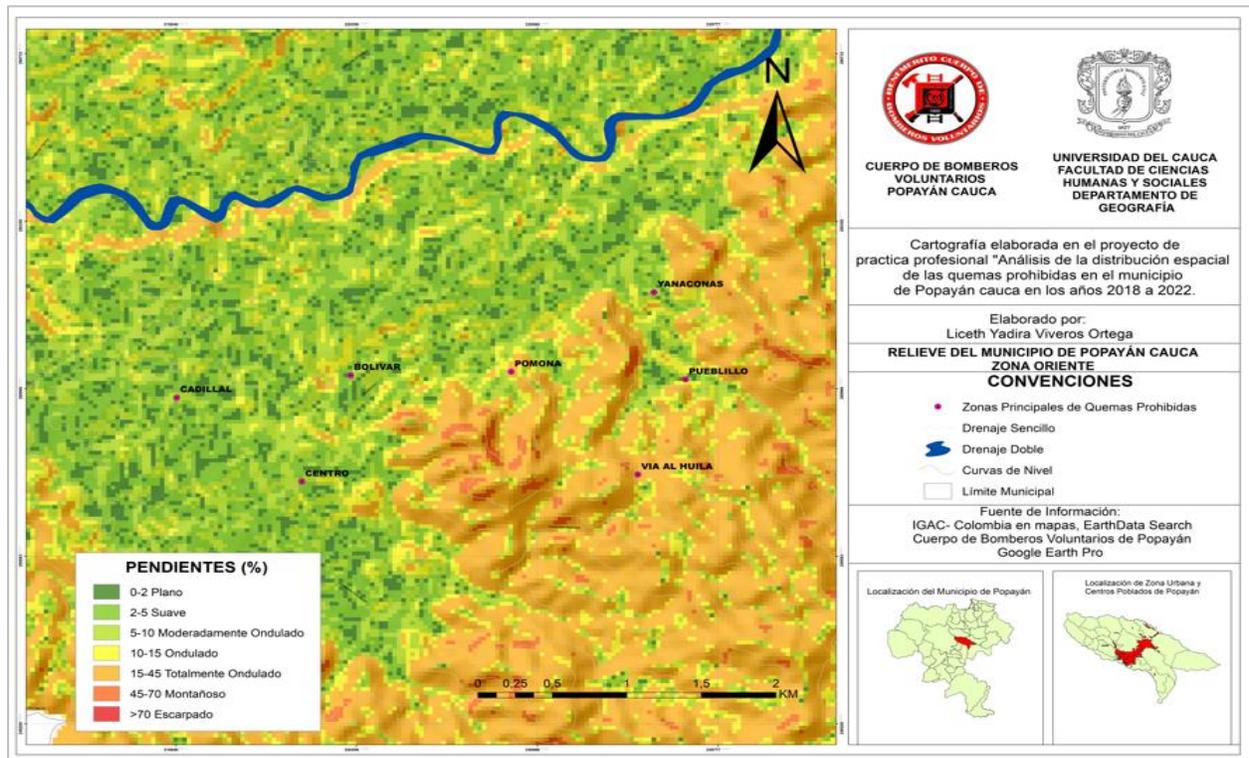
*Elaboración propia, (2024)*

*Gráfico N°26. Ventana de observación Relieve Popayán, Cauca. Zona Sur.*



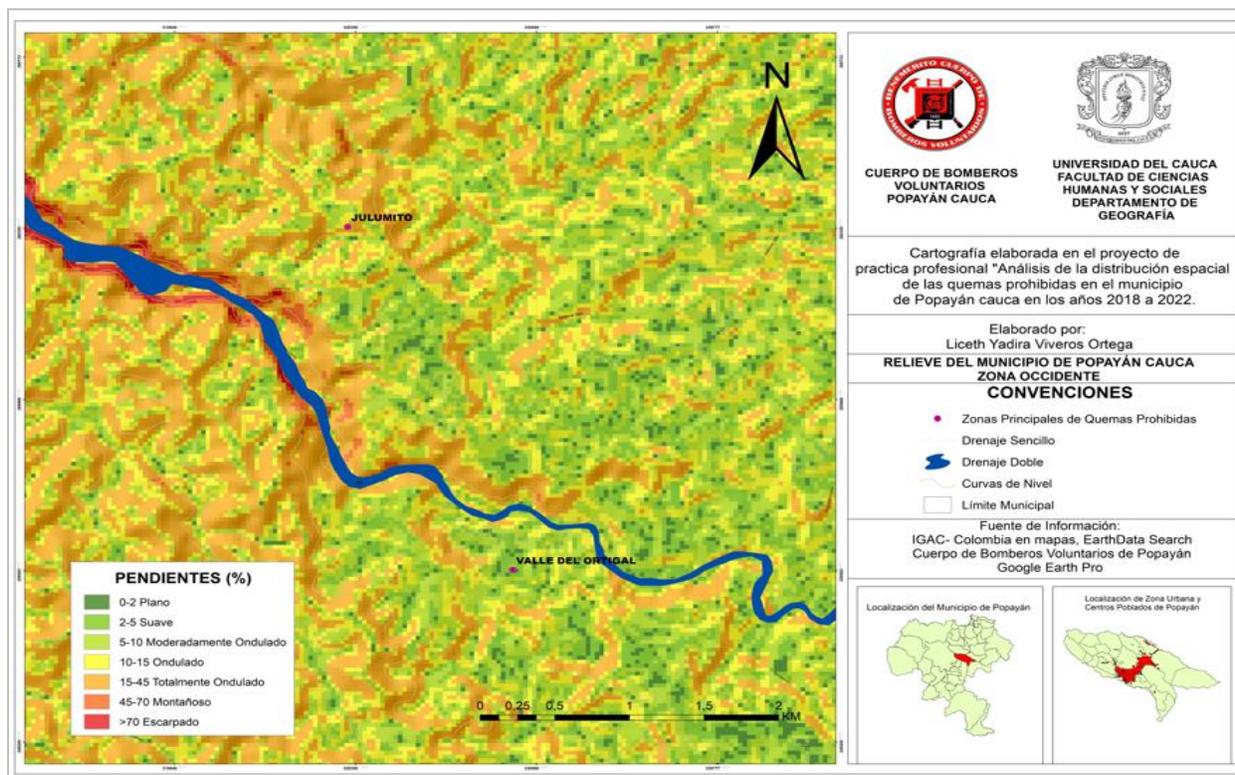
*Elaboración propia, (2024)*

*Gráfico N°27. Ventana de observación Relieve Popayán, Cauca. Zona Oriente.*



*Elaboración propia, (2024)*

Gráfico N°28. Ventana de observación Relieve Popayán, Cauca. Zona Occidente.



