

**ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE INCENDIOS
ESTRUCTURALES EN POPAYÁN ENTRE LOS AÑOS 2018-2022**

DANIEL EDUARDO YANZA PLAZA

Informe De Practica Profesional.

Directora

Mg. Carolina Castrillón Ojeda



**Universidad
del Cauca**

UNIVERSIDAD DEL CAUCA

FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS Y SOCIALES

BOMBEROS VOLUNTARIOS DE POPAYÁN

PROGRAMA GEOGRAFÍA DEL DESARROLLO REGIONAL Y AMBIENTAL

POPAYÁN

2024

**ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE INCENDIOS
ESTRUCTURALES EN POPAYÁN ENTRE 2018-2022**

DANIEL EDUARDO YANZA PLAZA

**Trabajo De Grado En Modalidad De Práctica Profesional Para Optar El Título De
Geógrafo**

Directora

Mg. Carolina Castrillón Ojeda

Asesor Por La Institución De Bomberos De Popayán

Br. Andrés Ramírez



Universidad
del Cauca

UNIVERSIDAD DEL CAUCA

FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS Y SOCIALES

BOMBEROS VOLUNTARIOS DE POPAYÁN

PROGRAMA GEOGRAFÍA DEL DESARROLLO REGIONAL Y AMBIENTAL

POPAYÁN

2024

**ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE INCENDIOS
ESTRUCTURALES EN POPAYÁN ENTRE 2018-2022**

Daniel Eduardo Yanza Plaza
Estudiante

Carolina Castrillón Ojeda
Asesora Académica

Br. Andrés Ramírez
Asesor institucional

CONTENIDO.

1. Introducción.....	13
2. Contextualización del trabajo	15
2.1. Planteamiento Del Problema.	15
2.2. Justificación.....	16
2.3. Objetivos.....	18
2.3.1. Objetivo General.....	18
2.3.2. Objetivos Específicos.....	18
2.4. Área De Estudio y descripción del entorno.	19
2. Marco Teórico Del Proyecto.....	22
2.1. Estado Del Arte	24
3. Metodología Del Proyecto.....	28
3.1. Primera Fase. Recolección y sistematización de la información.	28
3.2. Segunda Fase. Elaboración de cartografía temática.....	30
3.3. Tercera Fase. Análisis espacial y temporal de los patrones de distribución.	32
3.4. Cuarta Fase. Organización y presentación de resultados.	34
3.5. Esquema metodológico.....	36
4. Recolección, clasificación y sistematización de la información	37
4.1. Recolección y organización de la información.	37
4.1.1. Clasificación de los incendios estructurales.....	42
4.2. Sistematización de la información.....	46
5. Elaboración de cartografía temática.....	50
5.1. Representación espacial.....	50
5.1.1. Mapa de pendientes	51
5.1.2. Mapa de densidad de Kernel.....	60

5.2. Mapas temporales	64
5.2.1. Mapa de Densidad de Kernel temporal	68
5.3. Cubo de Espacio-Tiempo	68
5.4. Puntos calientes	70
6. Estructuración de la información	78
6.1. GeoDataBase.	78
7. Distribución espacial y temporal de incendios estructurales	84
7.1. Análisis espacial	84
7.1.1. Descripción del entorno	84
7.1.2. Identificación de zonas de incendios estructurales	87
7.1.2.1. Descripción de zonas principales	89
7.1.3. Distribución de incendios estructurales por comunas	92
7.1.4. Identificación de zonas de alta susceptibilidad de incendios estructurales	112
7.1.5. Población afectada en un área de influencia alrededor de un incendio estructural de 200 metros.....	116
7.1.6. Comportamiento de las zonas calientes y frías en incendios estructurales de Popayán.	118
7.2. Análisis Temporal.....	121
7.2.1. Distribución temporal de los incendios estructurales.....	121
10. Conclusiones	132
11. Recomendaciones.....	134
12. Referencias Bibliográficas.	135

Índice de mapas.

Mapa 1: Mapa de veredas de la zona rural de Popayán.....	20
Mapa 2: Comunas de Popayán	21
Mapa 3: Incendios estructurales en Popayán 2018-2022.	48
Mapa 4: Mapa de Pendientes del municipio de Popayán	59
Mapa 5: Incendios estructurales durante el año 2018.....	67
Mapa 6: Mapa de puntos calientes Interno.....	76
Mapa 7: Mapa de Pendientes de la zona urbana de Popayán	86
Mapa 8: Densidad de kernel.....	88
Mapa 9: Ubicación de los principales incendios estructurales.	90
Mapa 10: Uso de suelo urbano en Popayán.....	91
Mapa 11: Incendios estructurales en la comuna 1	93
Mapa 12: Incendios estructurales en la comuna 2	95
Mapa 13: Incendios estructurales en la comuna 3	97
Mapa 14: Incendios estructurales en la comuna 4	99
Mapa 15: Incendios estructurales en la comuna 5	101
Mapa 16: Incendios estructurales en la comuna 6	103
Mapa 17: Incendios estructurales en la comuna 7	105
Mapa 18: Incendios estructurales en la comuna 8	107
Mapa 19: Incendios estructurales en la comuna 9	109
Mapa 20: Incendios estructurales veredal	111
Mapa 21: Material de las paredes ladrillo, piedra y madre pulida	113
Mapa 22: Material de las paredes madera burda, tabla y tablón.....	114
Mapa 23: Uso de suelo Urbano de Popayán.....	115
Mapa 24: Población afectada por los principales incendios estructurales en 200 metros	117

Mapa 25: Mapa de interpolación de Puntos Calientes y Fríos	119
Mapa 26: Densidad de kernel en el año 2018.....	122
Mapa 27: Densidad de kernel en el año 2019.....	124
Mapa 28: Densidad de kernel en el año 2020.....	126
Mapa 29: Densidad de kernel en el año 2021.....	128
Mapa 30: Densidad de kernel en el año 2022.....	130

Índice de gráficos.

Gráfico 1: Diagrama de flujo.....	36
Gráfico 2: total de incendios ocurridos por año.....	38
Gráfico 3: incendios estructurales ocurridos en la muestra.	40
Gráfico 4: Incendios estructurales agrupados en comunas.....	44
Gráfico 5: incendios estructurales por año y comuna.....	45

Índice de tablas.

Tabla 1: Incendios estructurales ocurridos por año.	38
Tabla 2: Muestra de incendios estructurales.....	39
Tabla 3. Distribución de los incendios estructurales en comunas.	41
Tabla 4: Recurrencia incendios estructurales por año y localización.	43
Tabla 5: Descripción geotadabase de información sobre recurrencias de incendios por zonas.	80
Tabla 6: Descripción geotadabase de información sobre incendios estructurales.	80
Tabla 7: Descripción geotadabase de información sobre división política por departamentos.	81
Tabla 8: Descripción geotadabase de información sobre división política por municipios.....	81
Tabla 9: Descripción geotadabase de información sobre división política por veredas.	81
Tabla 10: Descripción geotadabase de información sobre división política por comunas del área urbana de Popayán.....	82
Tabla 11: Descripción geotadabase de información sobre población afectada en 200 metros.	82
Tabla 12: Descripción geotadabase de información sobre uso de suelo.....	82
Tabla 13: Descripción geotadabase de información sobre nomenclatura vial.....	83
Tabla 14: Descripción geotadabase de información sobre drenajes sencillos	83
Tabla 15: Descripción geotadabase de información sobre cauce principal	83

Índice de imágenes.

Imagen 1. Ruta de la herramienta de “extracción por mascara”	52
Imagen 2: Configuración de la herramienta “Extracción por Mascara”	53
Imagen 3: Ruta de la herramienta “Pendiente”	54
Imagen 4: Configuración de la herramienta “Pendiente”.	55
Imagen 5: Ruta de la herramienta “Reclasificación”	56
Imagen 6: Ruta de la herramienta “contorno”	57
Imagen 7: Configuración para la “herramienta Contorno”	58
Imagen 8: Ruta de la herramienta “Densidad de Kernel”	61
Imagen 9: Configuración para la herramienta “Densidad de kernel”	62
Imagen 10: Agrupación de datos temporales	65
Imagen 11: Ubicación de la herramienta Extraer por atributo	66
Imagen 12: Configuración para la herramienta Extraer por atributo	66
Imagen 13: Ruta de “Cubo Espacio Temporal”.	69
Imagen 14: ruta para la herramienta “integrar”	71
Imagen 15: Ruta para la herramienta “Recopilar Eventos”	72
Imagen 16: Ruta de la herramienta “Autocorrelación espacial (I de Moran global)”.	73
Imagen 17: ruta de la herramienta “Análisis Optimizado de Valores Atípicos”.	74
Imagen 18: configuración de la herramienta “Análisis Optimizado de Valores Atípicos”.	75
Imagen 19: Tabla de atributos del mapa de puntos calientes interno	77
Imagen 20: Modelo personal de GeoDataBase	79

Dedicatoria.

Dedico mi trabajo a mi madre, mi padre y a mi hermana, quienes con esfuerzo, trabajo y paciencia aportaron a mi crecimiento tanto personal como profesional y sobre todo por la confianza depositada en mi para completar esta etapa de mi vida.

Agradecimientos.

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi familia por acompañarme y apoyarme y haberme permitido llegar a esta etapa de mi vida.

A mi padre quien me brindo sus conocimientos y guías que a lo largo de la carrera se convirtió en un faro, en una luz que me permitió conservar la esperanza de llegar hasta este punto.

A mi madre quien se esforzó tanto para darme estabilidad mental y tener la seguridad para completar esta etapa de mi vida.

A mi hermana quien me brindo su compañía durante esta etapa de mi vida tanto en la universidad como fuera de ella.

A mi directora de trabajo de grado Mg. Carolina Castrillón Ojeda, por brindarme su orientación, apoyo y sobre todo paciencia. El conocimiento que se me brindó ha sido fundamental para ejecutar este proyecto y conservar la experiencia de lo aprendido.

A la institución del Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán, especialmente a nuestro asesor de práctica Br. Andrés Ramírez por la dedicación y compromiso que me brindo durante este proceso de mi vida, al Cte. Francisco José Arboleda Hartman y al Tte. Diego Martínez por su orientación y por brindarme la oportunidad de aplicar nuestro conociendo para el desarrollo de este proyecto.

Por último, quiero agradecer a nuestros profesores de la carrera de geografía, especialmente al Mg. Usuario Ramírez Rico por compartir sus conocimientos y orientarnos durante toda la carrera.

¡Gracias a todos!

Daniel Eduardo Yanza Plaza.

1. Introducción

Este documento presenta un estudio espacial y temporal de los incendios estructurales en el municipio de Popayán desde el año 2018 hasta el año 2022. El objetivo de este estudio es analizar la distribución y frecuencia de estos eventos, utilizando datos geoespaciales obtenidos a partir de registros físicos convertidos a formato digital. La digitalización de estos registros no solo facilita el análisis detallado de los incendios, sino que también contribuye a la creación de mapas temáticos esenciales para entender el comportamiento y las tendencias de los datos. Este proceso permitirá una mejor gestión y prevención de incendios estructurales en el futuro.

Para llevar a cabo este estudio, fue necesario realizar una transición de los registros de emergencias, inicialmente en formato físico, a un formato digital que incluye datos geoespaciales para su integración en los sistemas de información geográfica (SIG) utilizados. Con este proceso completado, se procedió al análisis espacial correspondiente de la información recopilada utilizando herramientas de software como ArcGIS y QGIS. Estas herramientas son fundamentales para la creación de mapas temáticos que permiten comprender el comportamiento de los datos en estudio. El proceso de creación de estos mapas implica la conversión de los datos físicos a formatos digitales, específicamente datos espaciales que incluyen coordenadas y formatos compatibles con los programas de SIG. Luego, se diseñan los mapas temáticos según el enfoque requerido para cada caso particular. Por último, esta información se almacena en una geodatabase para su posterior consulta y análisis

Este proyecto contribuye a una digitalización de la información existente ya que previamente esta solo se encuentra en físico o parcialmente en digital, como se mencionó anteriormente la importancia que tienen los datos en digital facilita que estos se analicen y produzcan mejores y más completos datos, es gracias a esto que el proceso de realizar un

análisis espacial a estos datos y ahondar más información que se puede extraer es el aporte más significativo de este proyecto, los beneficios que se crean a partir de este proceso van encaminados a que sean aprovechados por otras disciplinas u otros proyectos ya que los datos extraídos y sistematizados se hacen más accesibles para formar parte de otros proyectos.

2. Contextualización del trabajo

2.1. Planteamiento Del Problema.

En el sector urbano de Popayán el Cuerpo de Bomberos Voluntarios es el encargado de emergencias tales como; incendios, búsquedas y rescates, derrames -MATPEL¹, explosiones, fuga de gas, accidentes de tránsito, atenciones prehospitalarias, inspecciones, servicios y otros eventos (Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán, 2023). En el caso de presentarse alguna de estas emergencias ellos acuden al lugar para solucionar la situación y posteriormente registrar el sitio donde ocurrió el evento, este registro se hace tomando la dirección de residencia del lugar ya sea residencial, comercial o institucional para posteriormente guardarla en físico como registros de archivo en una bitácora o en digital a través de una hoja de cálculo con su correspondiente descripción. El registro de la información utilizando los métodos mencionados anteriormente permite que se almacene y se cree un registro de los eventos ocurridos, lo que facilita un análisis estadístico de los eventos, además permite analizar la tendencia y da idea de cómo se pueden desarrollar en el futuro haciendo su respectiva proyección o su distribución espacial. Esto es útil para comprender la frecuencia en la que aparecen los incendios. Sin embargo, estos métodos no permiten una representación visual de los datos debido a que los datos registrados no son espaciales², esto es un elemento crucial que, a diferencia de los datos no espaciales, permite que se represente visualmente en un mapa los elementos a su disposición, en este caso los registros de incendios estructurales, y aplicando sus debidos procedimientos se puede llegar a prevenir futuros desastres y/o analizar las posibles causas de la ocurrencia y tendencia de aparición. Entonces mientras que estos datos no se

¹ Son aquellas sustancias o productos químicos (en estado sólido, líquido o gaseoso) puros o mezclados, que por sus características intrínsecas pueden significar riesgos serios a la salud por exposición o contacto con los mismos durante su manipulación, uso, almacenamiento, transporte o disposición final. (minsur, s.f)

² Un Dato Espacial es aquel dato que tiene asociada una referencia geográfica directa a través de unas coordenadas o una referencia geográfica indirecta como un código postal, de tal modo que se puede localizar exactamente dónde sucede dentro de un mapa

especialicen ni se adjunten a una base de datos espacial, se pierde un elemento de análisis y prevención de incendios estructurales sumamente importante. Al tener los datos sistematizados en una base de datos espacial es posible responder a la pregunta de ¿Cómo analizar la distribución espacial de los incendios estructurales ocurridos en Popayán entre el año 2018-2022? ya que con la información lista es posible comenzar el procesamiento de la misma y así descubrir tanto la distribución como el comportamiento al ocurrir un incendio estructural.

2.2. Justificación.

Los edificios son un medio en el cual habitan muchas personas y familias, en la actualidad una casa pequeña puede ser habitada tanto por una persona como por una familia, ya sea pequeña o grande, además muchos optan por vivir en apartamentos en conjuntos residenciales, es por esto que cuando se presenta un incendio estructural se corre el riesgo de que ocurra una catástrofe, como lo menciona Drummond (2009) “El fuego en edificaciones de elementos combustibles que pueden ser parte de la misma estructura o elementos almacenados dentro de la misma, con presencia de llama, grandes volúmenes de humo y gran intensidad de radiación tienen una alta probabilidad de comprometer la integridad de las personas y las instalaciones.” Mientras se está produciendo el incendio es posible que este mismo se propague y afecte las estructuras aledañas por lo cual el riesgo hacia las personas aumenta, aunque pueden existir muchos factores para la creación y posterior propagación de un incendio la alta ocurrencia de este evento podría indicar algún factor que lo dispare y por ende este pueda ser regulado y/o mitigado, como menciona la Gobernación del Cauca (2019) “en lo corrido de este año se han presentado más de 373 incendios entre forestales y estructurales,”. Teniendo en cuenta que se cuenta con datos de incendios es posible realizar un análisis espacial y estadístico de estos eventos para representarlos en un mapa y presentar las suposiciones requeridas para realizar proyecciones un poco más precisas. Además, se debe destacar que esta

tarea se ve facilitada gracias a la existencia de un sistema de registro de eventos que incluye información espacial. La ausencia de estos datos, por otro lado, limitaría significativamente nuestro análisis y la capacidad de desarrollar planes efectivos para la prevención y gestión de futuros incendios.

Surge entonces la necesidad, debido a la alta presencia de incendios estructurales y en pro de la prevención y mitigación, de crear un proceso de sistematización de los registros de incendios estructurales en el municipio de Popayán con el fin de generar un mapa en el cual se pueda visualizar estos incendios estructurales ocurridos durante el año 2018-2022, se resalta la sistematización de la información que todavía está en físico ya que este medio es susceptible a una posible pérdida o deterioro de la información lo cual imposibilita acceder a dicha información. Además, gracias al uso de los SIG³ como QGIS o ArcGIS es posible crear mapas de calor y de densidad que permita visualizar donde se concentran los incendios para posteriormente analizar los datos desde un punto de vista más geográfico y no matemático como lo daría un enfoque meramente estadístico, esta exposición visual a la información mediante el uso de mapas pueden mejorar la eficiencia y la toma de decisiones para prevenir un futuro desastre, así como podría proporcionar una respuesta rápida ya que se tendría contexto de las zonas en las que más se producen incendios estructurales, por último resalta que tener estas herramientas a favor puede facilitar crear mecanismos de planificación de incendios como una herramienta de soporte, como menciona el (Ministerio de Seguridad argentina, 2017), “dada la variabilidad espacio-temporal de amenazas y factores de vulnerabilidad, la actualización del mapa de riesgo es también un factor clave para lograr que su aplicación sea efectiva como herramienta de planificación. En tal sentido, el uso de herramientas como los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son altamente eficaces por

³ Sistema de Información Geográfica

su versatilidad para incorporar nueva información a medida que se vaya generando y actualizando.”

Es resaltable la importancia de los SIG ya que como menciona Luna Marin V. (2022). “Los Sistemas de Información Geográficos (SIG) se han convertido en una de las herramientas más útiles en el análisis de riesgo de desastres, debido a que han permitido realizar estudios de conocimiento y prevención del riesgo para poder determinar probabilidad, posibles consecuencias y áreas de afectación probable ante la ocurrencia de eventos amenazante. Los SIG, además, permiten aplicar y diseñar distintas metodologías multicriterio según el tipo amenaza a evaluar y nos arrojan resultados tales como: Riesgo total, vulnerabilidad y prolongación en tiempo y espacio.”. El uso de los SIG facilita que tanto el observador experto como el observador casual o curioso pueda identificar fácil y visualmente el área en la cual se producen los eventos, con esto se evita el posible conflicto e incomprensión de los mismos datos, pero siendo expuestos desde un enfoque meramente estadístico.

2.3. Objetivos.

2.3.1. Objetivo General.

- Realizar un análisis espacial de los incendios estructurales ocurridos en el período comprendido entre el 2018 y 2022.

2.3.2. Objetivos Específicos.

- Elaborar cartografía temática que represente la distribución espacial de los incendios estructurales ocurridos durante el período de estudio, identificando patrones espaciales y zonas de mayor incidencia.

- Identificar las áreas de unidades de vivienda más susceptibles a la propagación de incendios estructurales.
- Analizar los mapas generados con el fin de identificar posibles factores desencadenantes y contribuyentes de los incendios estructurales, como el uso del suelo, material predominante en exteriores de la unidad, entre otras.

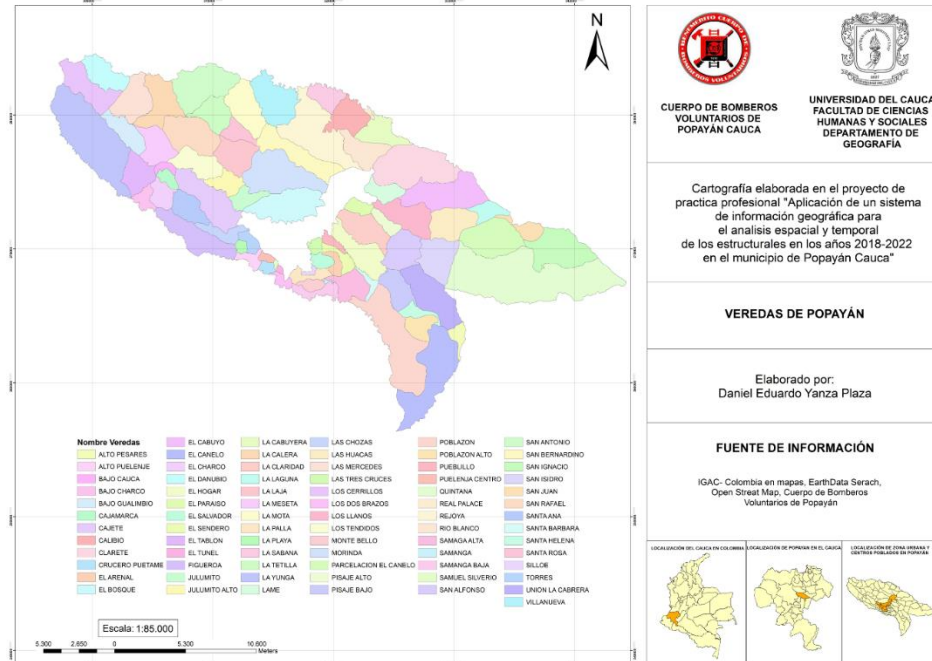
2.4. Área De Estudio y descripción del entorno.

Popayán es un municipio de la República de Colombia, es la capital del Departamento del Cauca y se ubica a una altitud de 1.738 metros sobre el nivel del mar. Su temperatura promedio es de alrededor de 19°C, y está situado a 2°27' al norte y 76°37'18" al oeste del meridiano de Greenwich, la superficie total de Popayán abarca 512 km². Limita al este con los municipios de Totoró, Puracé y el Departamento del Huila; al oeste con los municipios de El Tambo y Timbío; al norte con Cajibío y Totoró, y al sur con Sotaró y Puracé. La mayoría de su territorio se encuentra en zonas de clima templado y frío (Alcaldía municipal de Popayán, 2023)

Así mismo según la alcaldía de Popayán (2021) “la ciudad de Popayán está dividida en 295 barrios agrupados en 9 comunas en el sector urbano, 79 veredas agrupadas en 23 corregimientos en el sector rural.” El municipio de Popayán, tanto la zona rural como la urbana, abarcan una gran zona de estudio, es por eso que, y con el fin de aplicar una metodología centrada en un tema específico, el área de estudio se optará por grandes grupos, esto quiere decir que en el área rural toma importancia los corregimientos sobre las veredas, esto para comprender un orden orientado a la generalidad, de ser necesario para un mayor detalle en la muestra de información se optara por el uso de las veredas en cada corregimiento. Se agrega el mapa de las veredas de la zona rural de Popayán (Ver Mapa 1) ya que puede surgir la necesidad

de representar la información en una escala menor y no general como agrupando por corregimientos.

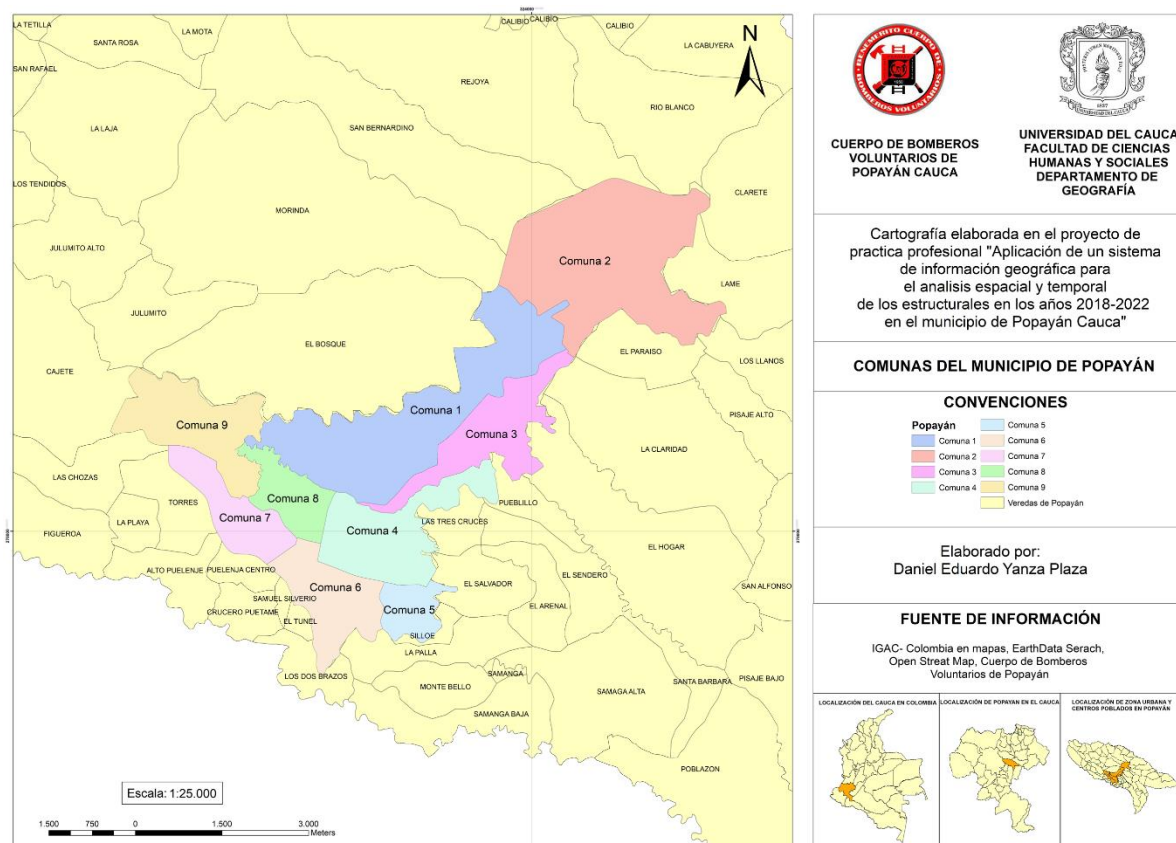
Mapa 1: Mapa de veredas de la zona rural de Popayán.



Fuente: Elaboración propia con base en datos libres de ArcGIS online.

Por otro lado, en el área urbana ocurre lo mismo escenario ya que es posible realizar una división teniendo en cuenta las comunas para una representación general y a un nivel más profundo se realiza una división por manzanas disminuyendo la escala, así como se muestra en el siguiente mapa:

Mapa 2: Comunas de Popayán.



Fuente: Elaboración propia con base en datos libres de ArcGIS online y alcaldía municipal de Popayán

Esta división por comunas de la zona urbana de Popayán permite una mejor agrupación de los datos para su posterior análisis, además realizar un análisis teniendo en cuenta estas divisiones puede prevenir que se generalice en la información⁴ ya que al agrupar los datos por comunas es posible apreciar las peculiaridades individuales de cada sector, pero no en todos los casos puede prevenirse ya que siempre se puede presentar un caso que requiera una escala menor para un mayor nivel de detalle que denote algún caso en específico, es por eso que se requiere el uso del mapa de Popayán dividido por manzanas.