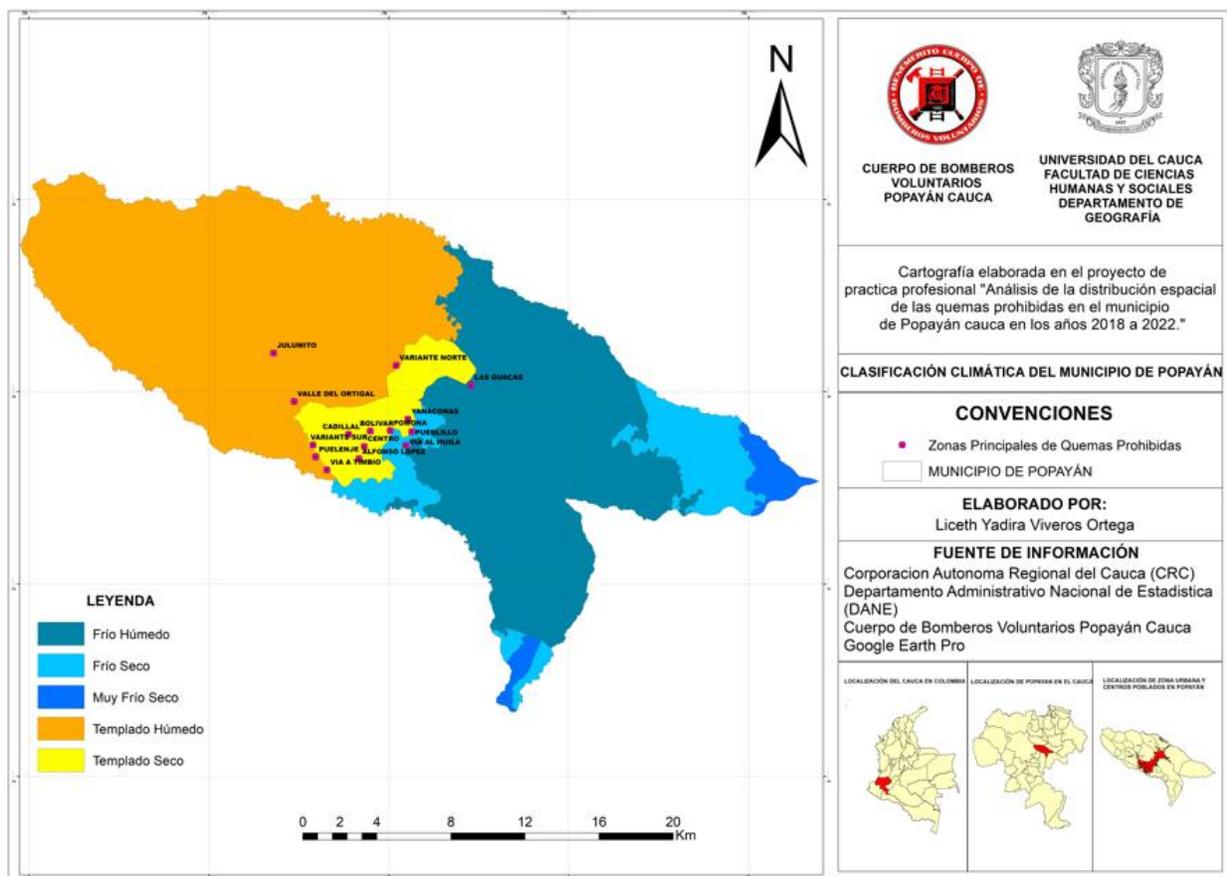
Elaboración propia, (2024)

## 7.12. Clima

El clima de un municipio se determina por su ubicación geográfica, altitud, proximidad al mar u otros cuerpos de agua, así como por otros factores geográficos y meteorológicos. El clima se puede dividir en varias categorías amplias, como tropical, templado, árido, continental, polar, etc., y estas categorías se pueden subdividir según las características climáticas de una región en particular.

El mapa de clima del municipio de Popayán Cauca (CRC, 2018), con la sobreposición de la capa tipo punto de zonas principales de Quemadas prohibidas, muestra las diferentes condiciones climáticas que tiene el municipio, y también muestra cómo están distribuidas las Quemadas a nivel del clima. Es importante mencionar que se utilizaron cinco categorías, para esta clasificación, clima frío húmedo, frío seco, muy frío seco, templado húmedo, templado seco.

Mapa N° 19. Clima de Popayán, Cauca



Elaboración propia, (2024)

En primer lugar, está el color azul oscuro que indica áreas con clima frío húmedo, en este se ubica la zona de Las Guacas, la cual tiene un registro de quemas significativas a nivel de los 5 años trabajados, en estos climas se presentan altos niveles de precipitaciones, las temperaturas son relativamente bajas y la humedad es alta, los veranos son cálidos y húmedos lo que dificulta que una Quema Prohibida se pueda convertir en un incendio forestal o estructural con facilidad.

En cuanto a las áreas con clima frío seco, se representan con el color azul claro, se encuentran las zonas de Pueblillo y Vía al Huila, en estas zonas las temperaturas son bajas y hay poca humedad, cabe resaltar que Pueblillo tiene influencia del clima templado seco.