⁴ Se denomina generalización a un proceso mediante el cual se establece una conclusión de índole universal desde una observación u observaciones particulares. enciclopedia.net. (2014)

2. Marco Teórico Del Proyecto

La geografía es una ciencia que abarca muchos ámbitos, o más específicamente, ramas y subramas que se desprenden de ella. Cada una de estas ramas tiene su especialidad propia y es más eficaz al desarrollar, solucionar o comprender temas específicos. Sin embargo, es gracias a la facilidad de la geografía para relacionarse e integrarse con otras ciencias, además de con ella misma, que la forma de encontrar la solución o de comprender el contexto ante cada situación particular no termina siendo fruto de una sola rama de la geografía, sino de un conjunto de estas ramas que, al colaborar entre sí, generan un enfoque diferente y un resultado que a futuro puede ser mejorado (SISO QUINTERO, 2010).

La relación entre los desastres, ya sean naturales u ocasionados por la incorrecta administración de los recursos, y la geografía como un medio para reflexionar y comprender cómo ocurren y cómo se pueden llegar a solucionar, entendiendo el entorno y los factores que pueden desencadenar algún evento, proviene prácticamente desde el principio. Esta preocupación no solo se quedó en el enfoque teórico, sino que se continuó profundizando hasta llegar a ser eminentemente práctica (Francisco Calvo, 1984). Teniendo en cuenta cómo prácticamente desde siempre los desastres naturales han estado presentes, la geografía ha sido un medio que nos permitió ver a través del misticismo que envuelve a estos eventos y brindó una puerta científica que derivó en toda una rama de la ciencia geográfica. Con el paso del tiempo y la modernización, acompañada de un sistema más complejo en torno a los círculos sociales, es decir, las zonas pobladas o dispersas, los desastres no solo son producidos por medios naturales sino también por acciones humanas.

Uno de los aspectos en los que se puede destacar la geografía es el hecho de también abarcar las ciencias humanas, lo cual le permite tener una comprensión del entorno desde un punto de vista más social, además de cercano a las personas. Asimismo, no deja de lado

conceptos naturales o explicados por el método científico. Es por esto que, desde un enfoque teórico, se puede observar a las amenazas como una expresión extrema de los recursos. Un ejemplo es el clima, ya que este se constituye de elementos que varían entre períodos o estaciones, lo que facilita la producción agrícola y el suministro de servicios. Gracias a entender estos ciclos y adaptarse a ellos, cuando se presenta un cambio brusco o extremo en este medio -el clima-, la población busca las maneras de adaptarse y prepararse para este suceso. La aparición de eventos extremos en periodos irregulares es lo que se define como amenazas (Martínez Rubiano, 2009).

Tanto las ciencias auxiliares como las especialidades de la geografía trabajan en conjunto para progresar y generar una mejor comprensión del entorno. Un ejemplo es la relación y posterior integración que tuvo la computación como ciencia auxiliar con la cartografía y los sistemas de información geográficos. Para entender esto es necesario comprender el contexto histórico. Según menciona Aeroterra (2023), los sistemas de información geográfica tuvieron sus inicios en los años sesenta. En esa época emergieron las computadoras y los primeros conceptos de geografía cuantitativa y computacional, así como los primeros trabajos de SIG. Posteriormente, el Centro Nacional para Información Geográfica y Análisis formalizó la integración de temáticas geográficas orientadas a la información, como el análisis espacial. Estos esfuerzos impulsaron una revolución cuantitativa en el mundo de la ciencia geográfica y sentaron las bases del SIG.

En la actualidad, los sistemas de información geográfica les dan a las personas la habilidad de crear sus propias capas de mapas digitales para ayudar a resolver problemas del mundo real. Los SIG también han evolucionado para ser una plataforma que permite el intercambio de datos y colaboración, dando forma a una visión que rápidamente se está materializando: una base de datos geoespaciales del mundo continua, superpuesta e interoperable en prácticamente todos los campos. En la actualidad, un gran número de

organizaciones comparten su trabajo y generan millones de mapas diariamente con el propósito de narrar historias y desvelar patrones, tendencias y relaciones en una amplia variedad de temas (Aeroterra, 2023).

La influencia que ha tenido el uso del SIG en la geografía actual es notable. Sus diversas aplicaciones hacen que muchas personas, tanto conocedoras como ajenas, se interesen en la geografía, permitiendo que sea usada como una herramienta que dé solución a sus problemáticas. Como lo remarca Alonso (2006), entre las aplicaciones más usuales destacan el área científica: ciencias medioambientales, teledetección, modelos dinámicos, modelización cartográfica; gestión: cartografía automática, planificación de espacios protegidos, ordenación territorial, planificación urbana; y empresarial: marketing (geomarketing) y localización óptima de una sucursal.

2.1. Estado Del Arte

Para entender la importancia de una buena estructuración y sistematización de la información para combatir, en este caso, la gestión del riesgo orientada a los incendios estructurales es necesario señalar y resaltar los trabajos que se han desarrollado sobre este mismo tema para así ver cómo fue su desempeño, con esto es posible tomar en consideración los inconvenientes que se presentaron para tener un referente y no quedar estancado, así mismo la información positiva que se obtenga justifica la continuación e importancia que tiene la realización de este proyecto. Considerando lo anterior, se localizaron dos estudios que aportan sustento ante lo planteado por el desarrollo del documento

Estudio 1: Estructuración y sistematización de información para el fortalecimiento de la gestión del riesgo de desastres en el departamento de Antioquia.

Ficha: Castaño Vásquez, S. (2020). Estructuración y sistematización de información para el fortalecimiento de la gestión del riesgo de desastres en el departamento de Antioquia. Tecnológico de Antioquia, Institución Universitaria. <https://dspace.tdea.edu.co/handle/tdea/1022>

Esta práctica laboral se realizó, en conjunto con DAPARD⁵ ahora llamado DAGRAN⁶, para brindar tanto un apoyo en la actualización de la información como una sistematización de información mediante el uso de sistemas de información geográfica, una de las funciones realizadas en esta práctica consistió en la sistematización de la información mediante SIG, para llevar a cabo este proceso fueron necesarios los datos pertinentes, estos datos como lo menciona el documento recibieron una actualización en su información para su posterior implementación. Es de resaltar que gracias a este proceso los eventos ocurridos ahora, además de estar actualizados, se pueden consultar de forma rápida y precisa, además esto permite que otro tipo de información sea desplegada o generada a dependiendo de la necesidad que requiera el usuario. Este documento es de suma importancia para este proyecto ya que aquí se puede apreciar como los sistemas de información geográfica son una herramienta sumamente útil que permite el fácil acceso a la información y comprensión de esta.

⁵ Departamento Administrativo del Sistema para la Prevención, Atención y Recuperación de Desastres de la Gobernación de Antioquia.

⁶ Departamento Administrativo de Gestión Del Riesgo de Antioquia. según: <https://www.elcolombiano.com/antioquia/autoridades-dan-por-acabado-el-clan-oriente-JA22002865>

Estudio 2: Control físico urbano para la gestión de riesgo.

Ficha: Vargas Agredo, L. (2011). Control físico urbano para la gestión del riesgo. Caso de estudio Popayán, Cauca. *Bitácora Urbano Territorial*, 19(2), 111–122. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/bitacora/article/view/27998>

Los incendios tienen muchos factores para su creación y diversas clasificaciones para los mismos, el sistema de gestión de riesgo es la entidad encargada de controlar y tratar de prevenir la ocurrencia de estos eventos y clasificar en qué condiciones se encuentra el municipio o, a nivel más detallado, cada barrio en su comuna. Este documento cuenta con un enfoque que se podría considerar radicalmente diferente el enfoque geográfico con el que se ha venido desarrollado todo el documento, pero aun así en este se menciona que el municipio de Popayán tiene una condición de vulnerabilidad debido a su ubicación geográfica haciendo mención de la tendencia de sismicidad, así como inundaciones e incendios, aunque sin mencionar los incendios estructurales. Pese a lo anteriormente mencionado y como menciona Vargas, (2011) “la gestión del riesgo no ha sido un componente lo suficientemente valorado” ocasionando así una carencia en este sentido que puede culminar en la pérdida de vidas.

La gestión de riesgo es importante tenerla en cuenta pero además, en el documento se menciona como a causa del terremoto de 1983 hubo un cambio en la dinámica urbana ya que este evento resultó en el traslado y reintegración de las familias afectadas a sectores rurales en estado de marginalidad, este cambio radical acompañado de un crecimiento urbano de la ciudad y la falta de una vivienda digna que se pueda proporcionar para las familias que fueron trasladadas culminó en la creación de grandes zonas consideradas de alto riesgo y vulnerabilidad Vargas, (2011). Aunque el documento tiene más un enfoque urbanístico e institucional, analizando las acciones y funciones de la gestión de riesgo y curaduría, es de

resaltar que este evento de reubicación de las familias afectadas por el terremoto puede ser un factor clave para los incendios estructurales, esto debido al estado de las viviendas que allí se encuentran la probabilidad de que se presente un incendio es más alta ya que los materiales usados para la construcción de las casas llegan a ser más propensos a la combustión.

3. Metodología Del Proyecto

Para darle una solución a la problemática propuesta en este proyecto se propone implementar una metodología estructurada por fases con el fin de cumplir con los objetivos previamente presentados. La metodología presentada está orientada en una dinámica de fases, cada una con su respectiva actividad, esto con el fin de que en cada fase el resultado que se presente sea claro, además cada fase a nivel individual mostrará datos y resultados que pueden ser de interés o utilidad para posteriores investigaciones.

3.1. Primera Fase. Recolección y sistematización de la información.

Durante el desarrollo de esta fase se realizarán tres actividades propuestas, la primera siendo la recolección del registro de incendios durante el periodo de 2018-2022 y posteriormente organización, la segunda actividad es la sistematización de estos datos en un sistema de información geográfica y por último la tercera actividad es la implementación de estos datos en un sistema de información geográfica. Esta fase está orientada a la exploración y posterior tratamiento de los datos que serán proporcionados.

Actividad 1. Recolección y organización de la información

Los registros de los incendios que maneja el Cuerpo de Bomberos Voluntarios se encuentra tanto en físico como en digital como ya se mencionó en el proyecto, para llevar a cabo la sistematización de esta información y su posterior integración en un sistema de información geográfica, es fundamental recopilar los datos y organizarlos. Esto implica comparar los datos físicos con los datos digitales para asegurar su coherencia y completitud. Es importante destacar que algunos datos podrían no estar presentes en el archivo histórico de las bitácoras o en los datos digitales, por lo que se debe realizar una revisión exhaustiva para identificar y corregir cualquier discrepancia. Posteriormente, con los datos recolectados es

necesario que estos se encuentren organizados y agrupados por año para que sea más práctico el uso de una escala temporal. Cabe aclarar que en este proceso tanto de recolección como de organización de los registros de incendios estructurales se requiere un uso recurrente del área de archivo del Cuerpo de Bomberos Voluntarios, por lo cual se siguen las indicaciones que se manejan en la institución para evitar cualquier tipo de inconveniente

Actividad 2. Sistematización de la información.

Mediante la integración al cuerpo de bomberos voluntarios, se tiene acceso a la información que ellos manejan, ya sea en papel como bitácoras físicas o en formato digital como hojas de cálculo. Es crucial llevar a cabo una sistematización de estos datos la cual consiste en convertir estos datos alfanuméricos en datos espaciales y posteriormente almacenarlos en una base de datos espacial la cual permita que, a futuro sea posible actualizar los datos ya existentes o añadir más, así mismo este método permite una fácil consulta de estos datos. Es importante destacar que los datos base carecen de coordenadas geográficas, registrando en su lugar las direcciones de residencia de los sitios, como se mencionó anteriormente. Por lo tanto, resulta imprescindible llevar a cabo la conversión de estas direcciones a coordenadas geográficas para garantizar la integridad y utilidad de los datos.

Actividad 3. Implementación de los datos en SIG.

Aquí los datos que ya han sido convertidos se implementan en un SIG, estos datos se almacenan en una base de datos, en este se agrupan todos los datos y, a modo de crear una división para posteriores análisis, se tiene muy en cuenta el año en el que el registro fue hecho, ya que con eso se pueden crear mapas con temática multitemporal.

3.2. Segunda Fase. Elaboración de cartografía temática.

Con los datos ya implementados al Sistema de Información Geográfica a utilizar, en este caso el programa de ArcGIS, es posible elaborar mapas temáticos que sirven para representar los resultados obtenidos y que son complementarios para realizar los análisis correspondientes. Para esto se cuenta con dos enfoques principales, teniendo en cuenta el factor espacial y temporal de los datos en la representación de los mapas. Para desarrollar esta fase, se realizan dos actividades: la primera, la producción de mapas espaciales, está enfocada principalmente en este factor, teniendo en cuenta factores relacionados con el lugar y el comportamiento de uno o más conjuntos de datos que ocupan un lugar singular en la escala de tiempo, pero con variaciones en la escala del terreno además de su distribución. Por otro lado, la segunda actividad está dirigida a la producción de mapas temporales que, a diferencia de los mapas espaciales, se orienta más a cómo se desarrolla la información en un periodo de tiempo. Esto se utiliza para comparar y analizar cambios entre los mapas realizados durante los años. Cada año requiere su propio análisis espacial (realizado durante la primera actividad), y el análisis temporal se encarga de comparar y elaborar un mapa que corresponda a la correcta representación de estos cambios en las variables.

Actividad 1. Producción de mapas espaciales

Existen diversas formas para producir un mapa que represente espacialmente un dato, pero para el uso de este proyecto se tendrán más en cuenta el uso de software SIG que permitan elaborar este tipo de mapas. Se resalta el uso de herramientas de análisis espacial o spatial analyst tools ya que de entre las herramientas que aquí se encuentran está Kernel que nos permite representar la densidad de algún dato espacial, eso es vital para representar los datos obtenidos de para áreas de concentración de incendios, así mismo las herramientas de mapas de calor permiten realizar esta misma labor a modo de segunda opción.

El uso de estas herramientas para representar la densidad no recae solamente en la acumulación y visualización de los datos ya que teniendo en cuenta la segunda actividad de la segunda fase es posible utilizar estas herramientas para identificar visualmente la cantidad de personas que pueden ser afectadas en un área de alto riesgo de propagación de incendios utilizando la densidad como punto de concentración de las posibles viviendas afectadas.

Actividad 2. Producción de mapas temporales

El proceso de la producción de mapas temporales es diferente al espacial, ya que aquí lo que se busca es comparar como la variable de un año ha cambiado en un periodo de tiempo definido, teniendo en cuenta que el proyecto tiene información que abarca 5 años es posible lograr observar cómo cambio la información de los datos entre las fechas. Dado que cada año cuenta con su respectivo análisis y mapa es posible comparar y extraer las diferencias entre los polígonos y los datos entre los periodos, para es necesario una herramienta que permita un análisis de patrones a través de una escala temporal como lo es el uso de cubos espacio-temporales (NetCDF) nota ya que esta herramienta permite una evaluación de la tendencia y de los atributos en cada ubicación, además esta herramienta permite ser actualizada para ser usada como una plantilla y continuar añadiendo información para mejorar el análisis temporal.

Otra forma de analizar los datos temporales es precisamente aprovechar este factor ya que los datos se dividen por años lo que hace posible que se agrupen y permita realizar un análisis enfocado al factor temporal de estos datos. Retomando el método usado en la actividad 1 de esa fase la herramienta kernel permite trazar un mapa de calor tomando en cuenta la concentración de estos datos, teniendo en cuenta que los datos se pueden dividir por años separados de cada uno es posible realizar un proceso de kernel utilizando únicamente los datos que se encuentran en ese año específico, utilizando este método espera obtener 4 mapas de calor para cada uno de los años estudiados.

3.3. Tercera Fase. Análisis espacial y temporal de los patrones de distribución.

Teniendo en cuenta que los incendios son eventos de naturaleza cambiante y que muchas pueden ser las razones por las cuales ocurren, esta fase se enfoca en realizar un análisis dirigido tanto a la espacialidad como a la temporalidad con el fin de comprender cómo es el comportamiento de los incendios estructurales y cómo se desarrollan en el lugar de ocurrencia, así como su evolución en los años que serán analizados. El desarrollo de esta fase contará con tres actividades, tanto la primera siendo la identificación de zonas de concentración como la segunda siendo la localización de áreas de alto riesgo de propagación son actividades enfocadas en realizar análisis espaciales, por otro lado, la tercera actividad siendo el análisis de la temporalidad de los incendios y sus cambios producidos está enfocado en comprender cual es el comportamiento de los incendios estructurales y que cambios esto conlleva.

Actividad 1. Identificación de zonas de concentración de incendios estructurales.

Con base en los datos ya implementados en la plataforma SIG es posible visualizar estos datos, pero estos datos por si solos no permiten realizar el análisis que se requiere para esta actividad, es por esto que es necesario un mapa base para poder identificar estas zonas de concentración, para esto se tiene el mapa de Popayán, pero este carece de una información precisa dado cuenta con una escala grande no se mostrará mucho detalle, es por esto que se opta por utilizar una escala menor. Para eso se tiene dos mapas base el mapa de Popayán dividido por comunas tiene una escala menor lo que permite tener un mejor nivel de detalle y así mismo el mapa de Popayán dividido por manzanas cuenta con una escala aún menor lo cual es muy bueno por el nivel de detalle, para este mapa en específico se trabaja con base en el Marco Geoestadístico Nacional a nivel de manzana integrado al Censo Nacional de Población y Vivienda para el año 2018 y se plantea utilizar una escala de 1:20.000.

En este orden de ideas los mapas que requieren para realizar un correcto análisis de la identificación de zonas de concentración de los incendios estructurales son el mapa de Popayán dividido por comunas, lo que se busca hacer es ver cómo se agrupan los puntos donde se registró el incendio y contrastarlos con las zonas donde estos ocurren muy poco o no ocurren en absoluto, se busca además agrupar la información que se obtiene para facilitar el proceso de producción de la cartografía, añadiendo que se hace una descripción de las zonas donde más se presenta una concentración de puntos y así mismo a las zonas donde estos ocurren muy poco, además localizar estas áreas y tener información de la población del municipio permite inferir cuál podría ser la población que se vería afectada en estas áreas de concentración.

Actividad 2. Localización de áreas de alta susceptibilidad a incendios estructurales

Los incendios se pueden propagar con una gran facilidad, pero esto ocurre por factores específicos que lo favorecen, es por eso que para localizar las áreas de alto riesgo de propagación de incendios es necesario comprender que puede favorecer la programación de los incendios estructurales, para esto se utilizará como base los puntos registrados de los incendios estructurales, el mapa de Popayán dividido por manzanas del DANE y el mapa de materiales predominantes en paredes exteriores también proporcionado por la página del geovisor del DANE. El uso de estos 3 mapas está dado así para que se pueda analizar si existe una relación entre el tipo de uso del suelo que se está dando en un área de concentración de incendios o si no se encuentra una relación directa o significativa en este aspecto, gracias a esto es posible identificar si existe un factor común que permita identificar si un área tiene una mayor susceptibilidad a tener un incendio estructural o no,

Por último y para dar una visión más general se añade el mapa de las comunas, esto hace que se pueda ver como es el comportamiento a nivel general de la ubicación de estas

áreas propensas a la propagación y además facilita la ubicación de la división entre áreas más y menos propensas a la propagación y claro en caso de no encontrarse relación alguna se describirán aspectos resaltables, pero no determinantes que puedan ser observados fácilmente.

Cabe añadir que este proceso es replicable en el área rural de Popayán, pese a que no se cuenta con comunas cuenta con sus respectivos equivalentes siendo la vereda y el corregimiento.

Actividad 3. Análisis de la temporalidad de los incendios y sus cambios producidos

Los anteriores análisis se enfocaron en el comportamiento y las variaciones a nivel espacial pero dado que el proyecto tiene información que abarca 5 años hace que en algunos periodos de tiempo el comportamiento sea diferente, para realizar este análisis ya se tiene que contar con los realizados por las anteriores actividades y claro cada una dividida por cada año de ocurrencia, con esto es posible visualizar y comparar cómo ha sido el comportamiento de los incendios, esto no solamente se queda aquí claro sino que se tiene en cuenta que al presentarse algún cambio en otro periodo de tiempo este mostrará datos que pueden ser diferentes a los de períodos pasados o futuros, con esto se busca analizar porque se ha presentado esta variación y se analizará localizar las zonas que presentan una mayor variación entre sí.

3.4. Cuarta Fase. Organización y presentación de resultados.

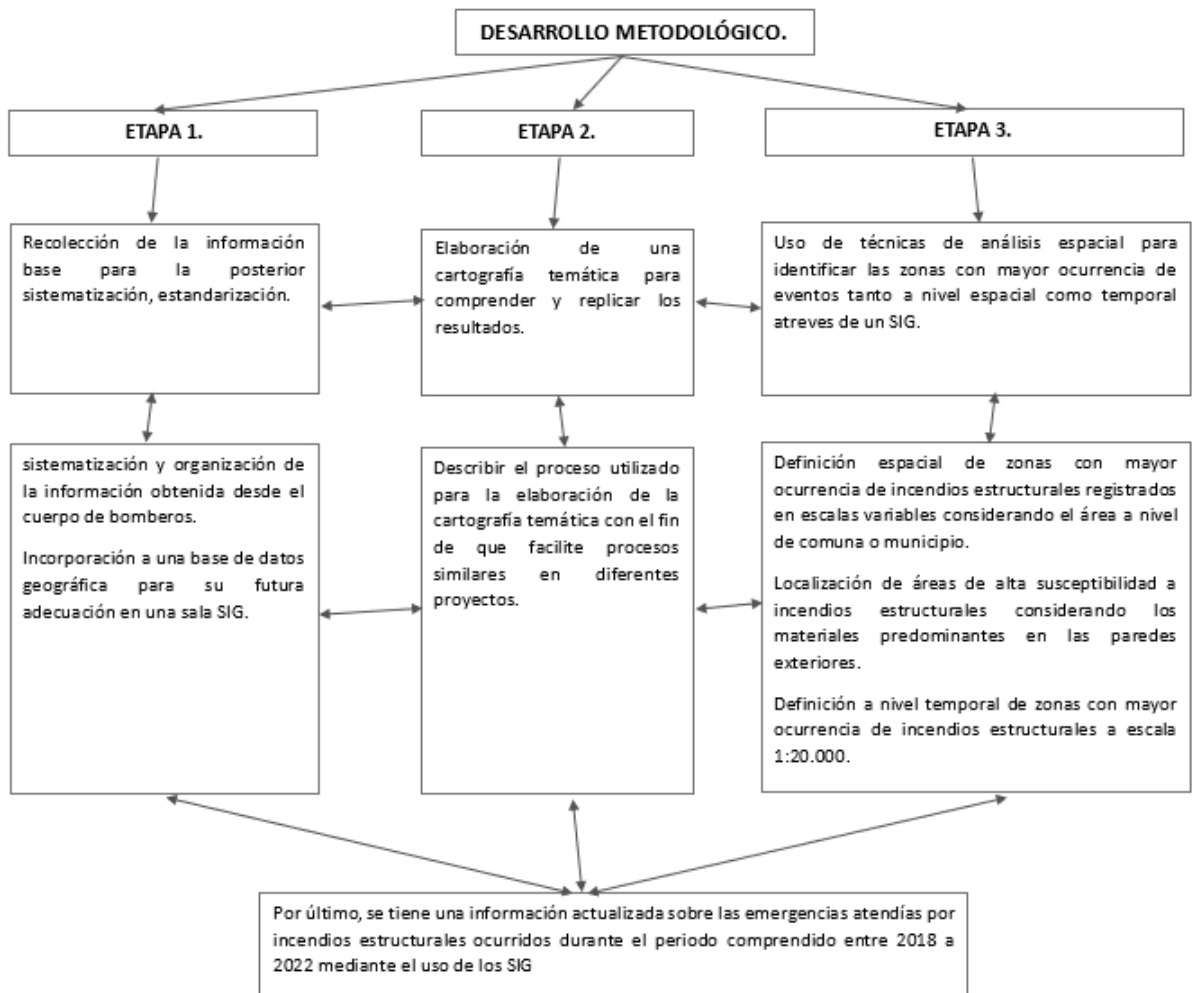
Por último, en esta fase se realizará una presentación y organización de los resultados obtenidos mediante las fases anteriores, para organizar los datos se tendrá en cuenta el acceso a la GeoDataBase ya que en esta se alojaron los archivos principales para la elaboración de los

mapas, en este aspecto se describirá en tablas la estructura de datos de los mapas utilizados, el uso de la GDB permite acceder más fácil y ordenadamente a la información sin que se requiera conocimiento previo de cada una de las ubicaciones individuales de los datos o shp, de esta manera si algún integrante del cuerpo de bomberos voluntarios desee acceder a la información de los mapas y modificar o agregar información a futuro pueda hacerlo de forma eficiente.

Igualmente, la presentación de los mapas se realiza con su correspondiente composición para su fácil entendimiento, además se narra lo más destacable que se ha encontrado y se socializa con el Cuerpo de Bomberos Voluntarios sobre algunas características que se evidencian en los mapas debido a la falta de contexto y familiarización con las zonas algunos datos pueden quedar en el aire, por lo cual una socialización se podría ahondar más en algunos temas. Además, mediante la presentación se motivará a que el método de registro de la información sea tomado por un GPS para que así se pueda llevar un registro más preciso de la información, aun así, se entiende que la urgencia por atender la emergencia es superior a la necesidad de tomar la medida, es entendible entonces que no en todas las situaciones sea posible la toma de estos datos.

3.5. Esquema metodológico.

Gráfico 1: Diagrama de flujo



Fuente: Elaboración propia.

4. Recolección, clasificación y sistematización de la información

Como se mencionó en la metodología, en esta fase se realiza una búsqueda y recolección de la información de incendios estructurales en Popayán, posteriormente esta información se clasifica según los parámetros utilizados durante el desarrollo de la actividad, por último, estos datos son georreferenciados para así agregarlo al Sistema de Información Geográfico a usar, siendo ArcGIS o Qgis programas utilizados. El desarrollo de esta fase se realiza por las actividades previamente planificadas y posteriormente ejecutadas, cada una cumple la función de describir como fue el proceso, los pasos y los inconvenientes en su realización.

4.1. Recolección y organización de la información.

El Cuerpo Voluntario de Bomberos de Popayán cuenta con un almacenamiento de los datos de forma física, dicha información se encuentra en el archivo de la institución y se almacena distribuido por años todos los eventos ocurridos a lo largo del día para así acumularse y formar una carpeta en la que se recopilan todos los registros de un mes, así mismo el proceso para recolectar la información requirió de ir presencialmente al archivo y tomar una caja en la que se almacenan los registros de un año para ubicar el folder del mes en el cual se tiene un registro de incendio estructural.

Dado que la información requerida para el proyecto son los incendios estructurales, se decidió utilizar una muestra, tomando como base la hoja de cálculo previamente suministrada, la cual cuenta con información parcial de los eventos. Esto se hace para reducir el número de datos a recolectar. El criterio utilizado para seleccionar la muestra se basa en la disponibilidad de la información de la nomenclatura vial para definir el punto, entendiendo que existen casos que no son georreferenciables debido a la ambigüedad de la ubicación en el registro. La muestra incluye los datos verificables, y su cantidad permite representar una aproximación o una

tendencia bastante precisa de la visión total de los datos. Para esto, se preparó una hoja de cálculo que permite visualizar y organizar mejor la información

Para organizar el total de incendios estructurales durante periodo de estudio se realizó la siguiente tabla:

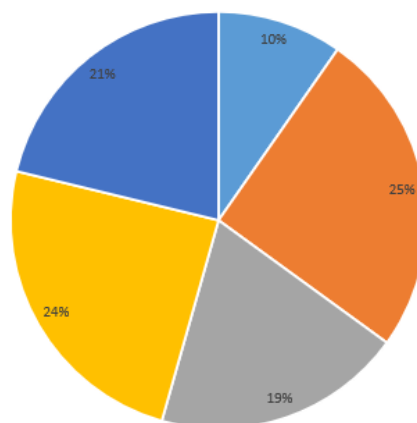
Tabla 1: Incendios estructurales ocurridos por año.

Incendios estructurales por año		Porcentaje
2018	43	10%
2019	112	25%
2020	86	19%
2021	108	24%
2022	94	21%
Total	443	

Fuente: Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán 2024. Elaboración propia

Como se puede apreciar la anterior tabla está organizada agrupando los incendios ocurridos entre cada año respectivamente, se puede apreciar además que la mayoría de incendios se encuentran en los años 2019 y 2021 representando un 25% y un 24% respectivamente, por otro lado, el año con menor incidentes registrados es el 2018 con un 10%. A continuación, se presentará una gráfica de pastel para visualizar mejor estos porcentajes:

Gráfico 2: total de incendios ocurridos por año.



Fuente: Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán 2024. Elaboración propia

De acuerdo con el gráfico anterior, es posible identificar los años con el mayor porcentaje de emergencias o eventos relacionados con incendios estructurales, es decir, los años en los que se presentó la mayor cantidad de estos incidentes.

Retomando lo mencionado anteriormente sobre la muestra, este método permite, ante una gran cantidad de datos, escoger un número menor que permita comprender el comportamiento de una pequeña parte y así inferir la tendencia o el comportamiento en la totalidad de los datos. De acuerdo con esto, se realizó una selección aleatoria de todos los datos para evitar cualquier preferencia o sesgo hacia un sector específico. Esta selección de datos en la tabla resultó en una disminución de aproximadamente el 50% de la información total. A continuación, se presenta la tabla resultante:

Tabla 2: Muestra de incendios estructurales.

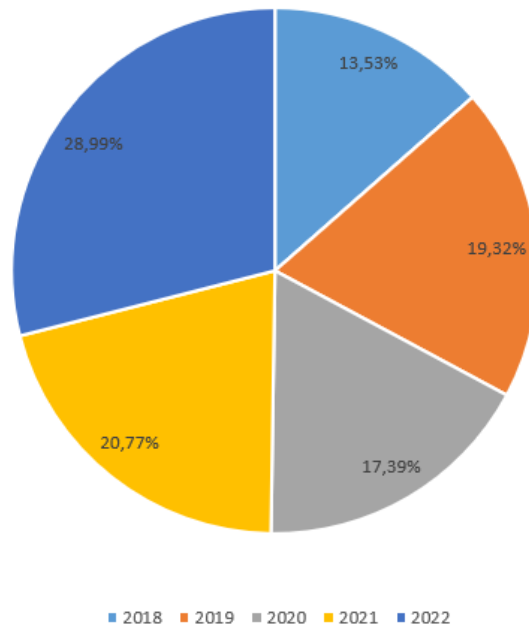
Muestra de incendios estructurales	Porcentaje	
2018	28	13,53%
2019	40	19,32%
2020	36	17,39%
2021	43	20,77%
2022	60	28,99%
Total	207	

Fuente: Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán 2024. Elaboración propia

Al aplicar este método se muestra en la tabla un cambio en la distribución entre años de las emergencias ocurridas, ahora el año más representativo cambia del 2019 al 2022 con un 19,53% y un 28,99% pero es de remarcar como el año 2018 continúa siendo el menos activo con un 13,53%. Al utilizar el gráfico de pastel para representar los datos es más evidente el cambio.

Gráfico 3: incendios estructurales ocurridos en la muestra.

Total de incendios por año en la muestra



Fuente: Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán 2024. Elaboración propia

En síntesis, la distribución de los eventos ocurridos varía durante los años en sus mayores representantes al utilizar el método de la muestra, aun así, se presenta un año que se mantiene constante en su porcentaje que representa. Cabe mencionar que en la búsqueda de la información en archivo algunos datos no se encontraron o estaban repetidos a causa de lo extenso del incidente, el hecho de que sean pocos casos repercute en la información presentada.

para organizar los datos en una estructura que siga un orden coherente que permita agrupar los datos se utilizó como medio común la ubicación del incidente en la comuna correspondiente, esto quiere decir que cada incendio está anclado a la comuna a la que se presentó el mismo. Dicho lo anterior, y organizando en una tala de Excel la información por cada comuna, se obtienen los siguientes 10 grupos distribuidos por la columna de localización:

Tabla 3. Distribución de los incendios estructurales en comunas.

Localización	Año
Comuna 1	2018
	2019
	2020
	2021
	2022
Comuna 2	2018
	2019
	2020
	2021
	2022
Comuna 3	2018
	2019
	2020
	2021
	2022
Comuna 4	2018
	2019
	2020
	2021
	2022
Comuna 5	2018
	2019
	2020
	2022
Comuna 6	2018
	2019
	2020
	2021
	2022
Comuna 7	2018
	2019
	2020
	2021
	2022
Comuna 8	2018
	2019
	2020
	2021
	2022
Comuna 9	2018
	2019
	2020
	2022
Veredal	2018
	2019
	2021

Fuente: Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán 2024. Elaboración propia

En la tabla anterior, se muestra cómo se han agrupado los incendios por año para simplificar su visualización en el contexto del proyecto de investigación. Estos datos agrupados, como se mencionó anteriormente, se distribuyen en 10 grupos por comunas. Es evidente que el municipio de Popayán tiene solamente 9 comunas, como se puede apreciar en la tabla. La inclusión del grupo "veredal" corresponde precisamente a los incidentes que ocurrieron fuera de las comunas. Este grupo surge debido a que la delimitación del perímetro urbano de Popayán no se ha actualizado para reflejar los nuevos entornos sociales de los tiempos actuales. Por lo tanto, se han tomado los puntos que están fuera de estas comunas y se han agrupado en este nuevo conjunto.

4.1.1. Clasificación de los incendios estructurales.

Tomando como referencia la muestra seleccionada para realizar el estudio, se plantea una clasificación la cual permita comprender estos datos mediante un filtro o un elemento que sirve para agrupar los datos, estos mismos manejan valores correspondientes principales como el año, la dirección, el barrio (el cual no se especifica en ciertos casos) y su respectiva comuna que anexa el barrio. Definida esta estructura se decidió tomar las comunas para agrupar todos los datos, además de incluir la fecha para aumentar la calidad en la información que se presenta.

Como estos grupos corresponden a una comuna se entiende que el área en su mayoría es homogénea en referente a las estructuras de las viviendas o en su defecto los materiales predominantes en las paredes exteriores, por ende, la clasificación espacial de la información permite facilitar un análisis más detallado.

Al agrupar los datos utilizando como principio de organización la comuna, el resultado fue la siguiente tabla de Excel:

Tabla 4: Recurrencia incendios estructurales por año y localización.

Recurrencia de incendios estructurales por año y localización							
Año 2018	Año 2019	Año 2020	Año 2021	Año 2022	Localización	Total	Porcentaje
1	2	4	4	3	Comuna 1	14	6,76%
3	8	4	5	11	Comuna 2	31	14,98%
5	3	4	9	7	Comuna 3	28	13,53%
6	6	1	10	10	Comuna 4	33	15,94%
2	5	1	0	8	Comuna 5	16	7,73%
2	5	3	6	5	Comuna 6	21	10,14%
5	4	6	3	6	Comuna 7	24	11,59%
2	2	6	4	5	Comuna 8	19	9,18%
1	4	8	0	4	Comuna 9	17	8,21%
1	1	0	2	0	Veredal	4	1,93%
28	40	37	43	59		207	

Fuente: Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán 2024. Elaboración propia

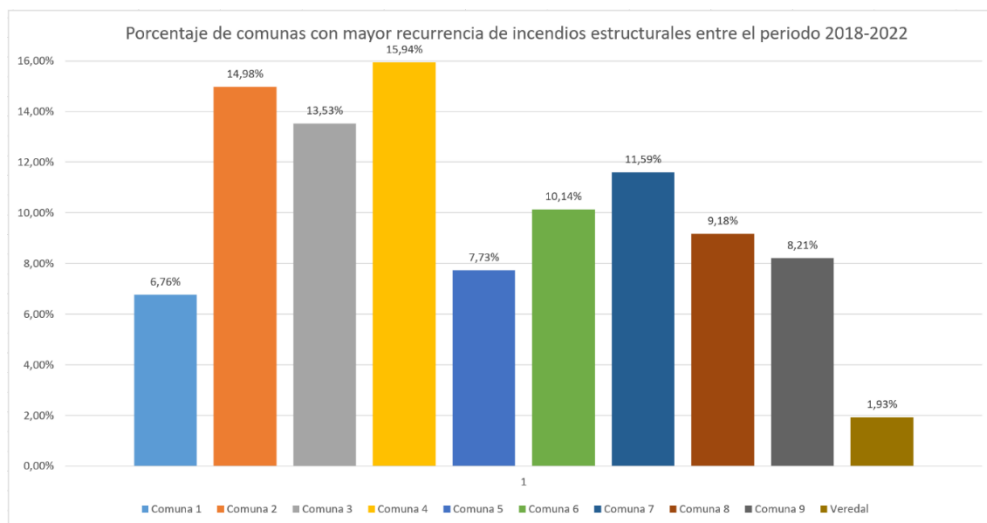
Organizar la información de este modo permite observar las áreas donde más ocurren estos eventos, se tiene entonces que la comuna 2, 3 y 4 son las áreas donde es más probable que ocurra un incendio estructural ya que su porcentaje es más representativo siendo un 14,98% 13,53% y 15,94% respectivamente, así mismo del otro lado de la tabla se encuentran 2 áreas que son las menos representativas siendo la comuna 1 y 5 con un 6,76% y 7,73%. Estos datos pertenecen al área urbana la cual permite la agrupación y clasificación por comunas, como se mencionó anteriormente los datos por fuera corresponden al grupo “veredal” estos casos específicos que se agrupan aquí, los cuales no son muchos, ocupan el área con menor porcentaje en la tabla lo que indica el menor impacto en general, siendo estos datos tan poco representativos que no permiten un análisis apropiado, además que estos eventos varían mucho en su ubicación, se toman como datos extra o complementarios con esperanza de que en el total de la información existan más eventos en áreas consideradas del grupo “veredal”

Los anteriores datos muestran que existen dentro de la ciudad áreas que representan mayor probabilidad de que se presente una emergencia, así como áreas que no frecuentan estos hechos, una de las formas de comprender estos datos es utilizando la estratificación social que

se maneja en Colombia, este tema abarca muchas variables en aspectos sociales y comportamientos en entornos de sociedad, privacidad y cultura ciudadana que son interesantes de analizar pero se desvía del objetivo principal del proyecto, es por eso que para representar de una forma más simplista esta situación se opta por el uso de una capa de manzanas en la cual está la información de los materiales predominantes en paredes exteriores, más adelante se realizará un análisis utilizando este mapa como base.

Retomando la tabla 3, los datos representados visualmente quedarían de esta forma:

Gráfico 4: Incendios estructurales agrupados en comunas.



Fuente: Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán 2024. Elaboración propia

Otra de las formas de representar estos datos que permite profundizar más y entender su comportamiento es realizar un gráfico de columnas apiladas el cual permita representar como ha sido el comportamiento de los incendios estructurales durante los 5 años estudiados, en base a la estructura se utilizó en la tabla 3 se procedió a representar de forma porcentual la cantidad de incendios estructurales que han ocurrido en una comuna durante cada uno de los 5 años estudiados. Al realizar el procedimiento dio como resultado la siguiente tabla:

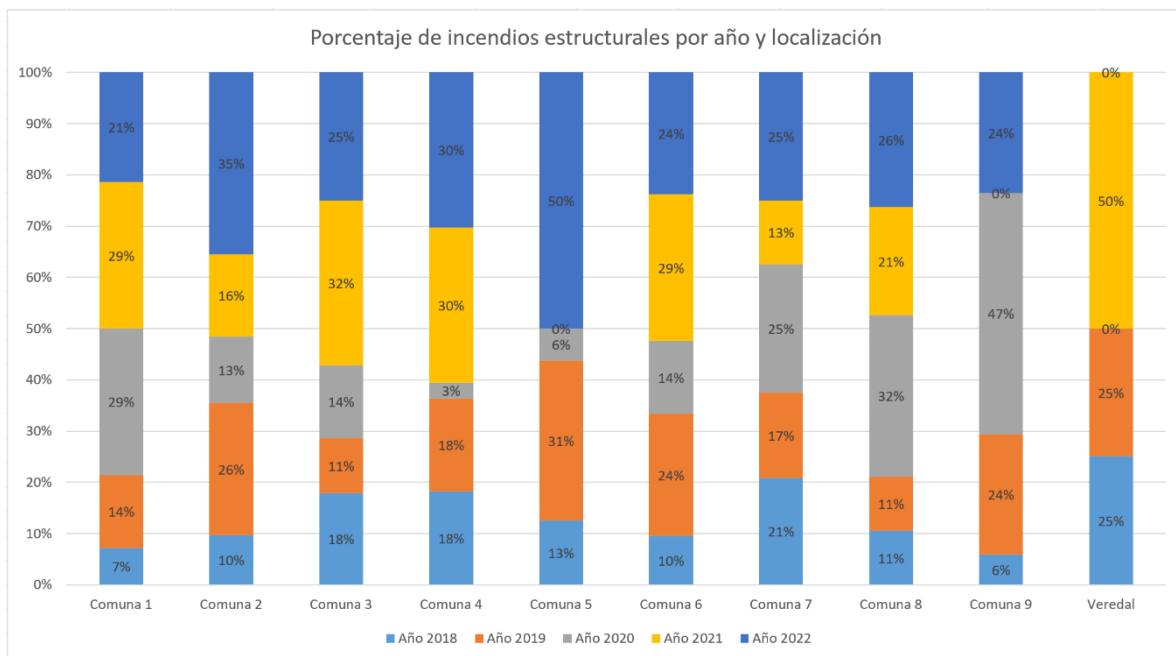
Tabla 5: Porcentaje de incendios por año y comuna.

Porcentaje de incendios por año y comuna					
Año 2018	Año 2019	Año 2020	Año 2021	Año 2022	Localizacion
7%	14%	29%	29%	21%	Comuna 1
10%	26%	13%	16%	35%	Comuna 2
18%	11%	14%	32%	25%	Comuna 3
18%	18%	3%	30%	30%	Comuna 4
13%	31%	6%	0%	50%	Comuna 5
10%	24%	14%	29%	24%	Comuna 6
21%	17%	25%	13%	25%	Comuna 7
11%	11%	32%	21%	26%	Comuna 8
6%	24%	47%	0%	24%	Comuna 9
25%	25%	0%	50%	0%	Veredal

Fuente: Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán 2024. Elaboración propia

La elaboración de esta tabla permite que se cree un gráfico para mejorar la visualización de los anteriores datos. A continuación, se presenta la tabla resultante:

Gráfico 5: incendios estructurales por año y comuna.



Fuente: Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán 2024. Elaboración propia.

Organizar los datos de esta forma permite observar cuál fue el año más representativo entre cada comuna, por ejemplo, en la comuna 5 el 50 % de los incendios estructurales se presentó en el año 2022 pero en la misma comuna no se presentó ningún incendio durante el

año 2021 lo que se muestra con un 0%. Obviando el caso de la agrupación veredal todas las comunas muestran un comportamiento interno evidenciado por la división en años.

4.2. Sistematización de la información

Para realizar la sistematización, se priorizaron ciertos datos sobre otros porque como se mencionó anteriormente, la estructura de los datos que importan para tomar un punto espacial es tal que así: dirección / barrio, en algunos casos la dirección es incorrecta debido a que las calles no son vecinas entre sí o se encuentran en ubicaciones totalmente diferentes al barrio, debido a esto se toma como referencia la ubicación del barrio o el nombre del mismo para tomar el punto aunque la información sea general, así mismo cuando se presenta una dirección sin barrio se busca la dirección exacta y se toma el punto en la casa que se marque.

Para extraer la coordenada y convertirla a punto se toma la dirección del incendio y se dirige a Google Maps o Bing Maps para digitarlo y por medio de la interfaz extraer el punto donde marca la dirección como un dato de latitud y longitud, o también llamado coordenadas planas la cual el sistema de ArcGIS y Qgis pueden detectarlo y asignarle un punto geográfico.

Al asignar el punto geográfico se añade la información obtenía del archivo, esta información no se encuentra en el registro digital de Excel que se nos fue proporcionado, la información base en el documento de Excel que es requerida para el trabajo corresponde a los siguientes campos:

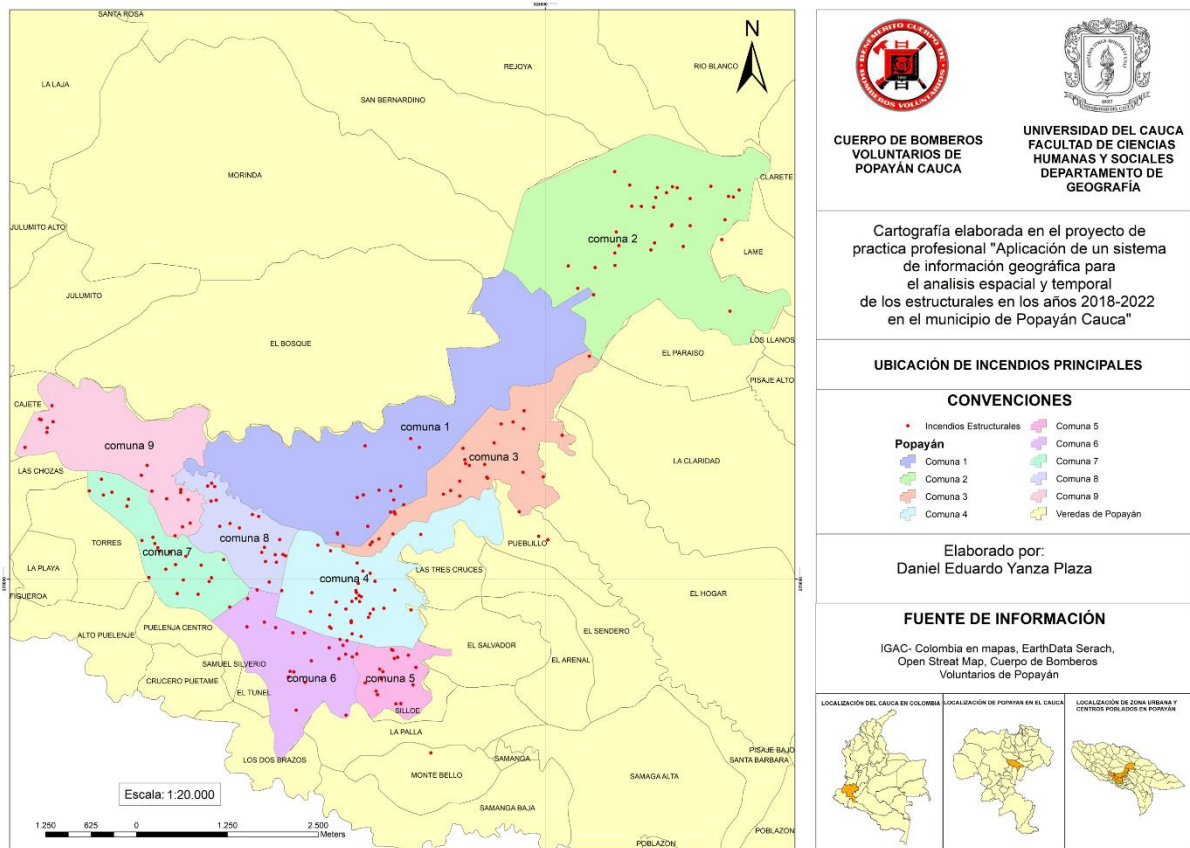
- Fecha de emergencia: Describe el día, mes y año en que se reportó el evento
- Departamento: Describe el nombre del departamento
- Municipio: Describe el nombre del municipio
- Dirección: Describe la dirección con la nomenclatura específica y su respectivo barrio en la mayoría de ocasiones, además en caso de veredas toma el nombre de la misma o en ocasiones de edificaciones representativas y fácilmente localizables.

Al hacer la recolección de datos en el archivo, se presentamos los siguientes nuevos campos de datos:

- propietario o persona que reporto el evento: Describe quien reporto la emergencia con el nombre que reciben, incluye también patrulleros y red de apoyo
- teléfono: Describe el número de teléfono, red de apoyo o radio usado para contactar y reportar la emergencia
- hora: Describe la hora en la que reportaron el incidente
- máquina: Describe los tipos de máquinas que acuden al llamado
- maquinista: Nombra al conductor de la maquina
- hora de salida: Describe la hora en la que salieron las maquinas a combatir la emergencia
- hora de arribo: Describe la hora en la que llegan las maquinas a la emergencia
- hora de llegada: Describe la hora en la que regresan a la estación de bomberos
- guardia: Nombra quien estaba de guardia en ese momento
- unidades de respuesta inmediata: Enumera la cantidad de máquinas que se presentaron en la emergencia
- comandante incidente: Nombra quien fue el comandante en la emergencia

Con esta información añadida al Excel se procede a realizar la georreferenciación, se toma la dirección y con el Google Maps se extrae el punto dando clic derecho para realizar esta acción, la información resultante está en formato de coordenadas planas divididas por latitud y longitud, estos campos se añaden al documento de Excel para posteriormente realizar el cambio de formato a archivo CSV y añadirlo a Qgis y ArcGIS. El producto final es el siguiente:

Mapa 3: Incendios estructurales en Popayán 2018-2022.



Fuente: Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán 2024. Elaboración propia.

Cada uno de los puntos representa un incendio estructural, estos puntos se encuentran sobre una capa de Popayán la cual está dividida por comunas, dado que esta capa no estaba actualizada y sectores como el cementerio de Yanaconas estaban fuera de la comuna, se consideró que estaba desactualizada. Por tanto, se procedió a realizar una digitalización manual utilizando la herramienta QGIS, la cual permite modificar los vectores, el criterio que se utilizó para actualizar la capa es la información que se encuentra en Open Street Maps una página que permite a los usuarios modificar la información y mantener actualizados los mapas, en este caso el perímetro del área urbana de Popayán se encontraba totalmente actualizado y firmado

por la alcaldía pero esta información no estaba disponible para su descarga por lo que se hace la digitalización manual⁷.

⁷ La información utilizada para la elaboración del mapa de comunas actualizado está pendiente de ser revisada y verificada de acuerdo con la actualización del plan de desarrollo municipal

5. Elaboración de cartografía temática

Con los datos de incendios estructurales ya sistematizados e incorporados a una base de datos geográfica en ArcGIS, se puede realizar los procesos requeridos para la elaboración de una cartografía temática que, basándonos en esta información, se evidencie diferentes aspectos de los datos que no son fáciles de captar a simple vista, estos mapas permiten un análisis más profundo dado que las herramientas que provee ArcGIS son tan amplias y cuentan cada una con un enfoque que permite llegar a vislumbrar el comportamiento que tienen los datos tanto en el aspecto espacial como temporal.

En este capítulo se realiza una recapitulación del proceso como fueron elaborados estos mapas, esto con el fin de que los procesos descritos aquí sirvan como una guía de entendimiento en la aplicación y función que tienen los mapas, esto no quiere decir que el único método para realizar el procesamiento de los datos sea el utilizado aquí, las diversas herramientas con las que cuenta ArcGIS permiten que cualquier persona obtenga procese la información como mejor le parezca e incluso el mismo usuario encuentre formas más eficientes de realizar estos procesos modificando los parámetros de las herramientas.

5.1. Representación espacial

Un dato espacial permite comprender el comportamiento que tiene este en el entorno, al contar con varios datos espaciales, siendo estos los incendios estructurales, es posible mediante las herramientas que proporciona un SIG visualizar la organización y agrupación que tiene esta información en un entorno. Teniendo en cuenta lo anterior mencionado, la creación de mapas enfocados a plasmar como es el comportamiento de los datos es vital para realizar un correspondiente análisis y comprender a mayor profundidad información que un dato que por sí solo no puede proporcionar.

5.1.1. Mapa de pendientes

Para comenzar el mapa de pendientes es un mapa que permite entender el relieve que se presenta en el municipio, en este caso en Popayán, este es esencial en el caso de que algún incendio se presente en un área muy inclinada ya que en algunos casos que un área residencial se encuentre en una colina la cual tenga una pendiente mayor al 40% la accesibilidad para acceder al punto y aplacar la emergencia es considerablemente mayor, por otro lado las pendientes que sean más planas o que cuenten con una pendiente entre 0% a 10% o 15% no presentarían demasiados problemas de accesibilidad en el aspecto geomorfológico y del terreno.

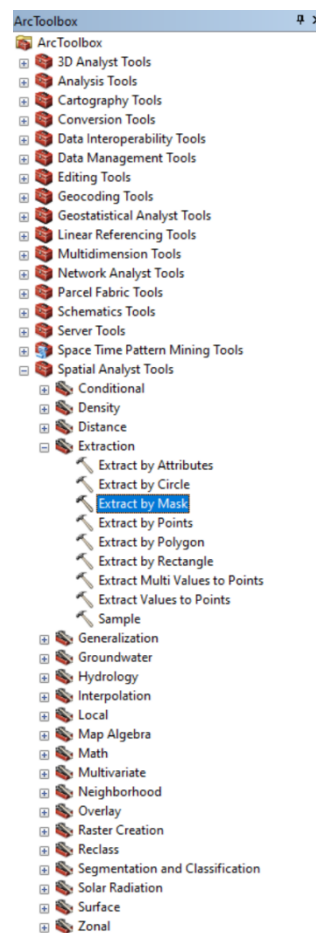
Ya que en el municipio de Popayán el área rural tiene un comportamiento geomorfológico con más tendencia a ser montañoso a diferencia del área urbana, se aplican 2 enfoques para la realización del mapa. A nivel general tomando todo el municipio en sí, y a nivel local tomando solamente el área urbana, comenzando con el mapa a nivel general el proceso para realizarlo fue el siguiente:

Ante todo, para realizar un mapa es necesario contar con los datos necesarios para que los procesos sean hechos correctamente, este aspecto el principal dato que se necesita para realizar el mapa de pendientes es el Modelo de Elevación Digital o DEM por sus siglas en inglés, en este caso para Colombia el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC cuenta con el DEM de la misión Shuttle Radar Topography Mission o SRTM el cual es un modelo de elevación digital con un nivel de detalle de 30 metros que se utiliza para cualquier parte de Popayán ya que es a nivel nacional. Entre los datos necesarios, además del DEM, se encuentra el área de trabajo la cual es el límite del municipio de Popayán, capa que se encuentra en la página Colombia en Mapas como “Municipios, distritos y Áreas no municipalizadas de Colombia”. Además, para enriquecer la información que permite dar el mapa se tiene en cuenta la red hídrica para la ubicación del nombre de los drenajes dobles y sencillos. Para que el

proceso de cómo se realizaron los mapas no sea tan meticuloso se mencionaran las herramientas usadas y como ubicar los datos en las mismas para configurarlas correctamente y se describirá el resultado textualmente.

En este sentido lo primero que se debe tener en cuenta es el área de trabajo, en este caso el municipio de Popayán, ya que el DEM es a nivel nacional hacer un recorte será necesario para delimitar la zona de trabajo, haciendo uso de la función Extracción por Mascará ubicada en la siguiente ruta:

Imagen 1. Ruta de la herramienta de “extracción por mascara”.