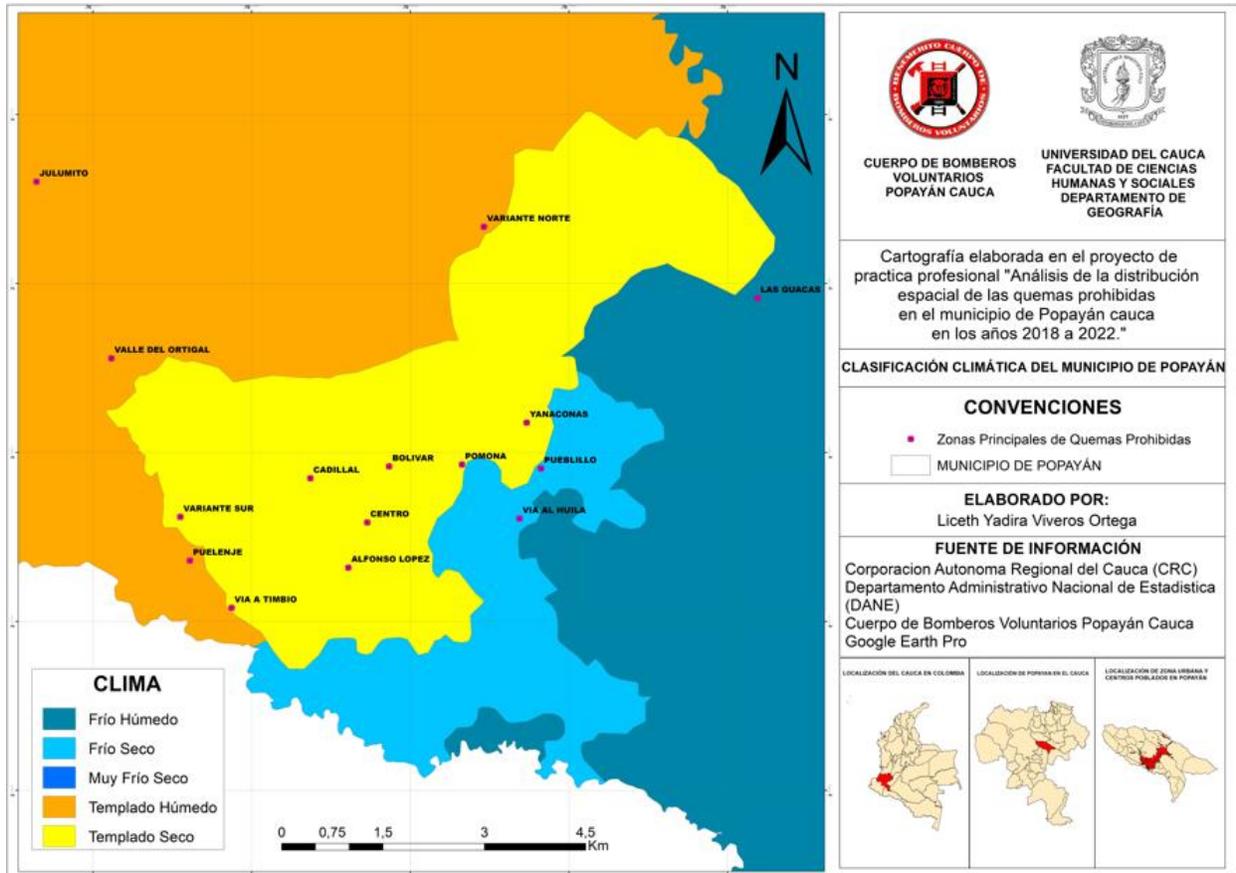
El color azul rey representa áreas de clima muy frío y seco cuyas temperaturas son extremadamente bajas y niveles bajos de humedad.

En las áreas con clima templado húmedo, color naranja, se encuentran zonas como: Puelenje, Julumito, Variante Norte y Valle del Ortigal, estos dos últimos tienen influencia del clima templado seco; este tipo de clima presenta humedad y lluvias a lo largo del año, con temperaturas moderadas, además de no tener una estación seca definida.

Finalmente, está el color amarillo, que representa el clima templado seco, donde también se encuentran zonas principales con presencia de quemas prohibidas, aquí están: Cadillal, Bolívar, Centro, Alfonso López, Yanaconas, Variante sur, Pomona y Vía a Timbío, estos tres últimos tienen influencia de otros climas. En este clima las temperaturas son moderadas, la precipitación escasa y la humedad es relativamente baja.

En resumen, se podría decir que las áreas propensas a que una quema prohibida pueda convertirse en un incendio son aquellas que tienen climas templado seco y frío seco, puesto que, los terrenos tienen menores niveles de humedad y la llama en la vegetación se pueden propagar con mayor facilidad que en los climas que la vegetación tiene altos niveles de humedad.