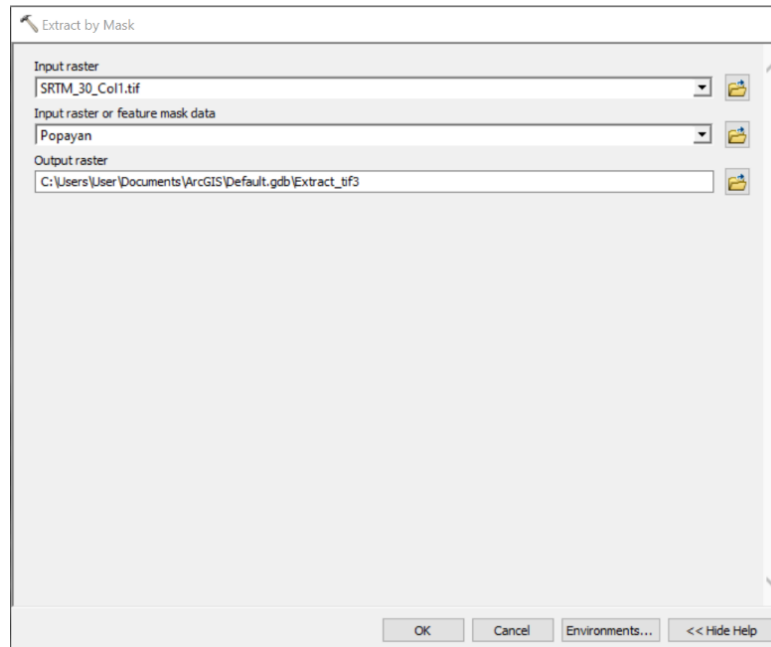


Fuente: Elaboración propia.

Esta herramienta permite hacer una extracción de la información del ráster teniendo como máscara una información vectorial, en este caso la delimitación del municipio de Popayán sirve para realizar este proceso, en el mismo la herramienta solamente necesita el

ráster original (el SRTM) y la capa la cual servirá para recortar el ráster (el shp de Popayán) como se observa en la siguiente imagen:

Imagen 2: Configuración de la herramienta “Extracción por Mascara”.

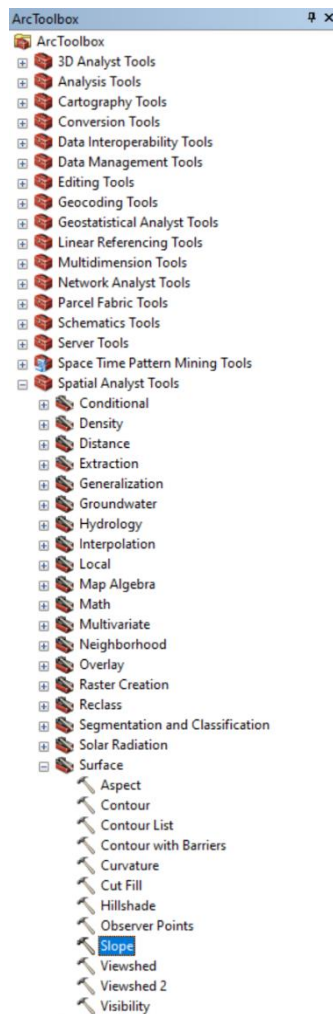


Fuente: Elaboración propia.

Al realizar este proceso de recorte por mascara el resultado es el Modelo de Elevación Digital recortado al área del municipio de Popayán, es de este dato por el cual se deriva toda la información necesaria para el mapa de pendientes.

Continuando con el proceso ahora se necesita la herramienta Pendiente o Slope en inglés para así obtener todas las pendientes del DEM. La herramienta se encuentra ubicada en la siguiente ruta:

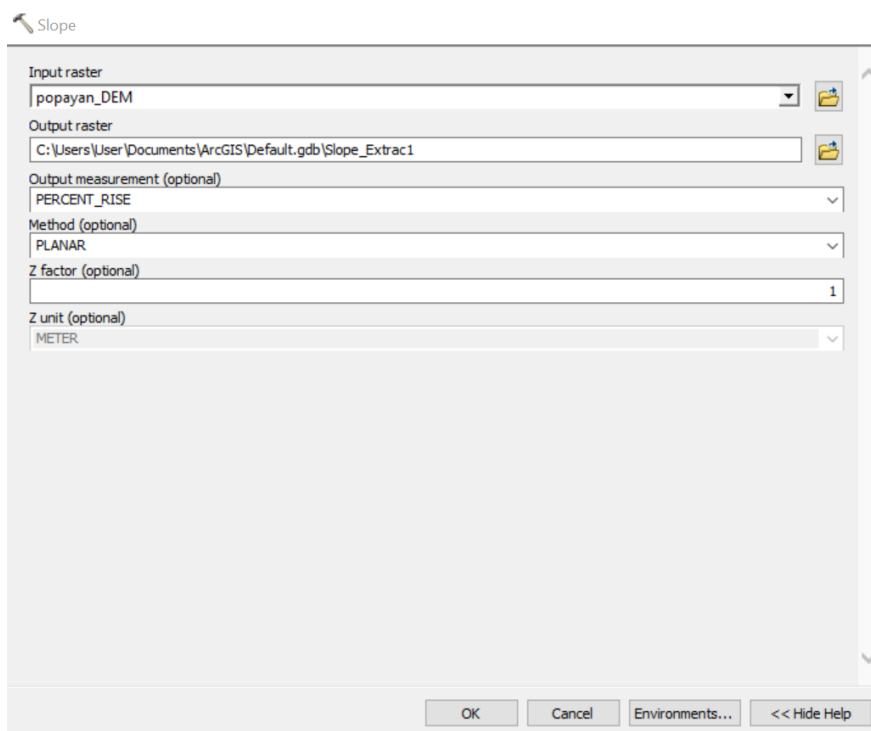
Imagen 3: Ruta de la herramienta “Pendiente”.



Fuente: Elaboración propia.

Esta herramienta hace uso del DEM que fue previamente recortado para así obtener todas las pendientes, dado que hay dos unidades de medición para entender estas pendientes siendo por grados y por porcentaje se usó en este caso la unidad de porcentaje dejando la configuración de esta forma:

Imagen 4: Configuración de la herramienta “Pendiente”.



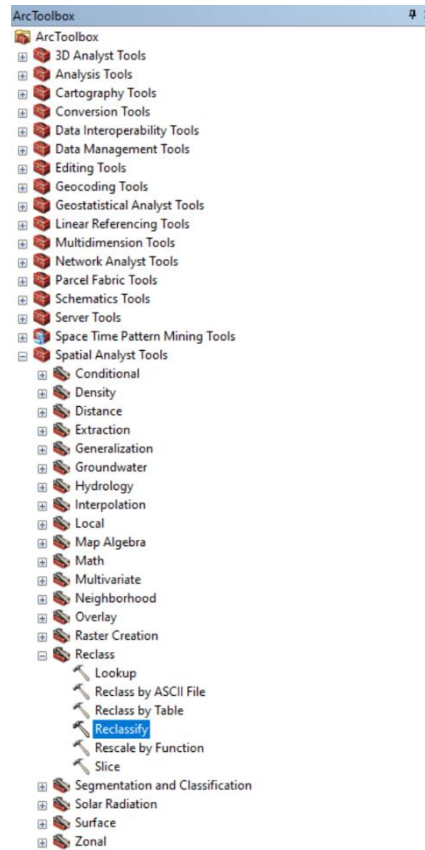
Fuente: Elaboración propia.

El resultado de este proceso es un mapa de pendientes sin generalizar de todo el municipio de Popayán, para pulir más la información es necesario clasificar las pendientes para así hacer una generalización de las mismas, la clasificación se hace para dejar todas las pendientes en 7 grupos, esto claro usando la herramienta de reclasificación. La herramienta se encuentra en la ruta de la *imagen 5*, el criterio para hacer una reclasificación de las pendientes se rige agrupando los datos en 7 clases siendo las siguientes:

- Pendientes de 0% a 2% se clasifican como Plano
- Pendientes de 2% a 5% se clasifican como Suave
- Pendientes de 5% a 10% se clasifican como Moderadamente Ondulado
- Pendientes de 10% a 15% se clasifican como Ondulado
- Pendientes de 15% a 45% se clasifican como Totalmente Ondulado
- Pendientes de 45% a 70% se clasifican como Montañoso

- Pendientes mayores al 70% se clasifican como Escarpado

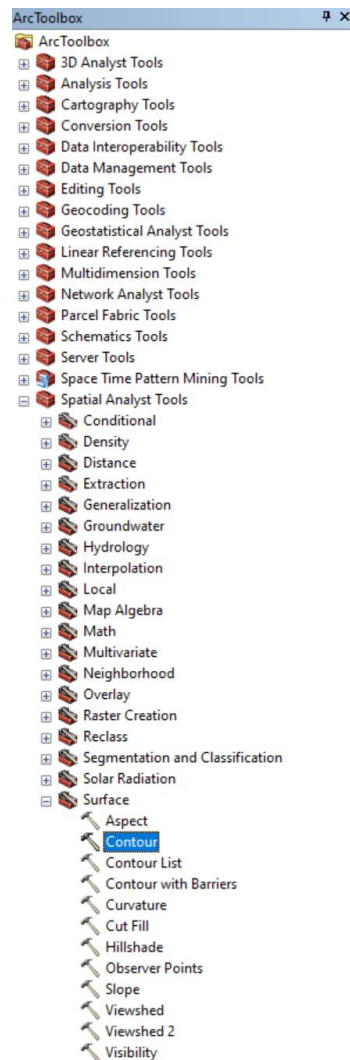
Imagen 5: Ruta de la herramienta “Reclasificación”.



Con esta clasificación hecha lo único que resta es utilizar un mapa de sombras, el cual se obtiene en base al DEM, con esto se puede realizar un orden en las capas de tal forma que permita dar una transparencia al mapa de pendientes para así observar el relieve en 3D.

Ya para finalizar este proceso faltaría agregar los datos que enriquecen la información del mapa, comenzando con la cota de la pendiente esta se obtiene igual en base al DEM por medio de la herramienta Contorno o Contour en la siguiente ruta:

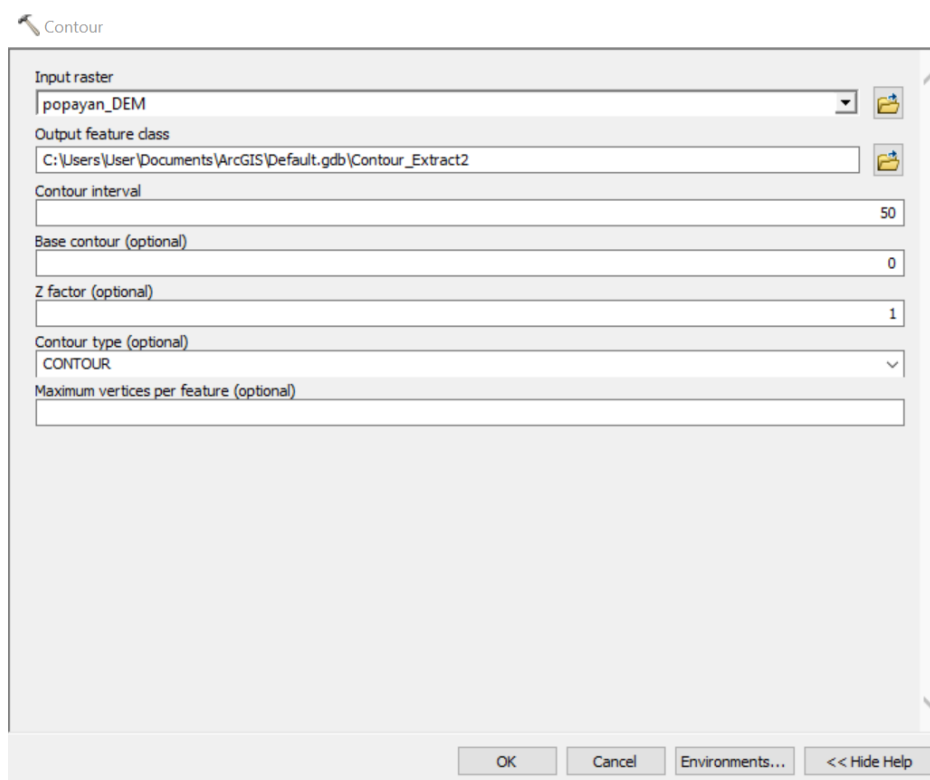
Imagen 6: Ruta de la herramienta “contorno”.



Fuente: Elaboración propia.

La herramienta permite la definición de cuál será el intervalo que se va a usar para tomar cada cota de pendiente, generalmente se usan cada 100 metros o cada 50 metros, en el caso de este proyecto se usó la última, quedando configurado de la siguiente forma:

Imagen 7: Configuración para la “herramienta Contorno”.

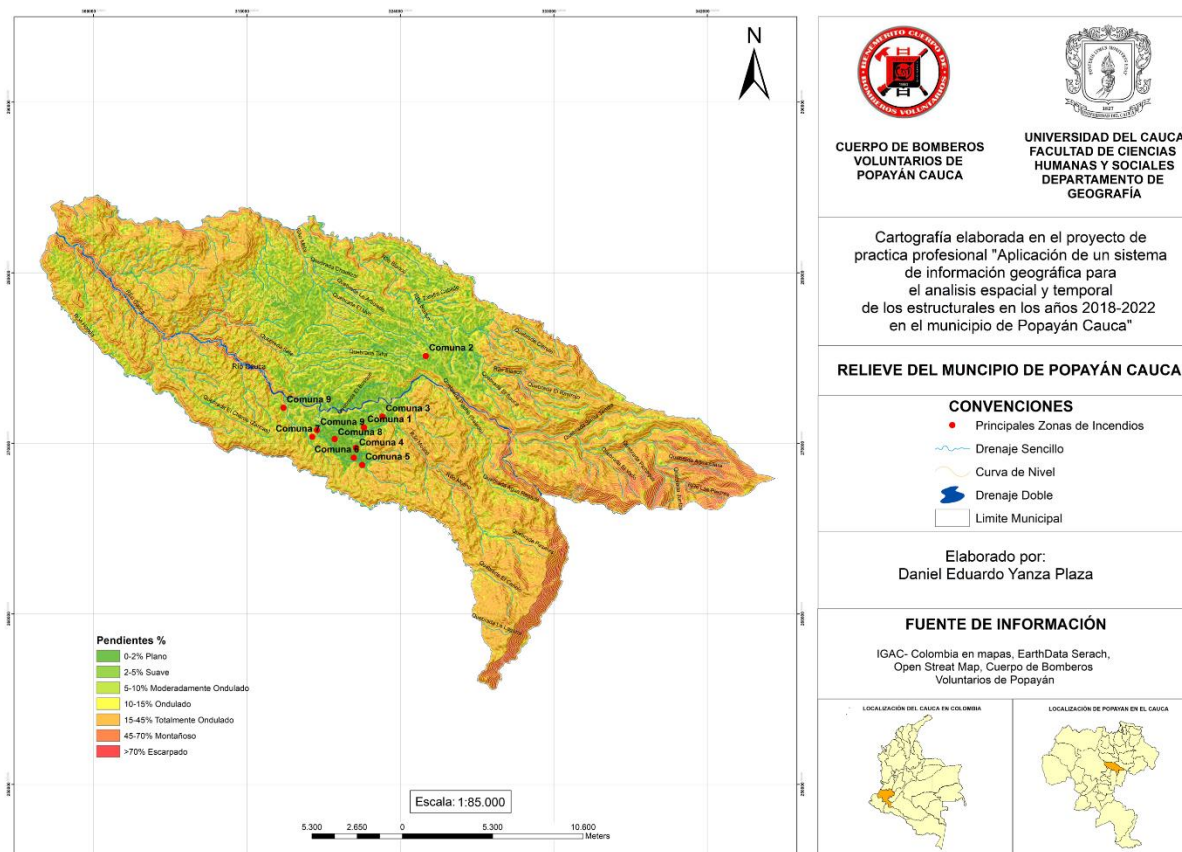


Fuente: Elaboración propia.

Si se desea que el mapa que menos cargado de información se puede aumentar el intervalo de las cotas de pendiente a 100 o 150, eso depende más de la información que se desee transmitir al receptor del mapa. El uso de cotas es en sí complementario a la información que proporciona el mapa de pendientes, por lo tanto este proceso corresponde a un apartado opcional pero se recomienda realizarlo para tener información precisa de la zona.

Para finalizar se agregaron las capas de información correspondientes al drenaje doble y sencillo además de las principales zonas de incendio, dando como resultado el Mapa:

Mapa 4: Mapa de Pendientes del municipio de Popayán.



Fuente: Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán 2024. Elaboración propia.

Como se mencionaba al principio del proceso para la elaboración de este mapa, se tuvieron en cuenta dos aspectos para tratar los datos y la información, como bien se mencionó el comportamiento que tiene la zona urbana y la zona rural son diferentes entre sí, esto se podría observar a simple vista en el mapa o aplicando un zoom digital al mapa realizado, este proceso es válido en situaciones donde los valores se generalicen, como se observó en el proceso para hacer el mapa de pendientes, al encontrarse los datos clasificados agrupándolos en grupos marcados asimilando así los datos pequeños y repetitivos en datos grandes que

simplifiquen toda la información hace que sea posible el uso de un zoom digital para la visualización simplificada de datos.

Ahora bien, cuando se manejan datos que no se encuentran generalizados sino que se muestran en bruto y sin ninguna clasificación el realizar un zoom digital hace que se muestre visualmente la misma información más grande pero esto no quiere decir que se esté representando la información de los datos correctamente, en este caso cierta información se perdería dado que al buscar el comportamiento específico de una cohorte, como lo podría ser conocer la concentración de incendios estructurales en una comuna en específico, dicha información puede quedar opacada por las grandes concentraciones que se encuentran en las cercanías, es por esto que, al trabajar con datos no generalizados o clasificados, en uso de una menor escala es esencial para una mejor y mayor representación de la información

5.1.2. Mapa de densidad de Kernel

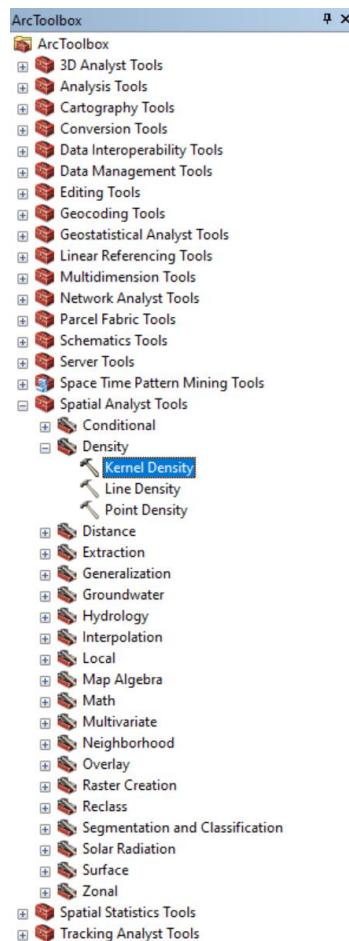
La herramienta de densidad de Kernel que provee ArcGIS es una opción bastante eficaz ya que permite observar donde se están concentrando los datos a investigar, en este caso esta herramienta muestra cuales son las ubicaciones donde los incendios estructurales muestran una tendencia a presentarse en los mismos lugares. Debido a que esta herramienta se nutre de cuanto más información le sea suministrada se tiene en cuenta que la muestra utilizada en el documento sirve para dar una aproximación de la tendencia general de estos datos, al concluir con toda la sistematización de los datos se espera el resultado del total de los datos sea similar a lo representado por la muestra. Así mismo como se describió el proceso para realizar el *mapa 4* se va a hacer el mismo procedimiento en este caso.

Para comenzar con la creación de un mapa de calor o densidad de Kernel, es importante tener en cuenta que datos se van a utilizar y cual será en enfoque se priorice en estos, para este

caso se utilizaron los 207 incendios estructurales correspondientes a la muestra, sin tomar en cuenta alguna agrupación como el año o comuna de ocurrencia.

En este caso la herramienta de densidad de Kernel solamente cumple con realizar un conteo de las veces que un dato geográfico se repite en una zona específica, si se encuentran muchos datos aproximados unos a los otros esto hace que se cree un punto de concentración o punto de calor, así mismo las zonas donde no se presente ningún incendio serán mostradas con menor intensidad en su simbología. Para realizar este mapa se tiene que ubicar la herramienta correspondiente.

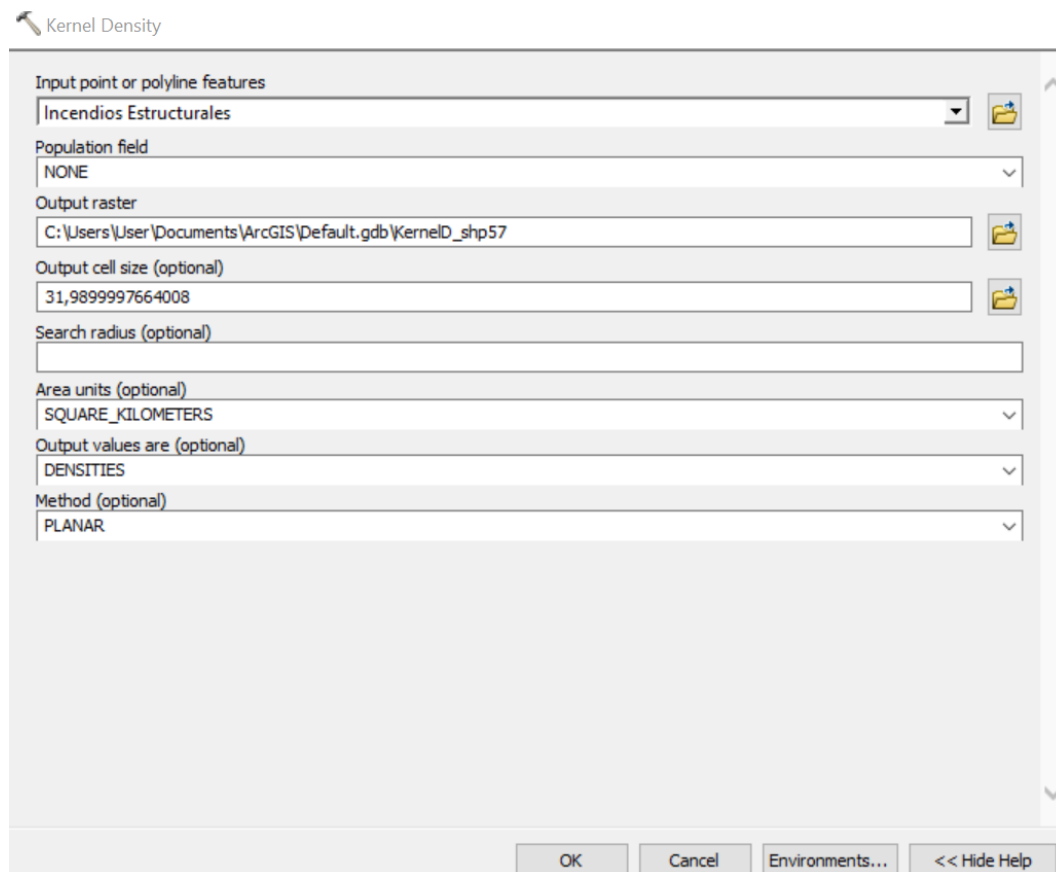
Imagen 8: Ruta de la herramienta “Densidad de Kernel”.



Fuente: Elaboración propia.

Ubicada la herramienta lo único que pide es la información de un shp, que cuente con una información principalmente solo con puntos, y que se elija cual será el criterio que se desee para medir la intensidad de los puntos, si en el shape se tiene información que modifique la intensidad de los puntos, haría que el resultado sea diferente, esto depende de cada caso pero si solamente se desea mostrar la agrupación que tienen los datos se utiliza solamente el “NONE” en el campo de población, la herramienta quedaría configurada de la siguiente forma:

Imagen 9: Configuración para la herramienta “Densidad de kernel”.



Fuente: Elaboración propia.

Es importante destacar que, al utilizar herramientas de este tipo, es necesario definir el tamaño de la celda o píxel con el que se trabaja. Esto determinará la precisión de la información, dependiendo de la escala del área de trabajo. En este caso, se puede optar por el tamaño predeterminado o aproximarlo a 32, ya que el resultado sería el mismo. Sin embargo, si el área

de estudio es más amplia y se elige un tamaño de celda demasiado pequeño o viceversa, los valores no se representarían correctamente. En el segundo caso, si se utiliza un tamaño de celda demasiado grande para un área de estudio pequeña, la información deseada no será visualizada adecuadamente.

Con esto hecho, el resultado obtenido es un mapa en blanco y negro, a esta simbología predeterminada se puede elegir una que represente mejor la información, de preferencia una que muestre las menores áreas de concentración con un color apagado o tenue y por el contrario un color vivido o vibrante a las mayores áreas de concentración, en este aspecto la elección de una simbología depende más de los gustos del usuario, pero una correcta elección hace que los datos se puedan visualizar correctamente y que el mapa pueda entenderse fácilmente. El resultado final de este proceso es el mapa de Kernel.

Ahora bien, como se mencionó en anteriormente los datos no se encuentran generalizados por lo que el uso de una escala menor para representar la información es necesario que se lleve a cabo, dado que cada una de las comunas de Popayán cuenta con un área delimitada en la cual se presentaron incendios estructurales se pueden agrupar cada uno de ellos en cada comuna en la que se presentaron.

Para este proceso se realizaron los mismos pasos que se han mencionado anteriormente, solamente que en este caso los datos requieren ser modificados de acuerdo con la necesidad del estudio, anteriormente se mencionó la agrupación de incendios por su respectiva comuna por lo que los datos base se modificaron de acuerdo a este aspecto, para esto es necesario cortar el shape base de las comunas de Popayán para separarlas entre sí, el resultado que se espera obtener son todas y cada una de las nueve comunas separadas. Ahora cada una de esas capas sirven para agrupar los incendios por orden de procedencia comunal agrupándolos y

permitiendo realizar un análisis más profundo pero principalmente localizado ya que en cada una de las comunas los incendios se distribuyeron de una forma particular, esto se abordará más adelante en el análisis correspondiente, retomando el procedimiento el resultado que se debería obtener son los nueve mapas de incendios estructurales agrupados por comunas, el resultado sea observado y analizado en el capítulo 3.

5.2. Mapas temporales

El factor de la temporalidad es un aspecto que permite observar cómo ha sido la variabilidad de un dato de información a lo largo de un periodo de tiempo, dependiendo del trabajo de investigación que se realice el periodo de tiempo que se permite abarcar depende estrictamente de la información que se disponga, una serie de datos temporales que abarquen una considerable cantidad de tiempo permite que ciertos patrones de comportamiento empiecen a ser observados.

Para la sistematización de los incendios estructurales se tuvo en cuenta este factor temporal, por ende, se creó un campo en el que solo se menciona el año en el que ocurrieron los incendios, esto para los 5 periodos de tiempo estudiados, siendo organizados de la siguiente forma:

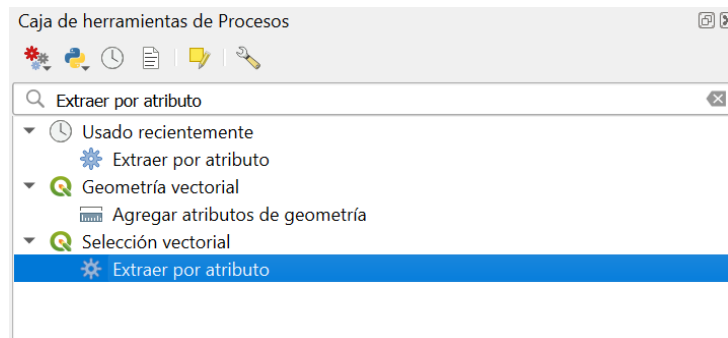
Imagen 10: Agrupación de datos temporales.