*Gráfico N°29. Ventana de observación Clima Popayán, Cauca.*



*Elaboración propia, (2024)*

## 8. Conclusiones

Para ilustrar todo lo anterior, sobre el análisis realizado de distribución espacial de quemas prohibidas en el municipio de Popayán en los años 2018 a 2022, se puede decir que, inicialmente, se encontraron 15 puntos principales de ocurrencia de quemas prohibidas en el área de estudio, al identificar los puntos, estos se nombraron zonas, y para ello se tuvo en cuenta el lugar (barrio, vereda, sitio) donde se habían presentado las quemas en el municipio. Las 15 zonas principales de quemas prohibidas en los 5 años trabajos fueron las siguientes; al Norte: Las Guacas y Variante Norte, al Sur: Variante Sur, Puelenje, Vía a Timbío y Alfonso López, al Oriente: Yanaconas, Pomona, Pueblillo, Vía al Huila, Bolívar, Cadillal y Centro, al Occidente: Julumito y Valle del Ortigal. Estas zonas han presentado muchos incidentes de quemas en el municipio, siendo notable la problemática y vulnerabilidad frente al fenómeno.

Por otra parte, se creó una base de datos geoespacial en el software SIG, con el propósito de almacenar toda la información obtenida mediante la realización del proyecto de análisis de la distribución espacial de quemas prohibidas en el municipio de Popayán Cauca en los años 2018 - 2022; lo que permitió estructurar y almacenar de manera ordenada los datos trabajados. Además, fue de suma importancia crear la base de datos, porque de esta manera el software SIG en Bomberos quedó con información espacial ordenada y actualizada sobre quemas prohibidas facilitando su consulta y con posibilidad de cambiar o agregar información nueva a futuro.

Tras el análisis espacial mediante la cartografía, se pudo visualizar varios patrones de distribución, permitiendo identificar qué áreas son las más afectadas por las quemas prohibidas. En primer lugar, está el sector Oriente con las zonas: Yanaconas, Pomona, Pueblillo, Vía al Huila, Bolívar, Cadillal y Centro, seguido el sector Sur, con Variante Sur, Puelenje, Vía a Timbío y Alfonso López. La quema en las zonas Sur y Oriente se han realizado en suelo forestal y suelo

Urbano, con una cercanía considerable a las vías principales del municipio y los cuerpos de aguas tipo afluentes, afectando pastos limpios, mosaicos de cultivos con espacios naturales, cultivos de café, pastizales y partes boscosas, tejido urbano discontinuo y tejido urbano continuo, con pendientes desde planas hasta pendientes onduladas y una pequeña parte con pendientes montañosas.

En cuanto a la población que se ha visto afectada por las quemas, han sido bastante, considerando las 15 zonas principales con presencias de quemas prohibidas, se puede decir que el sector Oriente que cuenta con siete de las zonas principales fue el más afectado con 6. 161 personas, lo que de alguna manera también evidencia la cantidad de eventos que se presentaron en este lugar; seguido está el sector Sur con 3.580 personas, cuenta con cuatro zonas principales que poseen un número considerable de incidentes en los años abordados. Cabe aclarar que la población afectada en la zona de estudio fue de 13.471 habitantes.

Se puede decir que la presencia de muchas quemas prohibidas en estas zonas puede ser debido a la dinámica poblacional y las actividades agrícolas existentes, lo que de alguna forma lleva a la población a realizar actividades peligrosas y no permitidas.

Por último, cabe mencionar que los SIG fueron de gran ayuda y fundamentales e importantes, puesto que facilitaron la organización, estructuración y comprensión de la información geográfica trabajada; además de proporcionar patrones de distribución que permitiera llegar a entender y analizar las quemas prohibidas en el municipio de Popayán en los años mencionados.

## 9. Recomendaciones.

Se considera pertinente la constante actualización de la base de datos geográficos sobre quemas prohibidas que quedara en la sala de sistemas de información geográficos (SIG) del Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán, puesto que, ayudara a acceder de manera rápida y eficaz a información geoespacial cuando se requiera. También, se considera necesario la recomendación a usar el software QGIS, debido a que ayuda a complementar algunos procesos, además de poder intercambiar información con ArcGIS para procesarla. Ambos softwares ofrecen una variedad de herramientas y complementos especializados, llegando a mejorar la eficacia, precisión y capacidad de análisis; el uso de estas dos herramientas permitirá obtener grandes resultados y llegar a buenos análisis.

El uso de aplicaciones móviles que permitan tomar coordenadas y georreferenciar un lugar en específico, es una herramienta que permitirá facilitar el proceso de ubicación de sitios donde se presentan incidentes de quemas prohibidas, así como otros incidentes, por ello, se recomienda a futuro poder vincular dentro del archivo digital de los registros de siniestros, coordenadas geográficas que permitan la actualización de la información de manera rápida y precisa.

La educación ambiental es de suma importancia para evitar los problemas ambientales, educar y ayudar a entender los problemas y riesgos que traen consigo las quemas prohibidas, mediante un proceso gradual, con campañas de sensibilización, charlas educativas e informativas, campañas pedagógicas en redes sociales oficiales y acciones comunitarias que permitan a la población entender la importancia de los entornos naturales, los peligros y riesgos que traen consigo las quemas a cielo abierto, además de poder tomar decisiones informados y adoptar comportamientos más sostenibles en su vida diría.

## 10. Referencias Bibliográficas.

MinAgricultura. (2023, marzo 31). *El peligro potencial que representan las quemas de áreas de cultivos y potreros*. Colombia Potencia de la Vida. Gov.co. <https://agronet.gov.co/Noticias/Paginas/El-peligro-potencial-que-representan-las-quemas-de-%C3%A1reas-de-cultivos-y-potreros.aspx>

Cámara de Representantes. (2023). *Radicación Proyecto de Ley No. \_ del 2023 “Por medio de la cual se establecen medidas para la protección del suelo y se dictan otras disposiciones”*. Cámara. Gov. co. <https://www.camara.gov.co/sites/default/files/2023-03/P.L.375-2022C%20%28PROHIBICION%20QUEMAS%29.pdf>

Fundación Educación para el Desarrollo (2009). *Guía para la Sistematización de Experiencias Innovadoras*. Oitcinterfor.org. [https://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/edit/doeref/genero/siste\\_expinn\\_fautapo.pdf](https://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/edit/doeref/genero/siste_expinn_fautapo.pdf)

Jara, O. (2009). Sistematización de experiencias: construcción de sentido desde una perspectiva crítica. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*. Redalyc.org. <https://www.redalyc.org/pdf/1942/194214466001.pdf>

Bosque. (2012). *Los Sistemas de Información Geográfica y la Investigación en Ciencias Humanas y Sociales*. Confederación Española de Centros de Estudios Locales (CSIC). <https://digital.csic.es/bitstream/10261/64940/1/Los%20SIG%20y%20la%20Investigacion%20en%20Ciencias%20Humanas%20y%20Sociales.p>

Bosque Sendra j. (1992) *sistemas de información geográfica*. rialp. Madrid. Scribd. Recuperado el 20 de septiembre de 2023, de <https://es.scribd.com/document/450763275/BOSQUE-SENDRA-pdf>

Ortiz et al., (2012). *ANÁLISIS ESPACIAL*. Edu.co. Recuperado el 24 de julio de 2023, de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/2864/02CAPI01.pdf?sequence=9&isAllowed=y>

Cascante Campos, A. (2021). ¿QUÉ ES LA GEOGRAFÍA?: Un enfoque desde las concepciones de los estudiantes universitarios. *Revista Brasileira de Educação em Geografia*, 11(21), 05–19. Recuperado el 24 de Julio de 2023, de <https://doi.org/10.46789/edugeo.v11i21.1082>

Ramírez & López. (2015). Espacio, paisaje, región, territorio y lugar: La diversidad en el pensamiento contemporáneo, Instituto de Geografía, UNAM y UAM, Unidad Xochimilco, México, 207 pp., ISBN 978-607-02-7615-6. *Investigaciones Geográficas*, 92. <https://doi.org/10.14350/rig.59439>

Mondragón et al., (2013). *CAUSAS DE LOS INCENDIOS FORESTALES EN LA REGIÓN CARIBE, ANDINA Y ORINOQUÍA DE COLOMBIA*. [https://archivo.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Los-Incendios-Forestales/250414\\_causas\\_incendios\\_forestales.pdf](https://archivo.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Los-Incendios-Forestales/250414_causas_incendios_forestales.pdf)

Correa, C. (2022, febrero 5). ¿Cuáles son las principales causas de incendios en Colombia?. [www.eluniversal.com.co](http://www.eluniversal.com.co). <https://www.eluniversal.com.co/colombia/cuales-son-las-principales-causas-de-incendios-en-colombia-XG6080808>