FID	Shape *	Nro	Localizaci	Año	Fecha	date	Direccion	Tipo de In	Municipio
0	Point	1	Comuna 1	2018	28-oct	28/10/2018	Calle 11N # 4-37 Modelo	Incendio Estructural	Popayan
14	Point	15	Comuna 2	2018	11-nov	11/11/2018	Cra 11 con Calle 68N, B/ Bello Horizonte	Incendio Estructural	Popayan
15	Point	16	Comuna 2	2018	8-dic	8/12/2018	Calle 55N N°13-59 B/Villa del Viento	Incendio Estructural	Popayan
16	Point	17	Comuna 2	2018	23-dic	23/12/2018	Calle 64 # 17 B/ Bello horizonte	Incendio Estructural	Popayan
45	Point	46	Comuna 3	2018	27-ago	27/08/2018	Calle 24N carrera 6-7 B/ Ciudad Jardín	Incendio Estructural	Popayan
46	Point	47	Comuna 3	2018	9-sep	9/09/2018	Cementerio yanaconas B/ yanaconas	Incendio Estructural	Popayan
47	Point	48	Comuna 3	2018	28-oct	28/10/2018	Carrera 6 calle 21N B/ El recuerdo	Incendio Estructural	Popayan
48	Point	49	Comuna 3	2018	4-nov	4/11/2018	Calle 7 Carrera 24N B/ Ciudad Jardín	Incendio Estructural	Popayan
49	Point	50	Comuna 3	2018	13-nov	13/11/2018	Carrera 3 Calle 1N, B/ Bolivar	Incendio Estructural	Popayan
73	Point	74	Comuna 4	2018	7-sep	7/09/2018	carrea 6 7-67 B/ Centro	Incendio Estructural	Popayan
74	Point	75	Comuna 4	2018	28-oct	28/10/2018	Carrera 17 Calle 9 B/ La Esmeralda	Incendio Estructural	Popayan
75	Point	76	Comuna 4	2018	6-nov	6/11/2018	Calle 8 con carrera 3, B/ Empedrado	Incendio Estructural	Popayan
76	Point	77	Comuna 4	2018	22-nov	22/11/2018	Calle 4 Carrera 6 B/ Centro	Incendio Estructural	Popayan
77	Point	78	Comuna 4	2018	27-nov	27/11/2018	Carrera 3 Calle 7 B/ Centro	Incendio Estructural	Popayan
78	Point	79	Comuna 4	2018	26-dic	26/12/2018	Cra 6E N 4E-475 B/ santa catalina	Incendio Estructural	Popayan
106	Point	107	Comuna 5	2018	28-ago	28/08/2018	Calle 15 Carrera 3 B/ Berlin	Incendio Estructural	Popayan
107	Point	108	Comuna 5	2018	6-oct	6/10/2018	Carrera 1D Calle 20 B/ Los Sauces	Incendio Estructural	Popayan
122	Point	123	Comuna 6	2018	22-ago	22/08/2018	Calle 17 carrera 3A B/ Alfonso Lopez	Incendio Estructural	Popayan
123	Point	124	Comuna 6	2018	26-ago	26/08/2018	carrera 12 calle 23 B/ Jorge Elecer Gaitan	Incendio Estructural	Popayan
143	Point	144	Comuna 7	2018	21-ago	21/08/2018	Calle 8A # 46-19 B/ Santa Librada	Incendio Estructural	Popayan
144	Point	145	Comuna 7	2018	23-ago	23/08/2018	B/ chapinero	Incendio Estructural	Popayan
145	Point	146	Comuna 7	2018	24-ago	24/08/2018	calle 25 # 33 80 B/ chapinero	Incendio Estructural	Popayan
146	Point	147	Comuna 7	2018	31-ago	31/08/2018	Carrera 33 calle 17 B/ 31 de marzo	Incendio Estructural	Popayan
147	Point	148	Comuna 7	2018	26-dic	26/12/2018	Carrera 33 # 18 - 24 B/ La libertad	Incendio Estructural	Popayan
167	Point	168	Comuna 8	2018	5-dic	5/12/2018	Calle 2A # 27 -107 B/ camilo Torres	Incendio Estructural	Popayan
168	Point	169	Comuna 8	2018	25-dic	25/12/2018	Calle 4A carrera 25 B/ Camilo torres	Incendio Estructural	Popayan
186	Point	187	Comuna 9	2018	19-dic	19/12/2018	Cra 32 Con 4-22 b/ La Sombrilla	Incendio Estructural	Popayan
203	Point	204	Veredal	2018	23-ago	23/08/2018	Vereda puebillo alto	Incendio Estructural	Popayan
1	Point	2	Comuna 1	2019	5-jun	5/06/2019	CALLE 11N # 6-91 Modelo	Incendio Estructural	Popayan
2	Point	3	Comuna 1	2019	19-dic	19/12/2019	calle 11N 7-25 Prados del Norte	Incendio Estructural	Popayan
17	Point	18	Comuna 2	2019	1-ene	1/01/2019	Carrera 12 # 62N-88, B/ San Ignacio	Incendio Estructural	Popayan
18	Point	19	Comuna 2	2019	4-ene	4/01/2019	arrera 40 calle 63N B/ Bella vista	Incendio Estructural	Popayan
19	Point	20	Comuna 2	2019	29-ene	29/01/2019	Carrera 9 Calle 54 B/ Villa del Viento	Incendio Estructural	Popayan
20	Point	21	Comuna 2	2019	1-abr	1/04/2019	Calle 69 carrera 5, 6 B/ la paz	Incendio Estructural	Popayan
21	Point	22	Comuna 2	2019	29-may	29/05/2019	Carrera 14 # 71N-14, B/ Bello Horizonte	Incendio Estructural	Popayan
22	Point	23	Comuna 2	2019	24-ago	24/08/2019	TERRA PLAZA	Incendio Estructural	Popayan
23	Point	24	Comuna 2	2019	30-ago	30/08/2019	CALLE 57N # 10 - 46 Villa del Viento	Incendio Estructural	Popayan
24	Point	25	Comuna 2	2019	26-dic	26/12/2019	calle 69N # 19-94 BELLO HORIZONTE	Incendio Estructural	Popayan
50	Point	51	Comuna 3	2019	22-ene	22/01/2019	Carrera 7#28N -05 B/ Palacé	Incendio Estructural	Popayan
51	Point	52	Comuna 3	2019	15-dic	15/12/2019	BOLIVAR	Incendio Estructural	Popayan
52	Point	53	Comuna 3	2019	26-dic	26/12/2019	calle 1 # 9-42 Modelo	Incendio Estructural	Popayan
79	Point	80	Comuna 4	2019	14-feb	14/02/2019	Carrera 2calle 15N B/ Tulcan	Incendio Estructural	Popayan

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar, los incendios quedan enlazados al año en el que ocurrieron, de esta forma el programa de ArcGIS los puede detectar como un gran grupo de información ya que comparten la misma información. Dicho esto, se puede realizar una extracción por atributos de esta capa shape para así dejar aislados todos los incendios estructurales que ocurrieron durante el año 2018 y así hasta el 2022, para realizar este proceso de forma más eficiente se requiere el uso de QGIS ya que cuenta con una herramienta y una interfaz que facilita el manejo de la misma. Para ubicar la herramienta es necesario ir a la caja de herramienta de procesos y el buscador escribir “Extraer por atributo” quedando de la siguiente forma:

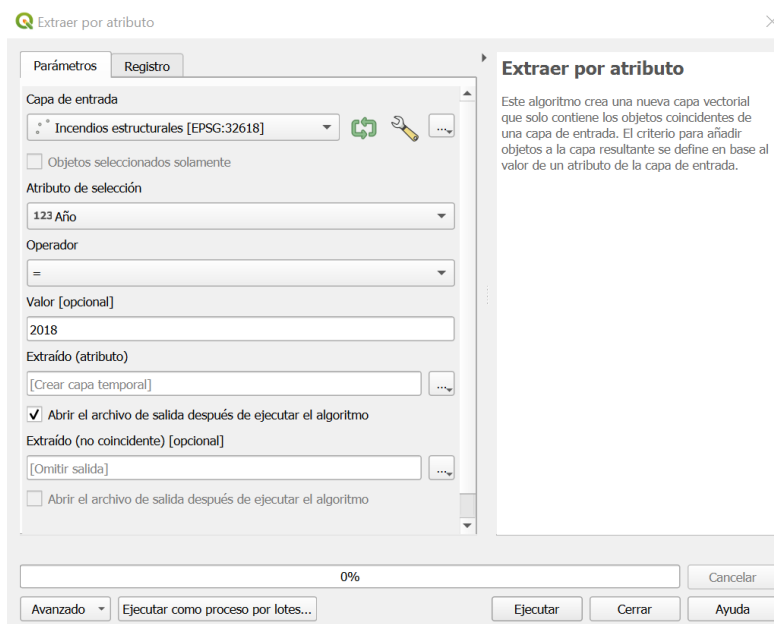
Imagen 11: Ubicación de la herramienta Extraer por atributo.



Fuente: Elaboración propia.

Con esto solamente queda realizar la configuración para que la herramienta extraiga solamente la información relacionada con los años, siendo la siguiente:

Imagen 12: Configuración para la herramienta Extraer por atributo.

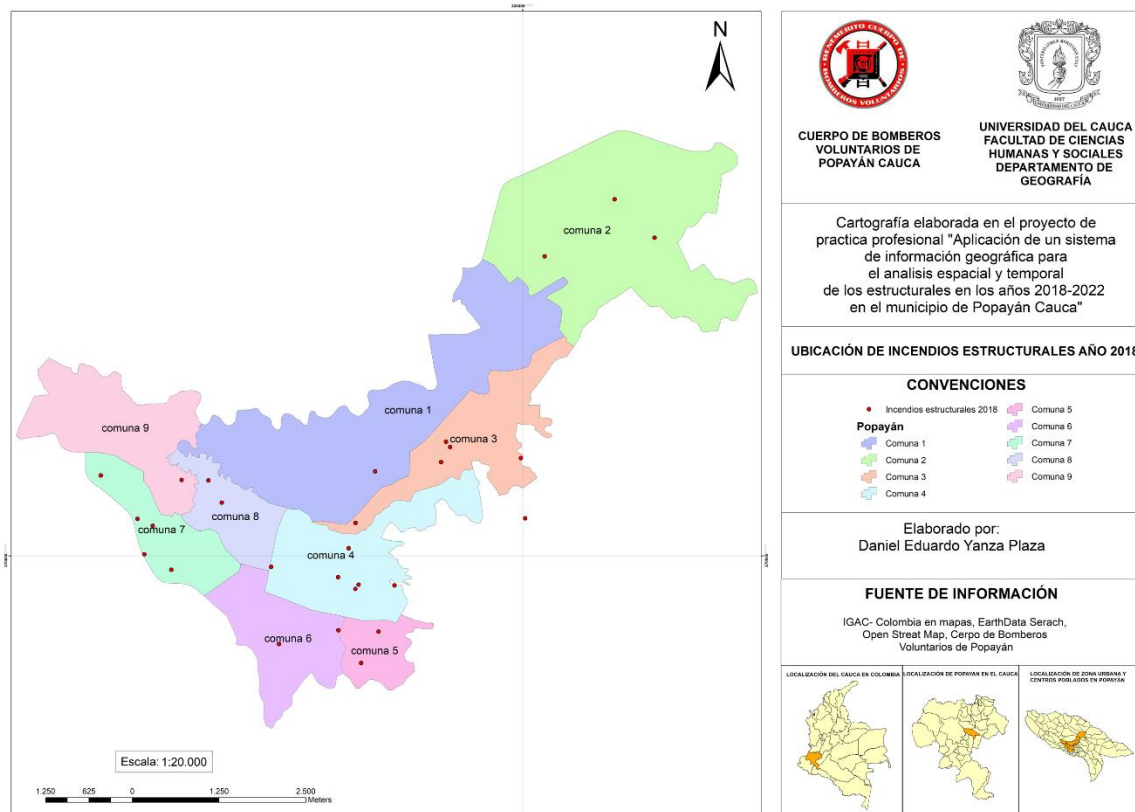


Fuente: Elaboración propia.

Como se puede ver en el campo de “atributo por elección” se tiene que elegir el campo del cual se desee extraer la información, siendo para este caso el campo denominado “año” y a continuación pide que se digite un valor que será modificado por el operador, para este último

se elige el símbolo del igual ya que se busca obtener solamente todos los datos que sean iguales al valor digitado, ahora este valor que se digita es correspondiente al año que se tenga en la información. Al realizar la ejecución con esta herramienta se obtiene los incendios estructurales ocurridos en Popayán durante el año 2018, por lo que ahora se debe realizar el mismo proceso únicamente cambiando el valor que se digita a los años que se desean extraer. El resultado para el año 2018 es el siguiente mapa:

Mapa 5: Incendios estructurales durante el año 2018.



Fuente: Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán 2024. Elaboración propia.

Ahora que se encuentran todos los incendios estructurales agrupados por año de ocurrencia estos se puede utilizar la herramienta de kernel para conocer la distribución que tuvieron los incendios durante ese año en específico.

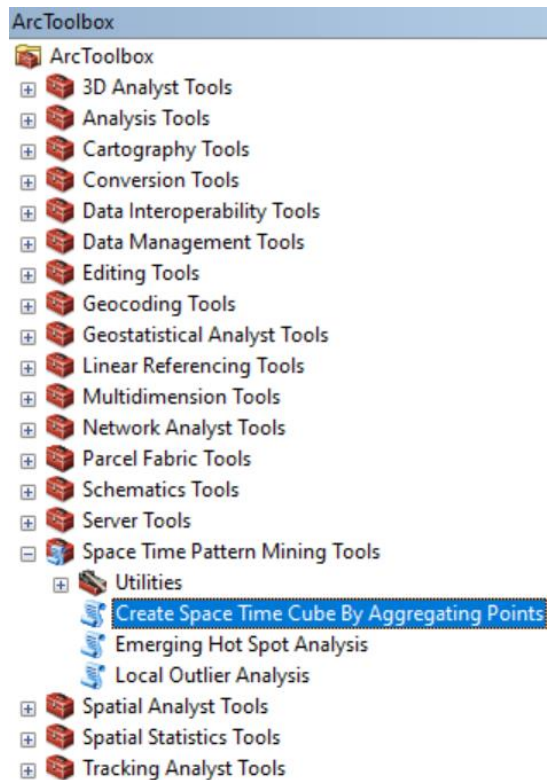
5.2.1. Mapa de Densidad de Kernel temporal

Para este caso, se sigue el mismo procedimiento que el utilizado para la elaboración del Mapa de densidad de Kernel, pero para adaptar la información a un enfoque de temporalidad es necesario buscar este mismo atributo en la capa de datos que se desarrolle el procedimiento, como se ve en la *imagen 9* el campo correspondiente a los datos temporales se encuentran agrupados por año ya que el programa de ArcGIS detecta esto como un conjunto y permite la división por escala temporal que en este caso se divide entre los 5 años de información, anteriormente se realizó un procedimiento parecido para la elaboración del mapa de incendios estructurales del año 2018. Con el fin de no caer en la redundancia, dado que el proceso es el mismo, lo único que se recomienda es contar con unos datos correctamente organizados tomando en cuenta el factor temporal principalmente y no solo este proceso puede realizarse con un dato por año, sino que sí que cuenta con la información correcta se podría especificar desde meses, semanas o días, todo depende de los datos que se tengan a disposición.

5.3. Cubo de Espacio-Tiempo

Por último, una de las herramientas que ofrece ArcGIS es la mencionada en el título, un cubo de espacio-tiempo por agregación de puntos, o en inglés “space time cube by aggregating points”, esta es una herramienta orientada a la extracción de información temporal en un campo temporal o local, dando como resultado una estadística que delimita las posibilidades en las que el objeto estudiado se presente, el principal campo que pide se pide para elaborar el mapa es una fecha en formato americano “mes-día-año” teniendo estos datos agrupados en una casilla que preferiblemente este en formato fecha o date, tanto esta herramienta como su complementaria para la visualización se encuentran en la siguiente ruta:

Imagen 13: Ruta de “Cubo Espacio Temporal”.



Fuente: Elaboración propia.

La configuración de esta herramienta únicamente pide anexar el campo de fecha para iniciar con la creación del cubo espacio-temporal, cabe aclarar que el resultado de este proceso es un archivo .nc el cual no se puede leer en ArcGIS, para esto se necesita la segunda herramienta que se encuentra debajo de la principal llamada emerging hot spot analysis, esta permite crear un mapa en el que se muestre la probabilidad de que dicho dato se presente en un área, también se puede entender como la aparición de puntos calientes o fríos.

Simplificando mucho el proceso el resultado que se busca con este mapa es obtener información de donde es más probable que ocurra un evento y a su vez donde es menos probable que ocurra, dado que esta herramienta requiere una considerable cantidad de información para mostrar los patrones de comportamiento, se deja esto como una información complementaria en vista de que cuando se procese la totalidad de la información, ya sea en el

periodo de tiempo de este trabajo o en la totalidad de registros, se use esta herramienta para que se obtenga una valiosa información.

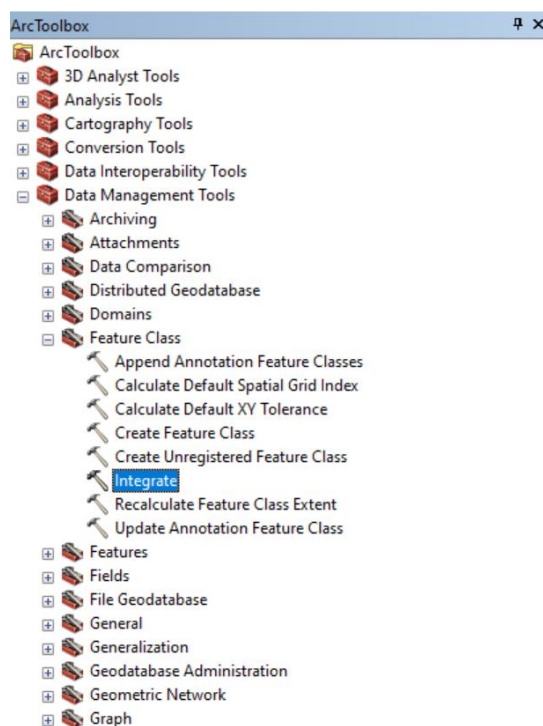
Como se mencionó anteriormente esta herramienta permite tener una variedad de datos considerablemente importantes, pese a esto se menciona que su uso es complementario a los datos que se permiten mapear, esto porque la herramienta está orientada a mostrar resultados que se nutren de cuanta más información tenga, se menciona también que se deja su uso para que después se procese con todos los datos faltantes, pero la cantidad de datos que necesita la herramienta para realizar correctamente su proceso es mucho más amplia que la contenida en este estudio, por lo que igualmente se reitera que esta herramienta es complementaria y pensada para cuando se consolide la mayoría de datos geográficos con su campo o dato temporal.

5.4. Puntos calientes

Debido a que el anterior mapa tiene la función de ser complementario o destinado a un uso a largo plazo tomando como referencia el aumento en los datos, surge la necesidad de un mapa que represente a nivel temporal resultados que el anterior mapa no puede proporcionar por el mínimo de información requerida. Para esto se presenta el mapa de puntos calientes y por entre puntos fríos, este mapa tiene como objetivo final presentar una interpolación basándose al puntaje que se clasifica para estas zonas, este procedimiento se realiza con uno de los resultados que se obtienen del procedimiento total para la realización de este mapa, a modo de generalización se puede decir que estas zonas generadas representan la probabilidad de ocurrencia para la aparición de un incendio estructural o no siendo esta mayor o menor, durante su respectivo análisis se profundizará más en este punto.

El procedimiento para realizar este mapa consta del uso de una serie de herramientas en ArcGIS, para comenzar lo primero es acomodar los datos mediante la herramienta “integrar” ubicada en la siguiente ruta:

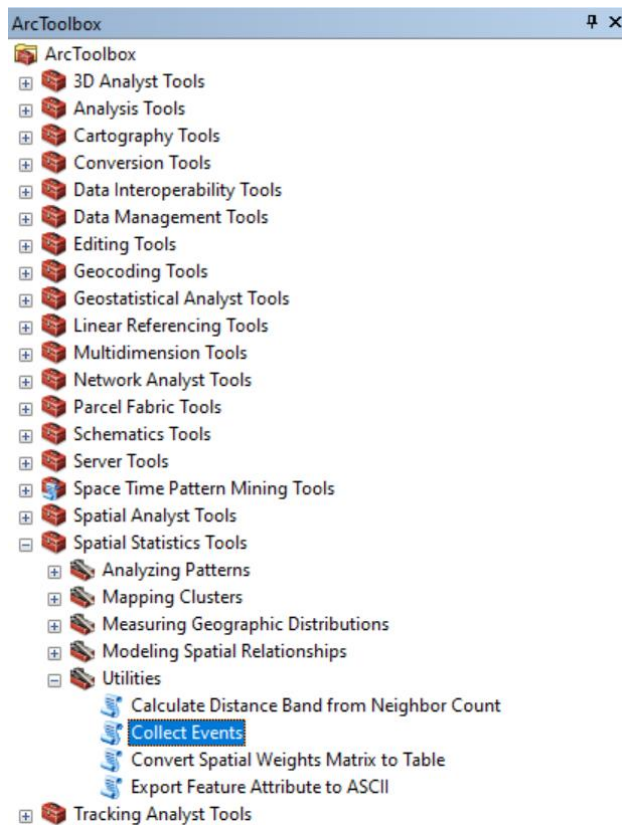
Imagen 14: ruta para la herramienta “integrar”.



Fuente: *Fuente: Elaboración propia.*

Esta herramienta hace que la información obtenida sea procesada y por ende modificada totalmente por lo que se recomienda tener una copia de seguridad en caso de un fallo, el cambio es a nivel de vértices, líneas o puntos, esto quiere decir que dependiendo de la tolerancia que se digite en la unidad de medida deseada los puntos o tipo de dato que cuente el shape se van a integrar entre sí, esto quiere decir que a nivel interno habrá un conjunto de datos que, debido a su cercanía medida por el nivel de tolerancia digitado para este caso en 30 metros, se agruparan con sus elementos más cercanos. Con este proceso realizado ahora se puede mediante la herramienta “Collect Events” o “Recopilar eventos” que en este caso pertenece al conjunto de herramientas de “Spatial Statistics Tools” o “Herramienta de Estadística Espacial”. Esta herramienta se localiza en la siguiente ruta:

Imagen 15: Ruta para la herramienta “Recopilar Eventos”.



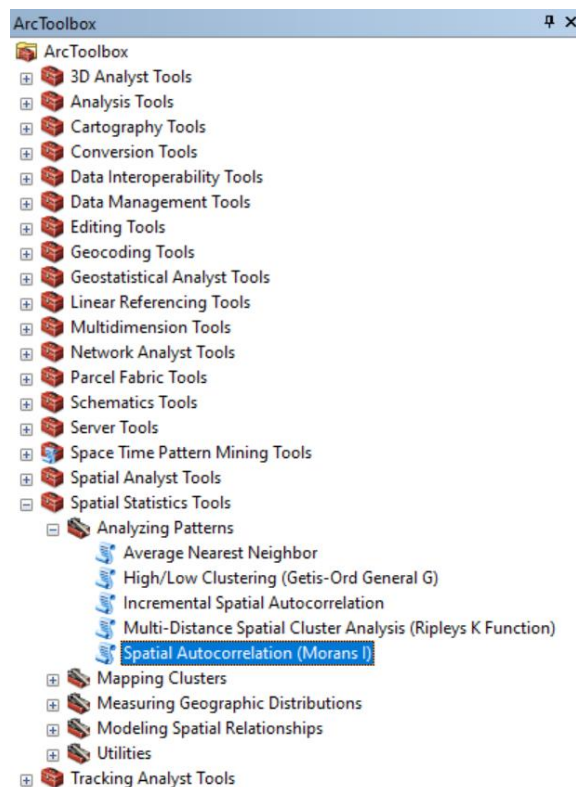
Fuente: Elaboración propia.

Esta herramienta solo pide la capa shape la cual preferiblemente debe tener los datos en tipo punto, y haber realizado el procedimiento anterior, con esto ahora se obtiene un shp que muestra los incidentes ocurridos en datos de puntos ponderados utilizando una simbología de áreas dependiendo del tamaño o ancho del área se muestra donde se encuentra la mayor concentración de datos.

Para continuar el proceso, ahora se necesita que estos datos ponderados sean corregidos siguiendo una autocorrelación, para este caso se usa la “Autocorrelación espacial (I de Moran Global)”, según ArcGIS. (2021) “La herramienta Autocorrelación espacial (I de Moran global) mide la autocorrelación espacial basada en las ubicaciones y los valores de las entidades simultáneamente. Dado un conjunto de entidades y un atributo asociado, evalúa si el patrón expresado está agrupado, disperso o es aleatorio.”

Como se menciona esta autocorrelación permite analizar los patrones que presentan los datos, además a nivel estadístico la herramienta genera un reporte que muestra a profundidad la agrupación de los datos, si estos son aleatorios o si muestran una tendencia que sea significativa, este proceso se debe aplicar al resultado obtenido en el anterior paso y dado que se pide el campo del input, en este solamente se realizara el proceso al “icount” esto quiere decir que se realizara al autocorrelación a cada uno sin un dato que conserve una característica, en caso de que hayan datos que tengan más peso se habilitan otras opciones, pero para este caso solo se usa el campo antes mencionado. La ubicación es la siguiente:

Imagen 16: Ruta de la herramienta “Autocorrelación espacial (I de Moran global)”.



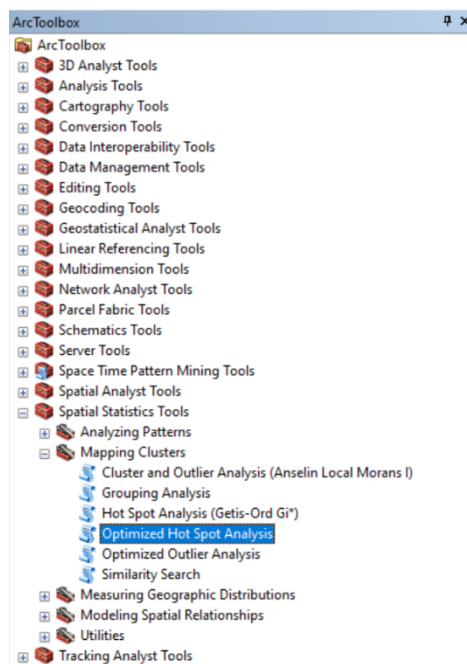
Fuente: Elaboración propia.