FAO. (2004). *Guía Metodológica de Sistematización*. Fao.org. <https://www.fao.org/3/at773s/at773s.pdf>

Universidad Nacional Autónoma de México UNAM. (2015). *Incendios*. Unam.mx. Recuperado el 30 de julio 2023, de <https://www.unam.mx/medidas-de->

[emergencia/incendios#:~:text=Incendio,humanas%20y%20afectaci%C3%B3n%20al%20ambien](#)  
[te](#)

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), (s/f). *¿Qué es la geografía?* Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Recuperado el 6 de octubre de 2023, de <https://igac.gov.co/es/contenido/que-es-la-geografia>

Capel, H. (2016). Filosofía y Ciencia en la Geografía, siglos XVI-XXI. *Investigaciones Geográficas*, 89, 18. <https://doi.org/10.14350/rig.51371>

National Center for Geographic Information and Analysis NCGIA. (1990). Introduction to GIS. Departamento de Geomática, Uah.es. <https://geogra.uah.es/patxi/gisweb/GISModule/GISTheory.htm>

Esri. (2021). *¿Qué es una geodatabase?—ArcMap*. Arcgis.com. <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/manage-data/geodatabases/what-is-a-geodatabase.htm>

*Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial*. (2009). NORMAS GENERALES PARA PREVENCIÓN Y CONTROL SOBRE LAS QUEMAS. Gov.co. Recuperado el 30 de julio de 2023, de [https://archivo.minambiente.gov.co/images/normativa/circulares/2009/circ\\_2000-2-155654\\_211209.pdf](https://archivo.minambiente.gov.co/images/normativa/circulares/2009/circ_2000-2-155654_211209.pdf)

ONU. (2020, agosto 28). *El impacto de las quemas agrícolas: un problema de calidad del aire*. UNEP; United Nations Environment Programme. <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/el-impacto-de-las-quemas-agricolas-un-problema-de-calidad-del-aire>

Organización Panamericana de la Salud, OPS. (2018). *Contaminación del aire ambiental exterior y en la vivienda: Preguntas frecuentes*. Paho.org. <https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire-salud/contaminacion-aire-ambiental-exterior-vivienda-preguntas-frecuentes>

Bouchelle, J. L. (s/f). Plan de Estudios y Guía de Actividades, Educación de Calidad de Aire. Deq.nc.gov. Recuperado el 15 de enero de 2024, de <https://www.deq.nc.gov/water-quality/surface-water-protection/edu/obot-2017-spanish-curriculum-p1-45/download>.

Fundación Aquae. (2019, julio 30). *Contaminación del aire: causas y tipos*. Fundación Aquae. <https://www.fundacionaquae.org/wiki/causas-y-tipos-de-la-contaminacion-del-aire/>

Georreferenciación y sistemas de coordenadas. (s/f). Arcgis.com. Recuperado el 18 de enero de 2024, de <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n0000000s000000.htm>

Sarria, F. A. (s/f). Sistemas de Información Geográfica. Www.um.es. Recuperado el 18 de enero de 2024, de <https://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario.pdf>

ESRI. (2021). *Tipos de geodatabases—ArcMap*. Arcgis.com. <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/manage-data/geodatabases/types-of-geodatabases.htm>

Martínez, M. (2006). *ADMINISTRACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN*. Scalahed.com. [https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w24796w/Administracion\\_SI.pdf](https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w24796w/Administracion_SI.pdf)

DANE. (s/f). *Análisis Geoespacial del CNPV 2018*. Gov.co. Recuperado el 9 de marzo de 2024, de <https://geoportal.dane.gov.co/geovisores/territorio/analisis-cnpv-2018/>

ESRI. (2021a). *Qué es una geodatabase personal—ArcMap*. Arcgis.com.  
<https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/manage-data/administer-file-gdbs/personal-geodatabases.htm>

Meteoblue. (s/f). Datos climáticos y meteorológicos históricos simulados para Popayán.  
meteoblue. Recuperado el 9 de marzo de 2024, de  
[https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/popay%C3%A1n\\_colombia\\_3671916](https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/popay%C3%A1n_colombia_3671916)