El proceso que se realiza también es interno, como en el primer paso, además de generar el reporte como se mencionó anteriormente, con esto ahora se puede realizar un análisis mediante el grupo de herramientas de “mapping clusters” o “Asignación de clústeres” ya que aquí se encuentra el objetivo principal de todo este proceso, la herramienta “Optimized Hot

Spot Analysis” o “Análisis Optimizado de Valores Atípicos” permite obtener los puntos incidentes o las características ponderadas ya sean en puntos o polígonos, en este proceso se crea el mapa de puntos calientes y fríos en los cuales los datos analizados sean estadísticamente significativos, además evalúa las características de la clase de entidad de entrada para producir resultados óptimos. ArcMap, (S.F)

La ruta de la herramienta es la siguiente:

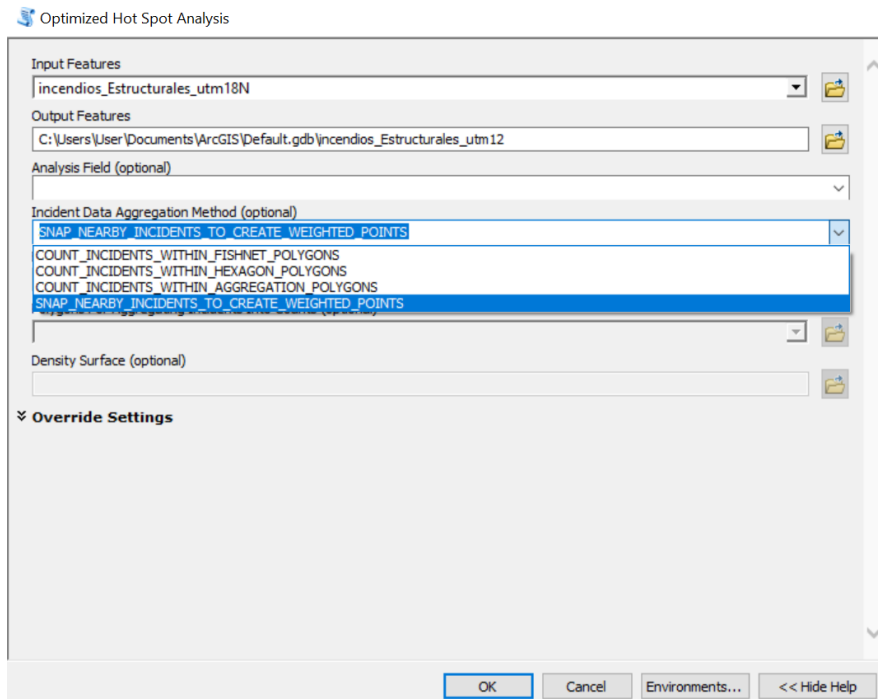
Imagen 17: ruta de la herramienta “Análisis Optimizado de Valores Atípicos”.



Fuente: Elaboración propia.

Esta herramienta tiene una peculiaridad, ya que en su configuración permite que la información se muestre de una u otra forma dependiendo de la opción que se elija en el método de agregación, la configuración utilizada para el caso de estudio es la siguiente:

Imagen 18: configuración de la herramienta “Análisis Optimizado de Valores Atípicos”.

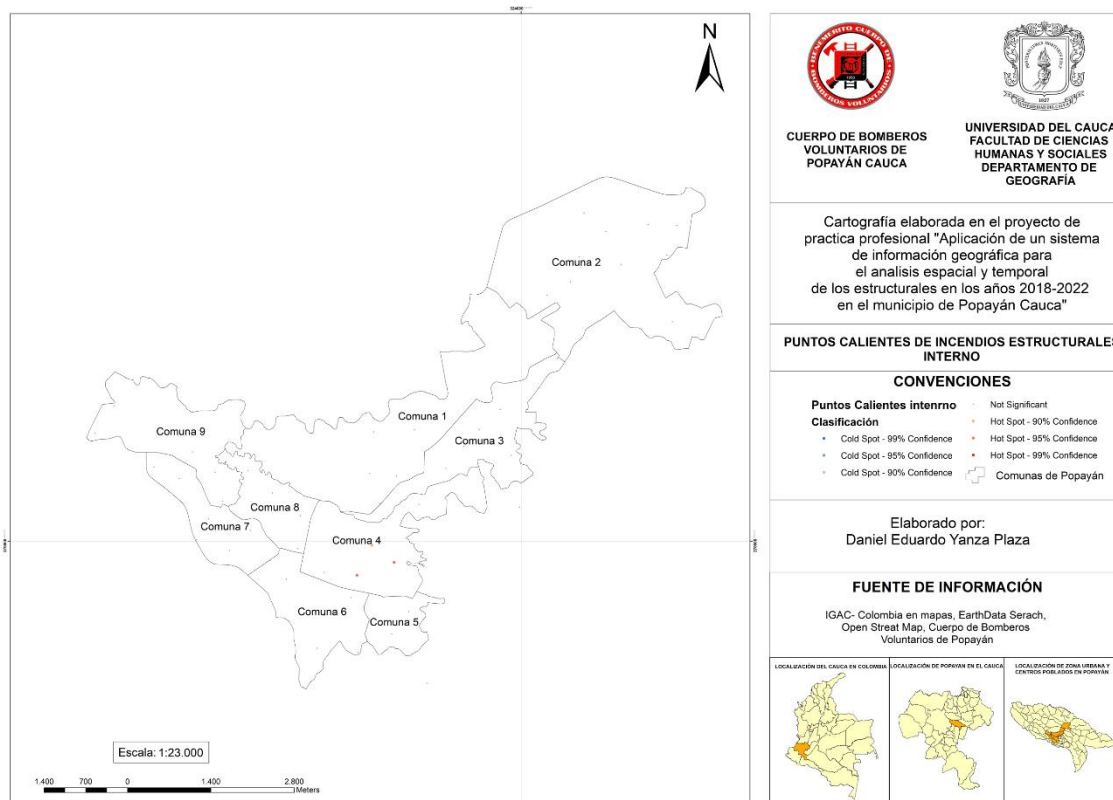


Fuente: Elaboración propia.

Las cuatro opciones que aquí se presentan aluden a una representación de los puntos según condiciones que se desean en el estudio, para este caso la última opción permite que se cree un ponderado de los puntos cercanos entre sí, esta opción fue seleccionada para la elaboración del mapa ya que el resultado cumple satisfactoriamente con lo solicitado en este aspecto.

El resultado si bien es un mapa de puntos calientes y fríos, este no permite visualizar fácilmente la información ya que como su nombre lo indica el mapa muestra solamente una capa shape de tipo punto, esto en si es un resultado satisfactorio pero el mismo no es complementario con una fácil visualización como se puede ver a continuación:

Mapa 6: Mapa de puntos calientes Interno.



Fuente: Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán 2024. Elaboración propia.

Dado que los puntos el programa los clasifica de esta forma predeterminada el mismo no está pensado para la visualización final, para corregir esto y con el fin de que el mapa sea más amigable y entendible, que es lo más deseado en la producción cartográfica, se procede a aplicar una última herramienta siendo esta la interpolación de IDW la cual en base de al campo "GizScore" de este mapa (ver imagen 19). La razón para utilizar este campo de los cuatro en total recae en que este clasifica mediante un puntaje los datos que muestran cercanías entre sí, como se ha mencionado en los procesos anteriores, el programa clasifica automáticamente todos los resultados en 7 clases, el criterio desde -3 hasta 3 y como se ve en la imagen 19 únicamente se manejan los rangos de -1 hasta 3, esta clasificación solamente modifica el mapa 9, es por esto que este campo cuenta con datos importantes pero difíciles de visualizar.

Imagen 19: Tabla de atributos del mapa de puntos calientes interno.

FID	Shape *	SOURCE ID	ICOUNT	GIZScore	GIPValue	NNeighbors	Gi Bin
22	Point	23	7	3,615574	0,0003	5	2
29	Point	30	5	3,269575	0,001077	3	2
25	Point	26	9	2,924963	0,003446	5	1
21	Point	22	7	2,283993	0,022372	4	0
20	Point	21	4	2,003915	0,045079	5	0
19	Point	20	4	1,793218	0,072938	6	0
27	Point	28	4	1,368508	0,171153	6	0
16	Point	17	6	1,26469	0,205982	4	0
31	Point	32	5	1,230285	0,218591	2	0
13	Point	14	5	1,009865	0,31256	4	0
11	Point	12	3	0,943799	0,345272	6	0
18	Point	19	4	0,755039	0,450226	4	0
3	Point	4	2	0,731444	0,464508	6	0
7	Point	8	4	0,519089	0,603698	6	0
46	Point	47	1	0,519089	0,603698	6	0
5	Point	6	1	0,500213	0,616925	4	0
10	Point	11	3	0,500213	0,616925	4	0
33	Point	34	1	0,500213	0,616925	4	0
15	Point	16	3	0,392256	0,694869	5	0
35	Point	36	4	0,392256	0,694869	5	0
50	Point	51	2	0,392256	0,694869	5	0
28	Point	29	5	0,356092	0,721771	3	0
6	Point	7	8	0,235476	0,813839	7	0

Fuente: Elaboración propia.

Continuando con el procedimiento la herramienta IDW es requerida para continuar, con lo mencionado anteriormente se procede a realizar una interpolación según el campo “GIZscore” para así obtener el mapa de puntos calientes y fríos.

Pese a lo laborioso del procedimiento necesario para obtener estos mapas, es importante recalcar que todos los procesos son necesarios e ideales para presentar resultados satisfactorios, en muchas ocasiones se realizan mapas que están mal enfocados o los cuales se realiza un procedimiento inadecuado para visualizar la información, lo más importante para un mapa es que este mismo sea entendible tanto para los conocedores sobre el tema como para las personas en general, una correcta y fácil comunicación de la información es el resultado que se aspira mientras se diseña un mapa. Dado que este capítulo se centra únicamente en el proceso de la elaboración de la cartografía base, se espera que este capítulo sirva a futuros investigadores o estudiantes interesados en el proceso de producción de mapas, así como al cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán para que estos pasos puedan ser estudiados y replicados en futuros proyectos ya que resultados diferentes dan muestras una información diferente y permite conocer más a profundidad la naturaleza de estos incidentes.

6. Estructuración de la información

Para almacenar la información que se obtuvo y se recolectó en la realización de la práctica se hace uso de una GeoDataBase o una base de datos espacial, de esta forma se puede acceder a los mapas de forma eficiente, siendo así la información de toda la cartografía de los incendios estructurales presentados en Popayán durante los años 2018 a 2022 queda disponible en el cuerpo de bomberos voluntarios de Popayán.

En la estructura GDB, se podrá visualizar los archivos que corresponden al mapa producido, además se cuenta con los shape que faciliten la modificación de un dato en el mapa, además a modo de conocer más la información que se almacena en esta se presenta una tabla en la cual se da una descripción del tema realizado, el nombre del Feature Class y el tipo de dato; teniendo en cuenta que se manejan varios mapas es necesario crear tablas para cada uno de ellos.

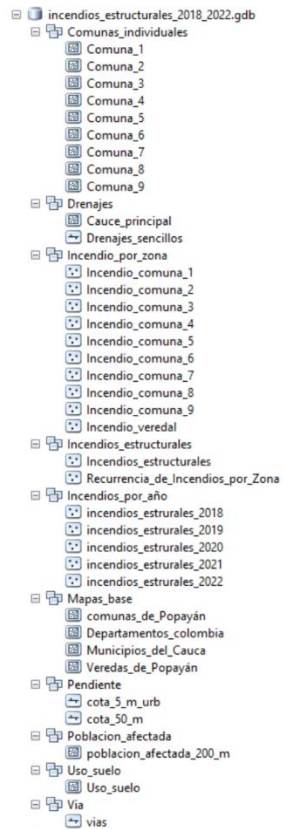
6.1. GeoDataBase.

En su forma más simple, una geodatabase de ArcGIS se compone de conjuntos de datos geográficos espaciales de diversas categorías que se almacenan en una carpeta compartida del sistema de archivos o en un sistema de gestión de bases de datos relacionales multiusuario. Las geodatabases pueden presentar una amplia gama de tamaños, tener diferentes cantidades de usuarios y pueden ser desde bases de datos pequeñas de un solo usuario guardadas en archivos hasta bases de datos más grandes utilizadas por grupos de trabajo. Esri, (2021).

Como se menciona anteriormente, una geodatabase puede tener diferentes tamaños lo que permite que sean accedidas por muchos o pocos usuarios, entendiendo que la información que se busca almacenar no se considera lo suficientemente grande se utiliza en este proyecto una Personal Geodatabase ya que este tipo está orientado más a los proyectos que no cuenten una información demasiado extensa. La aplicación de esta geodatabase personal permite,

almacenar la información, consultar datos específicos, administrar y gestionar los datos espaciales con el fin último de acceder fácilmente a todas las capas de mapas generadas.

Imagen 20: Modelo personal de GeoDataBase.



Fuente: Elaboración propia, (2024)

Tabla 5: Descripción geotadabase de información sobre recurrencias de incendios por zonas.

Descripción del tema	Número de incendios estructurales ocurridos en 9 zonas principales en el municipio de Popayán Cauca durante el periodo 2018-2022.		
Feature Class	Incendios_estructurales.		
Tipo de dato	Punto.		
CAMPOS	TIPO DE DATOS	TAMAÑO	DESCRIPCIÓN
Zonas	String	254	Describe el nombre de la zona (Barrio, Comuna, Vereda) en que se dio cada ocurrencia de incendios.
Descripción	String	254	Describe el tipo de incendio ocurrido.
Total_incendios	Integer	4	Refiere al total de incendios estructurales ocurridos durante el periodo 2018-2022.
Incendios_2018	Integer	4	Refiere al total de incendios estructurales ocurridos durante el periodo 2018.
Incendios_2019	Integer	4	Refiere al total de incendios estructurales ocurridos durante el periodo 2019.
Incendios_2020	Integer	4	Refiere al total de incendios estructurales ocurridos durante el periodo 2020.
Incendios_2021	Integer	4	Refiere al total de incendios estructurales ocurridos durante el periodo 2021.
Incendios_2022	Integer	4	Refiere al total de incendios estructurales ocurridos durante el periodo 2022.

Tabla 6: Descripción geotadabase de información sobre incendios estructurales.

Descripción del tema	Número de incendios estructurales ocurridos el municipio de Popayán Cauca durante el periodo 2018-2022.		
Feature Class	Incendios_estructurales.		
Tipo de dato	Punto		
CAMPOS	TIPO DE DATOS	TAMAÑO	DESCRIPCIÓN
Zonas	String	254	Describe el nombre de la zona (Barrio, Comuna, Vereda) en que se dio cada ocurrencia de incendios.
Año	Integer	4	Refiere al año en el que ocurrió el incendio estructural.

Fecha	String	254	Indica el día y el mes en el que ocurrió el incendio estructural
--------------	--------	-----	--

Tabla 7: Descripción geotadabase de información sobre división política por departamentos.

Descripción del tema	División política por departamentos de Colombia.		
Feature Class	Mapa_base.		
Tipo de dato	Polígono.		
CAMPOS	TIPO DE DATOS	TAMAÑO	DESCRIPCIÓN
DeNombre	String	254	Refiere al nombre del departamento.
DeCodigo	String	254	Indica el código del departamento.

Tabla 8: Descripción geotadabase de información sobre división política por municipios.

Descripción del tema	División política por municipios del departamento del cauca.		
Feature Class	Mapa_base.		
Tipo de dato	Polígono.		
CAMPOS	TIPO DE DATOS	TAMAÑO	DESCRIPCIÓN
MPIO_CNMBR	String	254	Refiere al nombre del municipio en el departamento del Cauca.
MPIO_CDPMP	String	254	Indica el código del municipio en el departamento del cauca.

Tabla 9: Descripción geotadabase de información sobre división política por veredas.

Descripción del tema	División política por veredas del municipio de Popayán.		
Feature Class	Mapa_base.		
Tipo de dato	Polígono.		
CAMPOS	TIPO DE DATOS	TAMAÑO	DESCRIPCIÓN
NOM_VEREDA	String	254	Refiere al nombre de la vereda en el municipio de Popayán

Tabla 10: Descripción geotadabase de información sobre división política por comunas del área urbana de Popayán.

Descripción del tema	División política por comunas del área urbana del municipio de Popayán.		
Feature Class	Mapa_base.		
Tipo de dato	Polígono.		
CAMPOS	TIPO DE DATOS	TAMAÑO	DESCRIPCIÓN
Comuna	String	254	Refiere al número de la comuna.

Tabla 11: Descripción geotadabase de información sobre población afectada en 200 metros.

Descripción del tema	Población afectada por incendio estructural en un área alrededor de 200 metros		
Feature Class	Población_afectada.		
Tipo de dato	Polígono.		
CAMPOS	TIPO DE DATOS	TAMAÑO	DESCRIPCIÓN
Localizaci	String	254	Refiere al número de la comuna.
Año	Integer	4	Refiere al año en el que se registró el incendio estructural.
Buff_pobla	Integer	10	Indica la cantidad de población afectada al interior del área.

Tabla 12: Descripción geotadabase de información sobre uso de suelo

Descripción del tema	División del uso de suelo que se presenta en el área urbana del municipio de Popayán.		
Feature Class	Uso_suelo.		
Tipo de dato	Polígono.		
CAMPOS	TIPO DE DATOS	TAMAÑO	DESCRIPCIÓN
CLASIFICAC	String	254	Indica las siglas usadas para clasificar el tipo de uso de suelo.
CLASIFIC_1	String	254	Refiere a la clasificación usada para el uso de suelo que se presenta.

Tabla 13: Descripción geotadabase de información sobre nomenclatura vial

Descripción del tema	Nomenclatura vial del municipio de Popayán.		
Feature Class	Vías.		
Tipo de dato	Linea.		
CAMPOS	TIPO DE DATOS	TAMAÑO	DESCRIPCIÓN
TEXTO	String	254	Nombra la dirección de cada una de las vías transitables.

Tabla 14: Descripción geotadabase de información sobre drenajes sencillos

Descripción del tema	Información de drenajes sencillos del municipio de Popayán.		
Feature Class	Drenajes.		
Tipo de dato	Linea.		
CAMPOS	TIPO DE DATOS	TAMAÑO	DESCRIPCIÓN
NOMBRE_GEO	String	50	Indica el nombre geográfico asignado al drenaje.

Tabla 15: Descripción geotadabase de información sobre cauce principal

Descripción del tema	Información del cauce principal del municipio de Popayán.		
Feature Class	Drenajes.		
Tipo de dato	Linea.		
CAMPOS	TIPO DE DATOS	TAMAÑO	DESCRIPCIÓN
NOMBRE_GEO	String	50	Indica el nombre geográfico asignado al cauce principal.

7. Distribución espacial y temporal de incendios estructurales.

Para el desarrollo de este capítulo es necesario que todos los datos se encuentren representados en su respectiva cartografía temática, de esta manera se tiene una base para poder identificar los factores espaciales y temporales que se evidencian en los mismos. La primera parte de este análisis se centrará en un enfoque espacial, esto quiere decir que primero se determinara cual puede ser el comportamiento visible que presenta la cartografía teniendo en cuenta únicamente el punto de localización o el área donde se presenta y no el rango temporal que abarcan los 5 años de estudio para el proyecto ya que este será abarcado en la segunda parte, pero si se desea profundizar más y generar un mejor análisis es preferible realizar una integración de las dos temáticas, por esto mismo en la última parte se realizó una comparación orientada tanto a la espacialidad como a la temporalidad.

7.1. Análisis espacial

Como se mencionó antes, esta primera parte se centrara solamente en la espacialidad de los incidentes, por sí mismo es análisis espacial permite conocer tanto el entorno como visualizar el comportamiento de los datos en un plano, la variación de estos datos permite determinar las posibles causas del surgimiento de los incidentes o permite reducir las opciones para que estos ocurran, primero entonces es necesario comprender el entorno que nos rodea y que puede afectar el desarrollo de un incidente.

7.1.1. Descripción del entorno

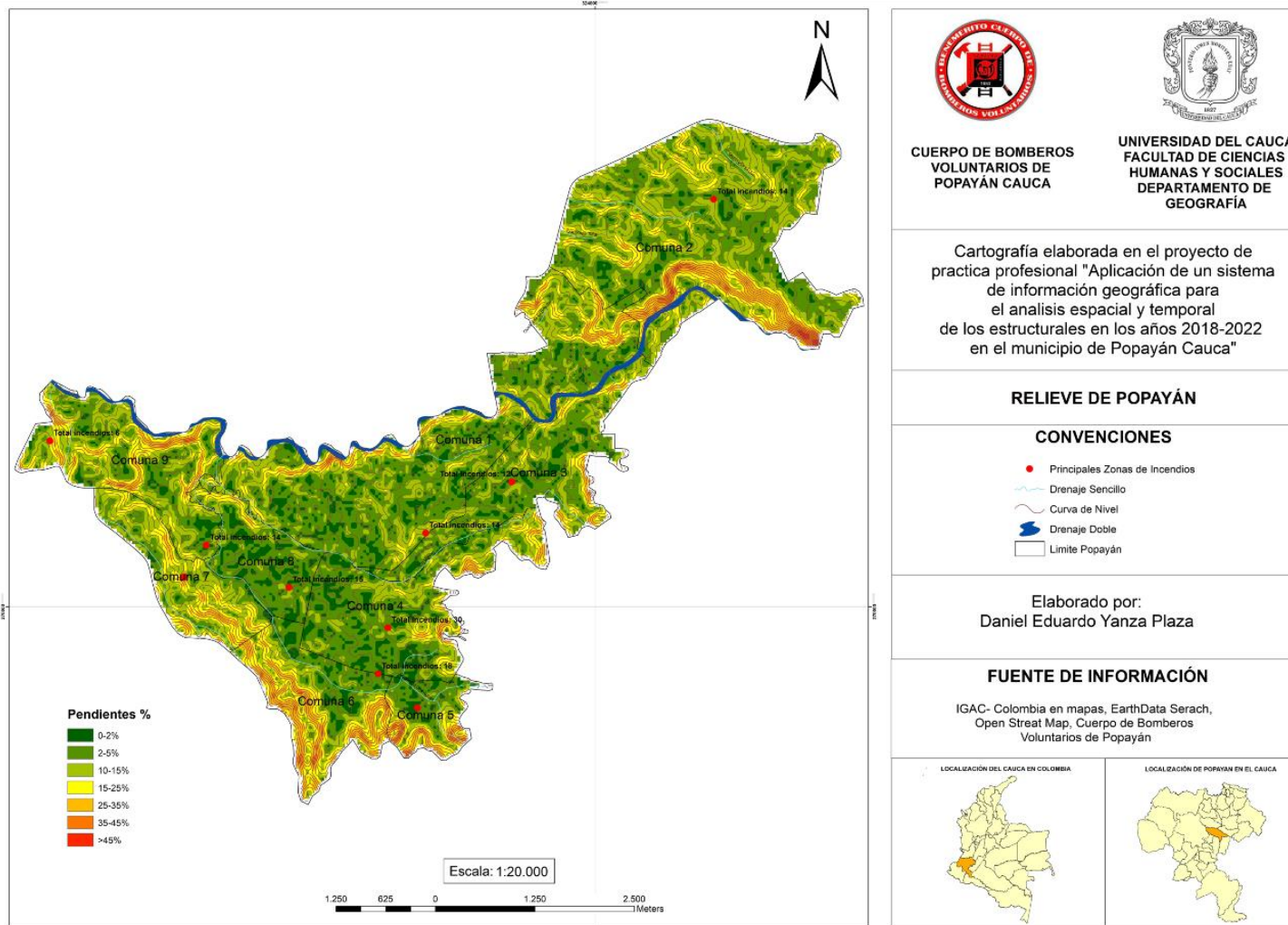
Entender el entorno es crucial para comprender las posibles causas de un incidente, o al menos para tener una idea de su origen. Esta comprensión adquiere mayor relevancia cuando se consideran factores como los materiales de construcción de las viviendas, el uso del suelo y

la distribución de la población. Por ejemplo, el conocimiento de los materiales de las viviendas puede ayudar a evaluar la vulnerabilidad ante incendios, mientras que el análisis del uso del suelo puede revelar áreas de mayor riesgo considerando la cercanía entre las áreas de vivienda. Además, entender la distribución de la población puede ser fundamental para planificar estrategias de arribo considerando la acumulación que se presenta en ciertos sectores priorizando esto para evitar una mayor tragedia. Es importante destacar que, si bien algunos incidentes pueden originarse en áreas rurales y evolucionar de estructurales a forestales, es esencial considerar todas las variables del entorno para una gestión integral de riesgos.

Es por esto que, para este análisis se toma únicamente la pendiente en grados del municipio de Popayán, ya que con esto es posible ver los lugares de más fácil acceso en términos de inclinación, como se puede ver en el mapa general de pendientes (ver Mapa 4: Mapa de pendientes) la mayor inclinación se encuentra en las áreas rurales más alejadas de la zona urbana la cual, contrario a la mayoría del terreno, es generalmente plana, esto hace que en el momento que se presente un incendio en zonas más rurales el acceso para mitigar algún incidente es más complicado dado al entorno.

Debido a que el Mapa de Pendientes (mapa 4) está orientado a mostrar las pendientes que se presentan en todo el municipio de Popayán incluyendo en esto la zona urbana y rural se da que la zona urbana al representar una parte no tan significativa de la totalidad del municipio no se puede ver claramente la característica del terreno, considerando que estas características son importantes para la movilización de las unidades de respuesta inmediata se realiza el mapa 11 orientado a las pendientes de la zona urbana de Popayán, el cual se le reduce la escala para así tener una visualización más detallada del terreno.

Mapa 7: Mapa de Pendientes de la zona urbana de Popayán.



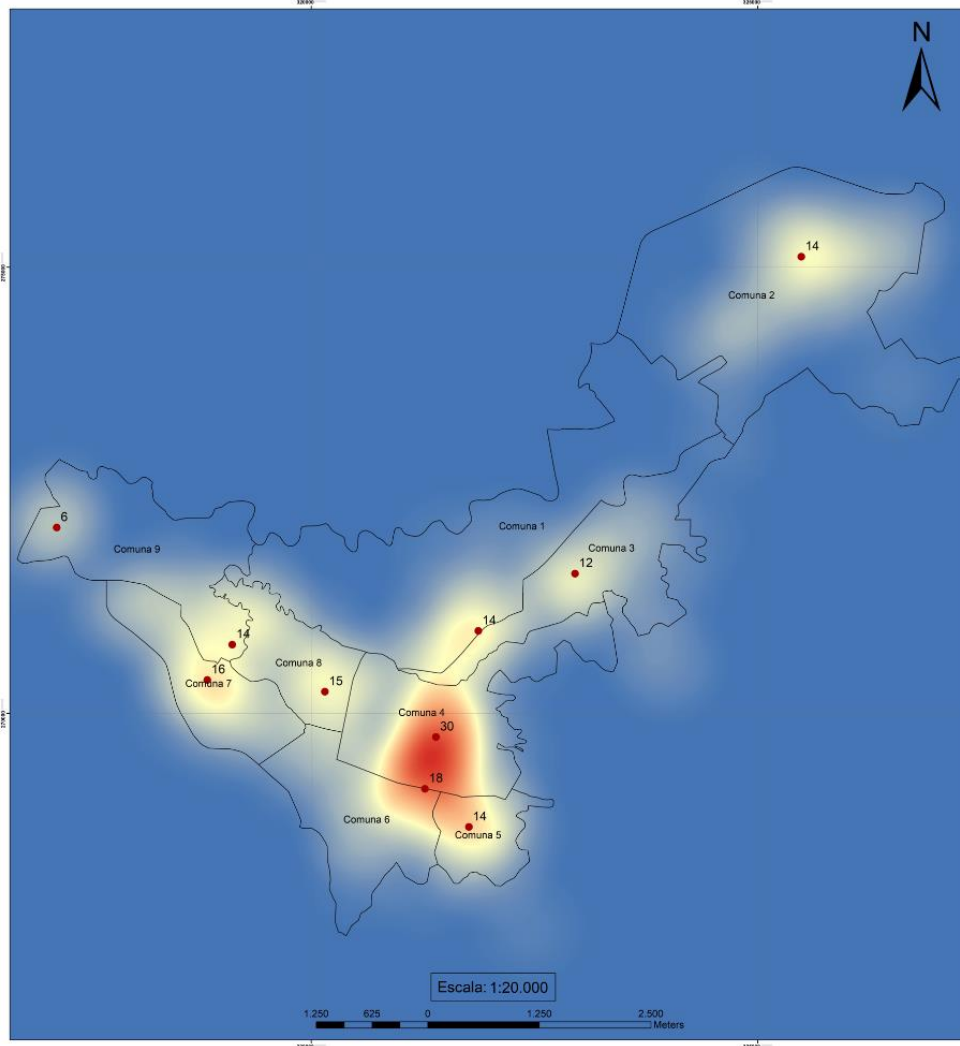
Fuente: Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán 2024. Elaboración propia.

En este mapa se puede apreciar como en su gran mayoría el terreno es plano o corresponde a una pendiente de entre el 0% hasta el 5% siendo este el porcentaje más frecuente, ahora bien, hay algunas regiones las cuales son considerablemente empinadas, esto ocurre debido a que el criterio de clasificación de las pendientes es diferente al usado para todo el municipio ya que este contaba con información más diversa, por otro lado, la zona urbana no cuenta con tanta información. Con esto en mente surgen puntos de fuerte pendiente al sur, nororiente y occidente esto representa unas características de terreno que pueden ocasionar el difícil o tardío acceso a la zona al momento de una emergencia, de todas formas, se considera solamente impedimento al factor del tiempo y no se menciona como un punto clave que evita el acceso a la emergencia.

7.1.2. Identificación de zonas de incendios estructurales

Para realizar la identificación de las zonas en que se concentran los incendios estructurales primero es necesario un mapa en el que se muestre cual es la tendencia de agrupación que tienen estos datos, es por esto que se hace uso del mapa de densidad de kernel dado que este abarca el acumulado de los 5 años permite centrarse solamente en la localización espacial de los grupos.

Mapa 8: Densidad de kernel.



**CUERPO DE BOMBEROS
VOLUNTARIOS DE
POPAYÁN CAUCA**



**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS
HUMANAS Y SOCIALES
DEPARTAMENTO DE
GEOGRAFÍA**

Cartografía elaborada en el proyecto de practica profesional "Aplicación de un sistema de información geográfica para el analisis espacial y temporal de los estructurales en los años 2018-2022 en el municipio de Popayán Cauca"

DENSIDAD DE INCENDIOS ESTRUCTURALES

CONVENCIONES

- Comunas de Popayán
- Incendios Principales

Mapa de Calor

- Alto: 30
- Medio: 16
- Bajo: 0

Elaborado por:
Daniel Eduardo Yanza Plaza

FUENTE DE INFORMACIÓN

IGAC- Colombia en mapas, EarthData Serach, Open Street Map, Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán



Fuente: Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán 2024. Elaboración propia.

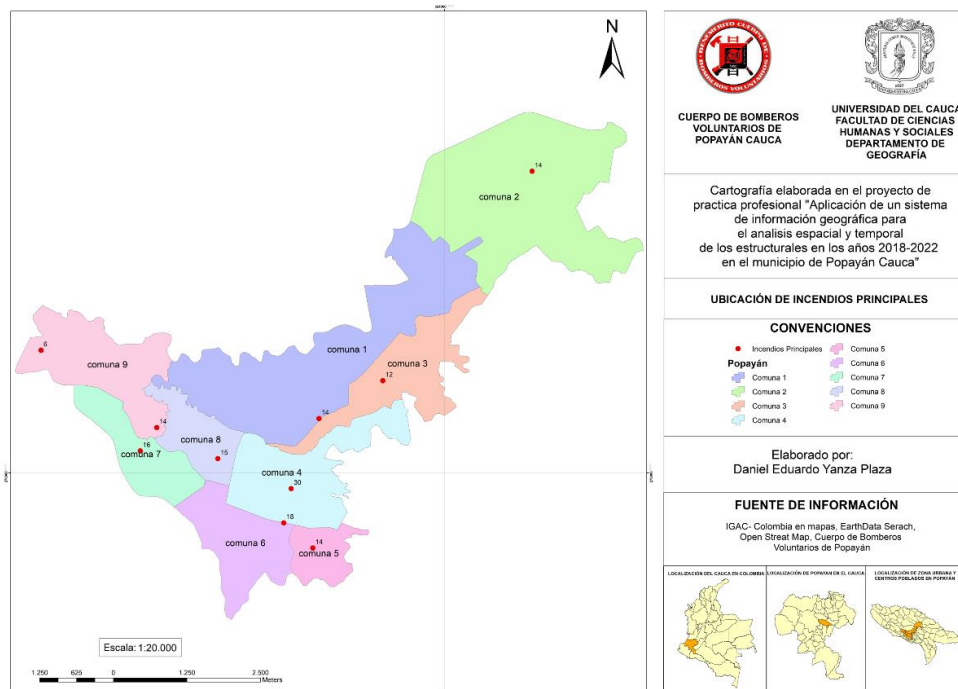
Como se puede apreciar en el mapa, se presenta una zona de alta concentración de incendios estructurales en 3 comunas: comuna 4, comuna 5 y comuna 6, es de resaltar como la concentración principal se da más hacia la comuna 4 principalmente en el centro ubicando sectores como el Anarkos y en su mayoría establecimientos comerciales de los alrededores, es debido a esta gran concentración de este sector que las áreas de los alrededores se muestran opacas ya que las emergencias se presentan en menor frecuencia pero no son tan poco usuales.

Cabe añadir que, debido a la extensión de Popayán y principalmente a su centralidad las áreas más alejadas presentan un comportamiento propio, esto puede ser considerado una tendencia ya que hasta este rango de tiempo se muestra que localidades alejadas como la comuna 9 en el barrio Lomas de Granada o la comuna 2 en el barrio Bello Horizonte se presenta una agrupación de eventos que, aunque pocos en el caso de la comuna 9, pueden demostrar que se está presentado una tendencia hacia esos sectores alejados sobre todo para el caso de la comuna 2 ya que es un área muy grande la cual queda alejada a la estación de bomberos situación que puede afectar el efectivo control de un incendio estructural.

7.1.2.1. Descripción de zonas principales

En Popayán se encuentran 10 zonas principales de incendios estructurales distribuidos como se ve en el siguiente mapa:

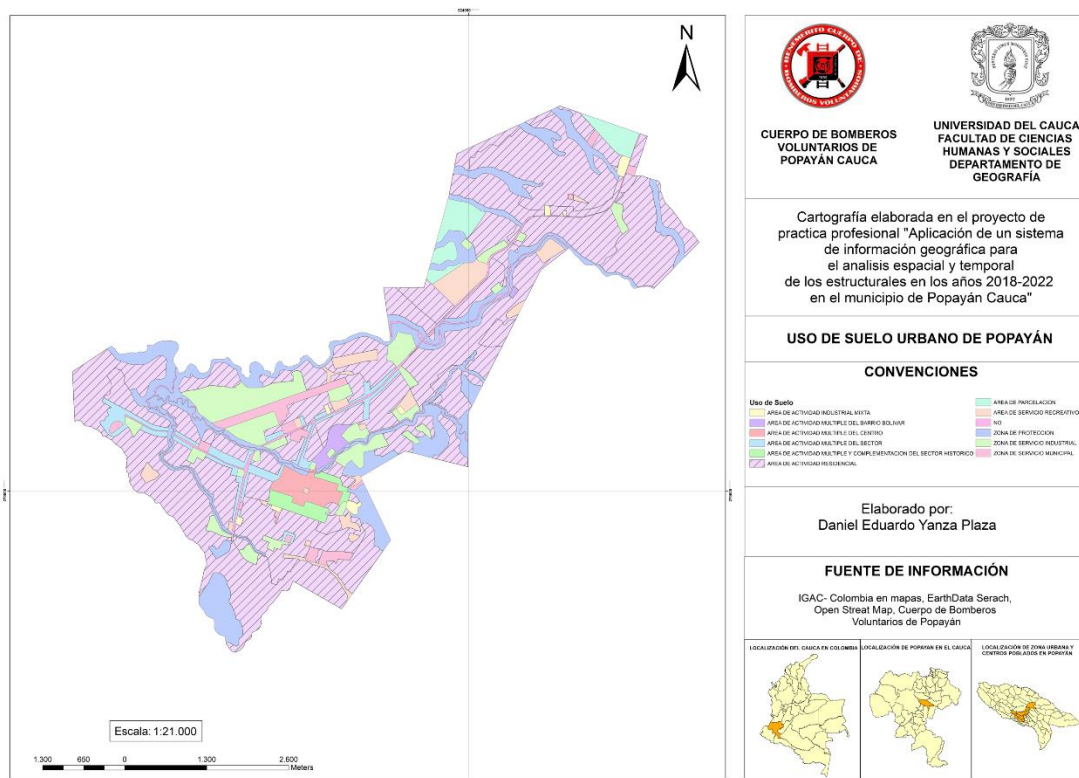
Mapa 9: Ubicación de los principales incendios estructurales.



Fuente: Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán 2024. Elaboración propia.

Estas zonas abarcan desde el grupo más grande de 30 eventos en una zona, siendo este el más grande, hasta la zona más pequeña de 6 eventos, entre ese rango lo común es que se encuentren zonas de alrededor de 12 a 16 incendios registrados. Cada una de estas zonas cuenta principalmente con las mismas características siendo que en general los eventos ocurren en zonas de uso residencial como se puede ver en el siguiente mapa donde se señala el área de actividad residencial en el mapa con una grilla en forma de línea:

Mapa 10: Uso de suelo urbano en Popayán.



Fuente: Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán 2024. Elaboración propia.

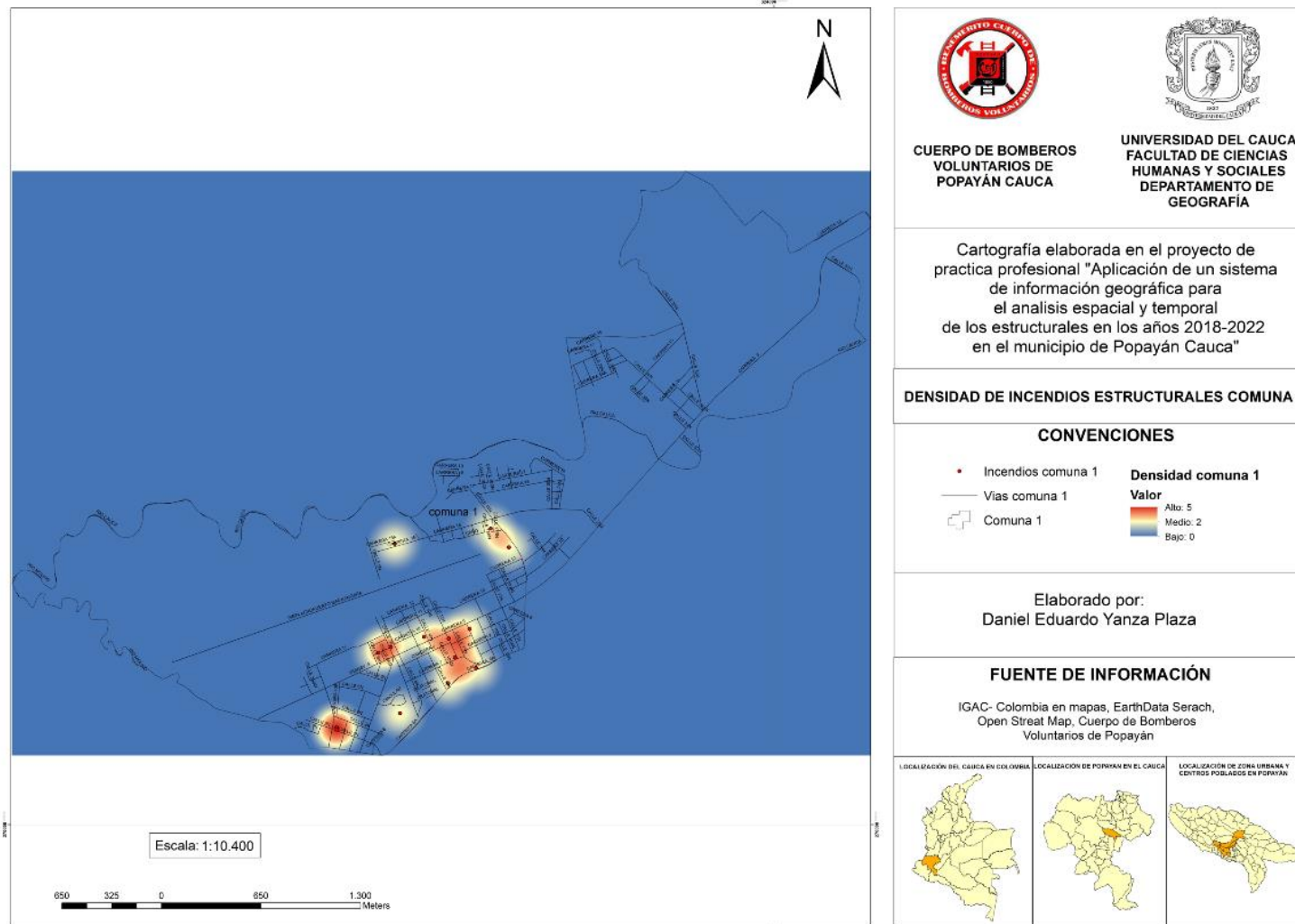
Con esto en mente, es claro que hay ocasiones donde se presentan emergencias en comercios ya sea pequeños o grandes, pero en su mayoría todo se encuentra en zonas residenciales, entonces el surgimiento de un incendio estructural dado que ocurre más frecuentemente en una residencia que en un comercio puede indicar que existe alguna falencia en la estructura habitacional, dado que existe una gran zona de concentración en la comuna 4 donde se encuentran casas en su mayoría consideradas viejas puede que muchas viviendas no realicen un mantenimiento a la red interna de cableado, se menciona esto dado que es más probable que ocurra un incendio estructural debido a que algún cable se encuentre expuesto y debido a alguna lluvia fuerte o filtración este produzca un cortocircuito generando chispas que provocan fácilmente un incendio, es de aclarar que cada incendio puede ocurrir de forma distinta y se debe más al descuido de los habitantes en una vivienda dejando una vela encima

de en un parlante por ejemplo o por falta de conocimiento al tratar de apagar un incendio o corto menor se termina provocando un incendio más grande.

7.1.3. Distribución de incendios estructurales por comunas

Retomando el mapa de kernel (ver mapa 8) la distribución en este caso se concentra principalmente en la gran zona de la comuna 4 como ya se mencionó, entonces si se reduce la escala y se revisa cada comuna con su grupo de incendios estructurales individualmente es posible ver la distribución local que se presenta. Esto permite conocer a precisión donde se agrupan los incendios estructurales y dado que cada comuna cuenta con sus propias zonas a destacar se puede resaltar y mencionar la probabilidad de que en estas exista algo que genere estas emergencias.

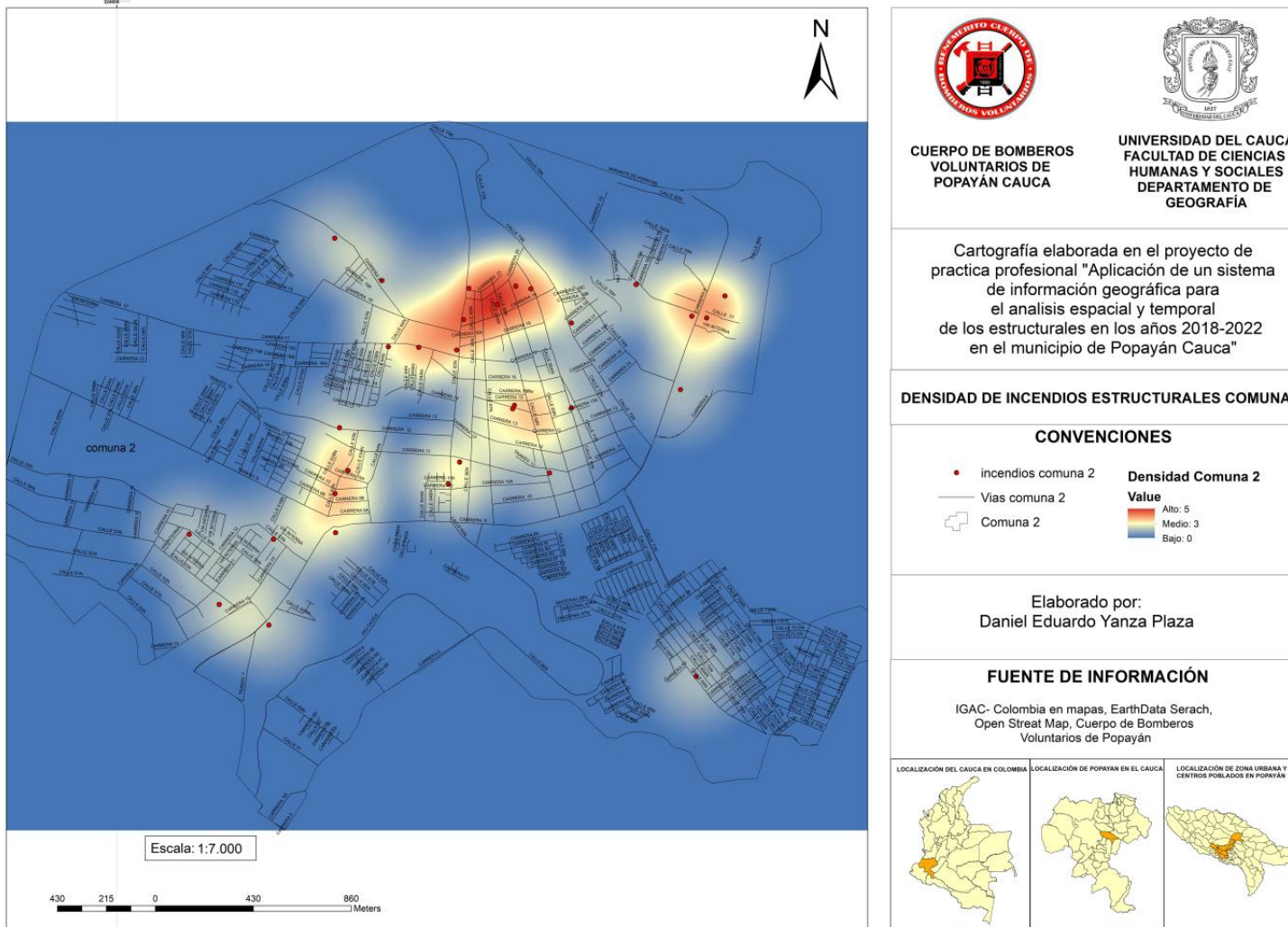
Mapa 11: Incendios estructurales en la comuna 1.



Fuente: Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán 2024. Elaboración propia.

En el mapa se observa como para esta comuna se presentan 4 agrupaciones de emergencias, en 3 de estos grupos la concentración se considera alta ya que están muy cerca entre sí, además hay 2 zonas que se pueden considerar casos extraños ya que solo se presentó una emergencia y a sus alrededores no se presenta ninguna quedando aislados. Retomando los dos casos extraños el que se encuentra en la carrera 6A corresponde a lo ocurrido durante la quema de los patios, este evento no se produce por descuido alguno, sino que fue directamente ocasionado por la acción humana y resultado colateral de una gran manifestación social, por otro lado, los demás incendios que se ven siguen la misma tendencia de zonas residenciales o cercas a zonas comerciales.

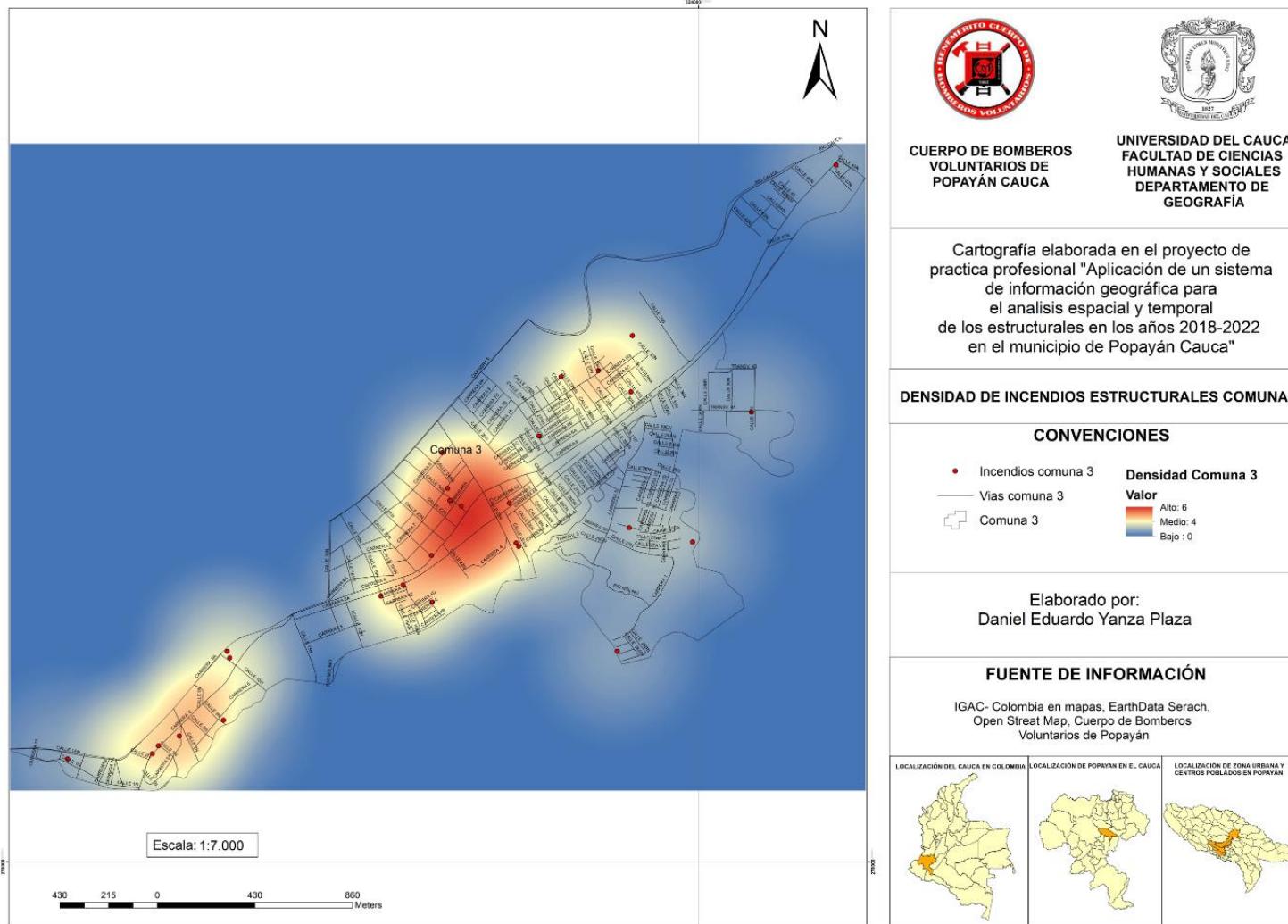
Mapa 12: Incendios estructurales en la comuna 2.



Fuente: Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán 2024. Elaboración propia.

En este caso se observa 2 grupos claros de concentración, pero en su mayoría los incendios estructurales ocurridos en la comuna 2 son de naturaleza dispersa y con un solo incidente muy alejado, la dispersión en los incidentes no indica que algo esté ocasionando las emergencias, más allá de que también se encuentren en zonas residenciales y comerciales, el factor que mayor causa preocupación es la posible tendencia a aumentar las zonas de concentración consolidándose los grupos dispersos en un grupo grande y por ende aumentando las más emergencias ocurridas en esta comuna.

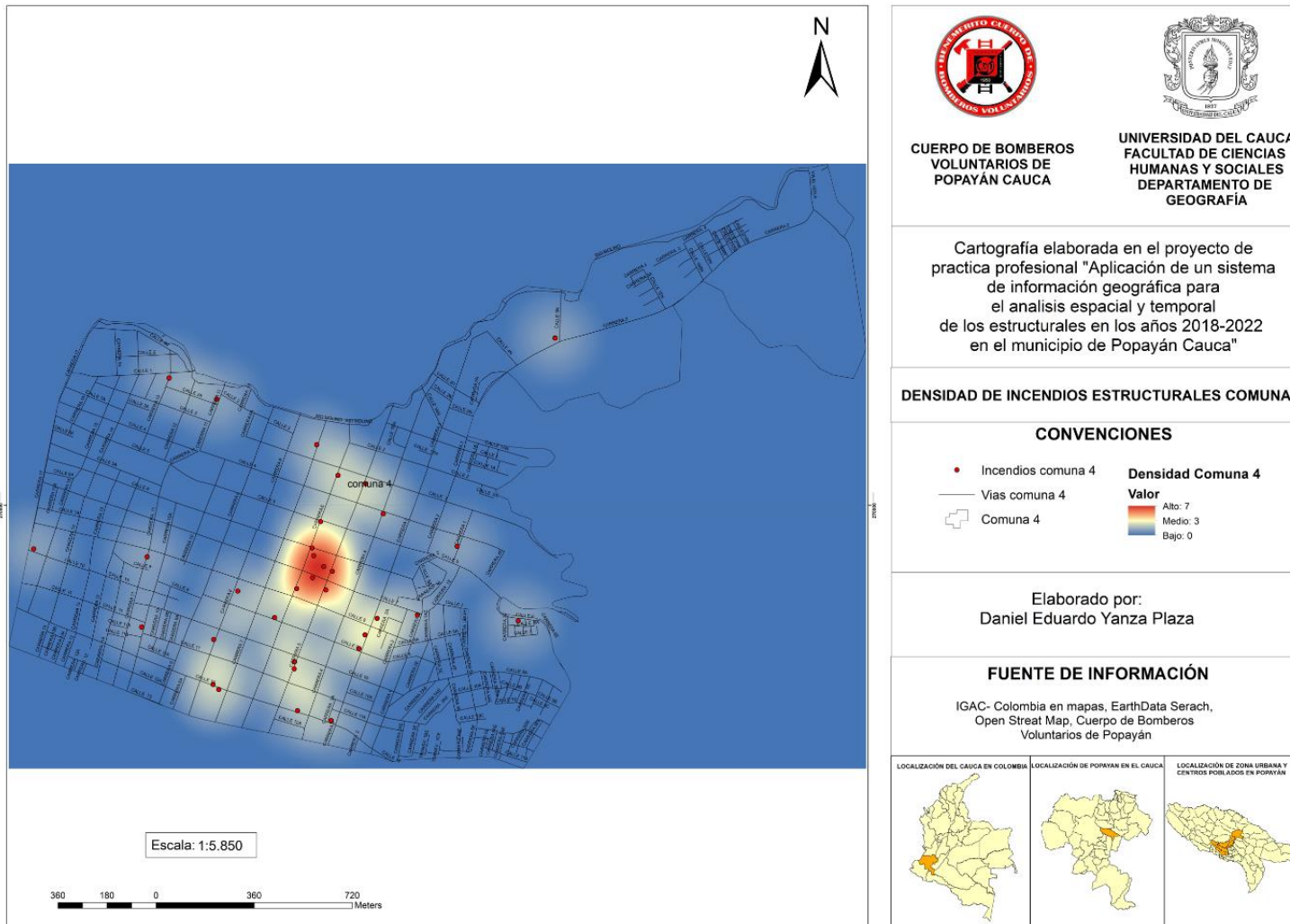
Mapa 13: Incendios estructurales en la comuna 3.



Fuente: Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán 2024. Elaboración propia.

Continuando con la misma tendencia, los incendios ocurren en zonas residenciales o comerciales, para el caso de la comuna 3 se presentan 2 grupos claros de emergencias y la tendencia hacia la formación de un tercer grupo al nororiente, es de resaltar que para esta comuna se presentaron 5 casos que se encuentran alejados de los grandes grupos y alejados de sí mismos, sobre todo el evento de la calle 48N, considerando que se clasifica como un dato extraño aquellos que se encuentran en extremo alejados de los grandes grupo o grupos considerablemente dispersos y un dato atípico se considera así cuando no se encuentra agrupado en un grupo disperso o en cercanías a otro grupo pero a su vez no tan separado del conjunto en total, se puede decir que para esta comuna se encuentran 4 datos atípicos y un dato extraño.

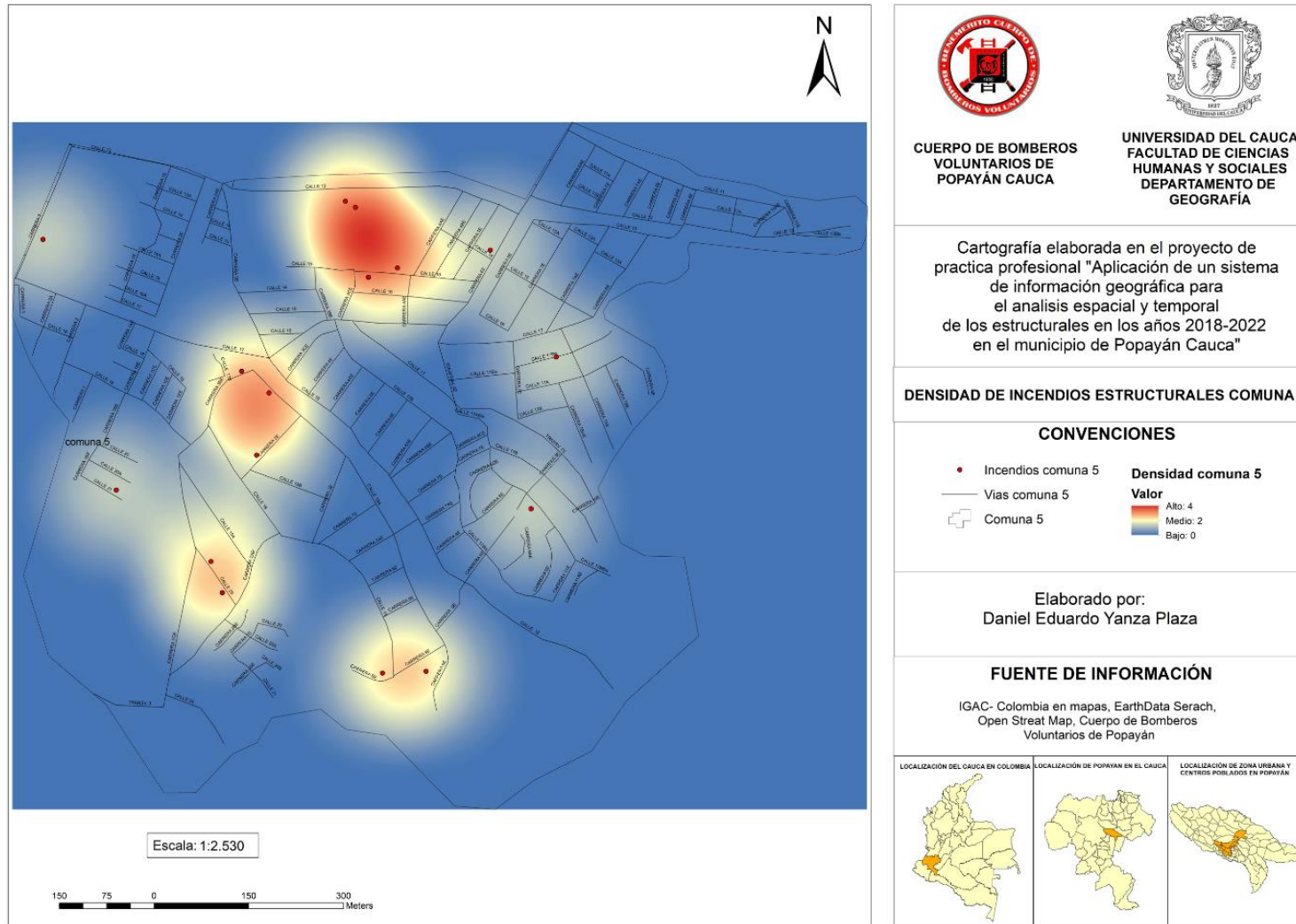
Mapa 14: Incendios estructurales en la comuna 4.



Fuente: Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán 2024. Elaboración propia.

Esta comuna cuenta con una distribución interesante, ya que las emergencias se concentran en un único gran grupo y dado que las emergencias circundantes no se agrupan lo suficiente permanecen como grupos dispersos, esta considerable agrupación de incendios se encuentra mayormente en zonas comerciales pero principalmente en lo que se conoce como el Anarkos o mejor dicho los restos que quedan de él, debido a que es un edificio abandonado aquí es más probable que habitantes de la calle ocasionen incendios o que por causas algo difíciles de discernir estos se propaguen a los comercios aledaños. Viendo que mientras más se aleja de este grupo más dispersos son los incidentes es recomendable tener precaución con el sector del Anarkos, cabe mencionar que se encuentra también un dato extraño al nororiente.

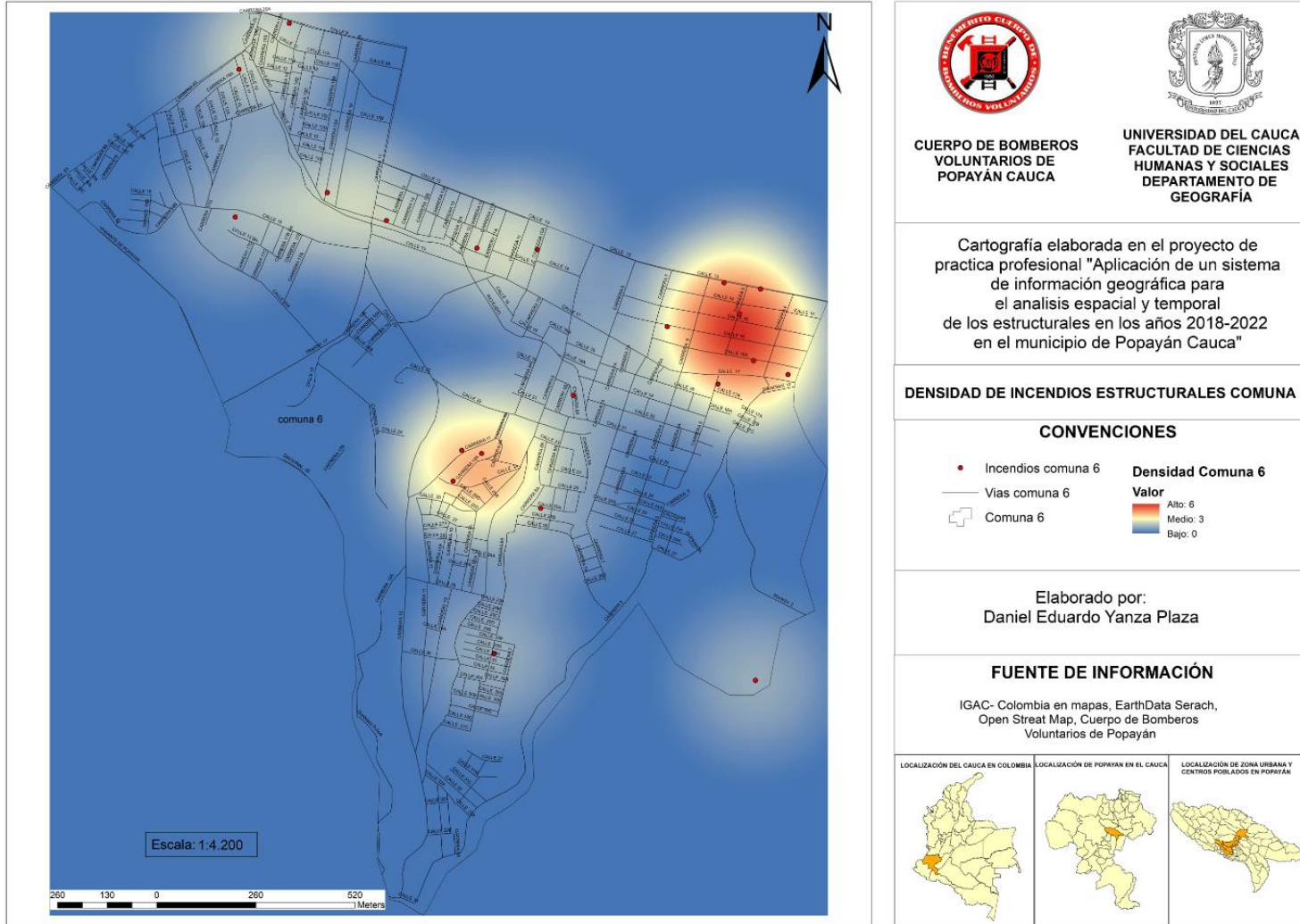
Mapa 15: Incendios estructurales en la comuna 5.



Fuente: Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán 2024. Elaboración propia.

Para esta comuna se presentaron 4 grupos, la agrupación de las emergencias toma una formación circular de mayor grupo de acumulación hasta grupos dispersos o atípicos esto en sentido antihorario, es curioso este caso ya que el grupo más grande se encuentra en una área recreativa y cercana a una zona residencial, los demás grupos se encuentran en zonas residenciales, al igual que en los anteriores mapas

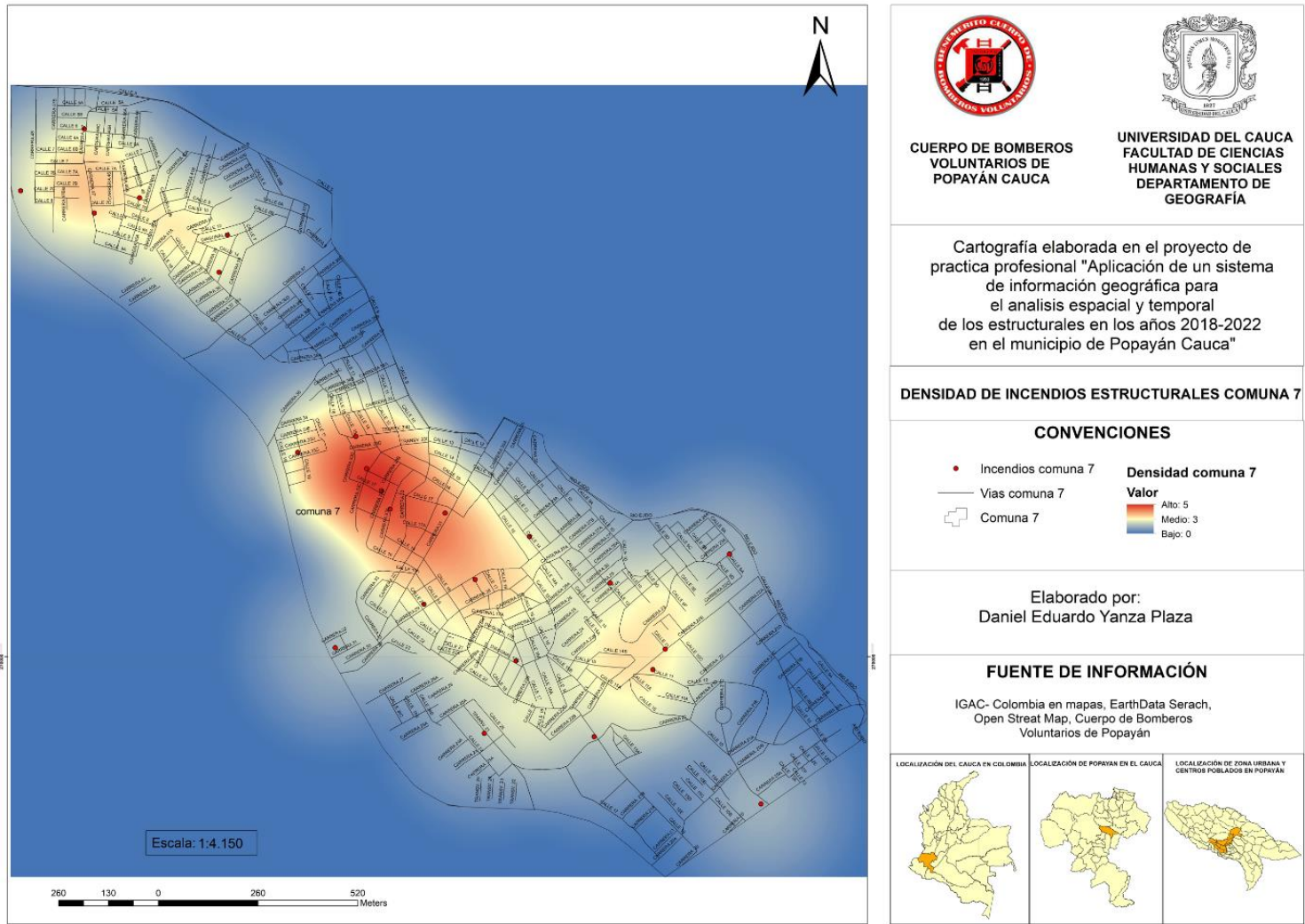
Mapa 16: Incendios estructurales en la comuna 6.



Fuente: Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán 2024. Elaboración propia.

Para esta comuna se presentan 2 grupos, el de mayores incidentes al nororiente en cercanías al colegio Don Bosco y principalmente en zonas residenciales y el de menores incidentes al centro de la comuna también alrededor del colegio Manuela Beltrán, no necesariamente indique que los incendios ocurren por la presencia de la institución educativa, sino que más bien se resalta el hecho de que ocurren a sus alrededores. También hay 2 grupos dispersos encontrándose al norte y noroccidente, estos grupos dispersos pueden indicar que existe la tendencia hacia la creación de un nuevo grupo por ese sector, además se menciona los 2 datos atípicos ubicados al sur y suroriente

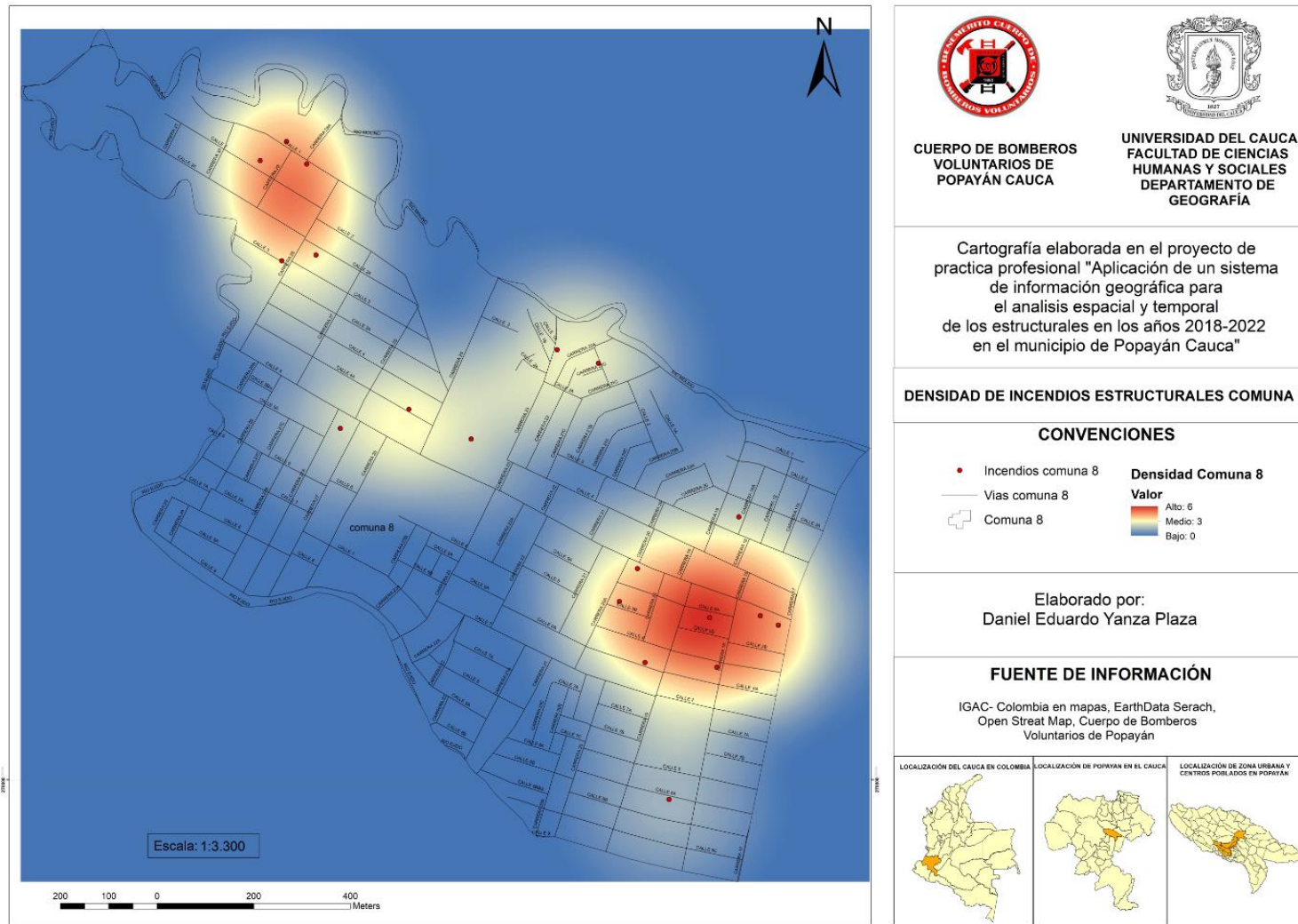
Mapa 17: Incendios estructurales en la comuna 7.



Fuente: Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán 2024. Elaboración propia.

Aquí se presenta un caso interesante ya que se ve claramente que hay 2 grupos pero el mayor de ellos muestra una tendencia a avanzar hacia el noroccidente donde se encuentra el grupo con menor eventos, esto puede ser normal de no ser porque entre la carrera 36 y 37 no se presenta ningún incendio dejando la zona vacía y formando una especie de frontera invisible, esto es algo interesante y muy peculiar de esta comuna ya que el patrón de organización urbano a comparación del grupo grande del centro este mismo cuenta con una pendiente más pronunciada y la cuadrícula urbana sigue el patrón común, pero en el área entre la carrera 36 y 37 la pendiente no es tan pronunciada pero principalmente se presentan más zonas verdes, áreas recreativas al aire libre con pastos.

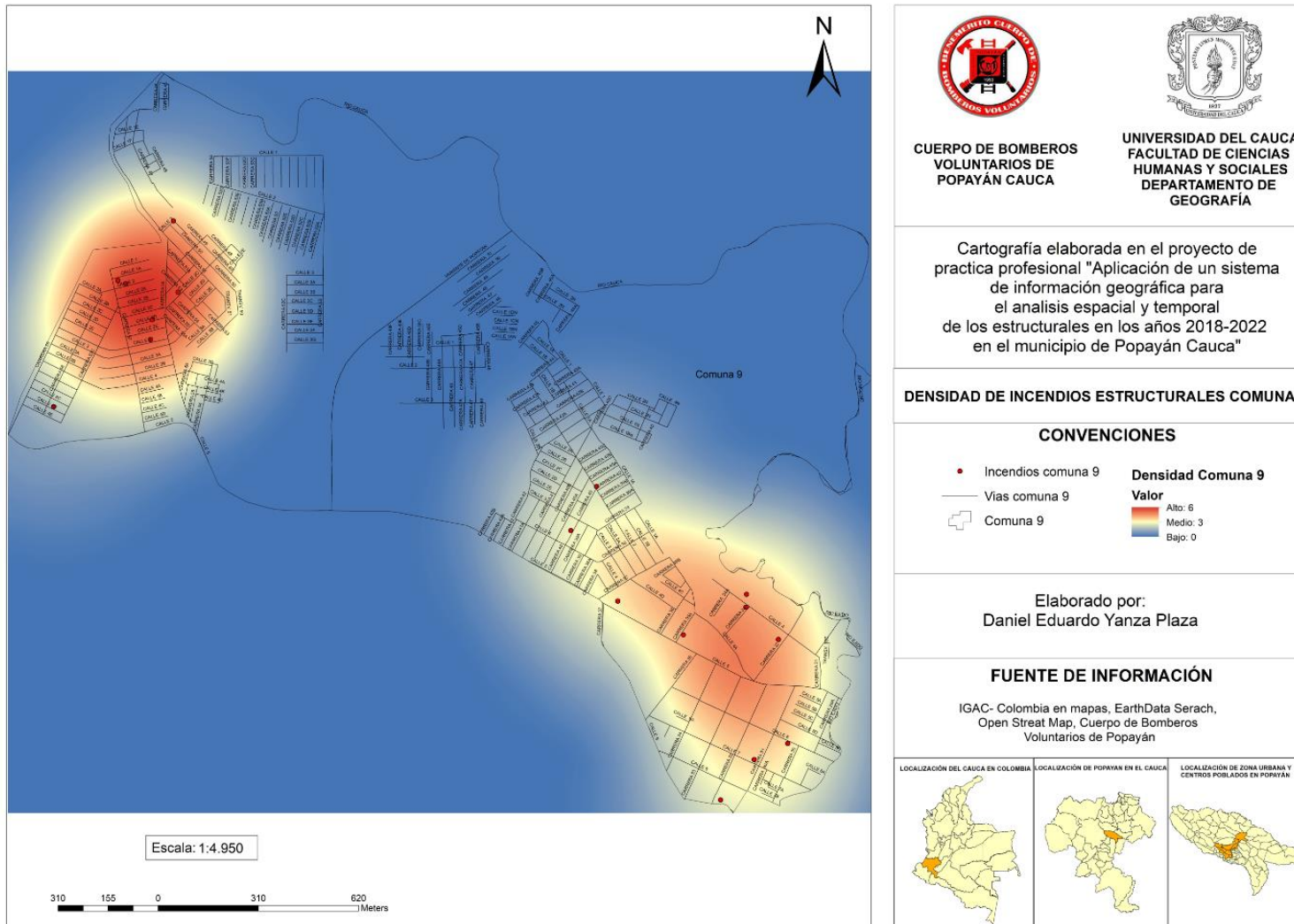
Mapa 18: Incendios estructurales en la comuna 8.



Fuente: Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán 2024. Elaboración propia.

En esta comuna se presentan 2 grupos y en el centro se ve un grupo disperso que puede tender a la formación de un nuevo grupo, para el grupo del oriente las zonas comerciales están más presentes que las residenciales caso contrario al grupo del occidente, este gran grupo ubicado en la galería de la esmeralda puede indicar como la movilidad y mayormente el mal manejo de las basuras pueden ser los causantes de que ocurra algún incendio, por otro lado el grupo al occidente se encuentra en una zona residencial.

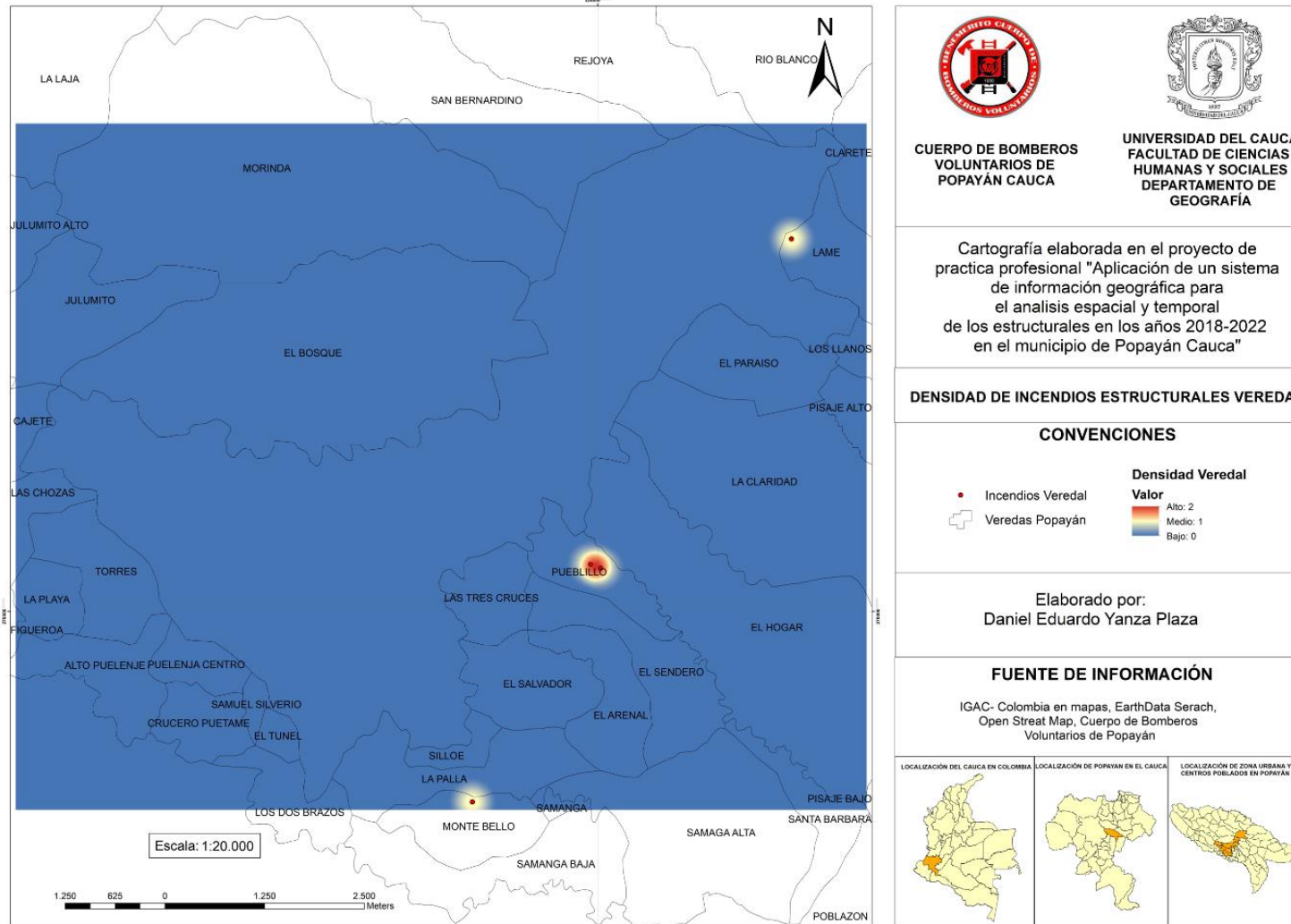
Mapa 19: Incendios estructurales en la comuna 9.



Fuente: Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán 2024. Elaboración propia.

Así como la comuna 7 en esta comuna se presentan claramente 2 grupos y una gran zona en el medio donde no se ha presentado ningún incendio, pero a diferencia de la comuna 7 esta área que no presenta incendios se debe principalmente a la distribución de las viviendas, estas se encuentran rodeadas por grandes zonas verdes, así mismo pasando por la variante de Popayán las viviendas son mucho más dispersas y predomina más la vegetación, al volver a encontrarse con una zona urbana concentrada y con mucha menor presencia de zonas verdes vuelve a aparecer los incendios estructurales como se ve por la presencia del gran grupo al noroccidente.

Mapa 20: Incendios estructurales veredal.



Fuente: Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán 2024. Elaboración propia.

Dado que se presentaron emergencias que ocurrían a las afueras de las propias comunas, estas se agruparon en un solo conjunto ya que al existir pocos incidentes en cada vereda los resultados no mostrarían mucho. Pese a que no se encontró mucha información aun así se anexa el mapa ya que estos datos a futuro y debido a la expansión urbana hacia lo rural puede ocasionar una mayor presencia de incidentes.

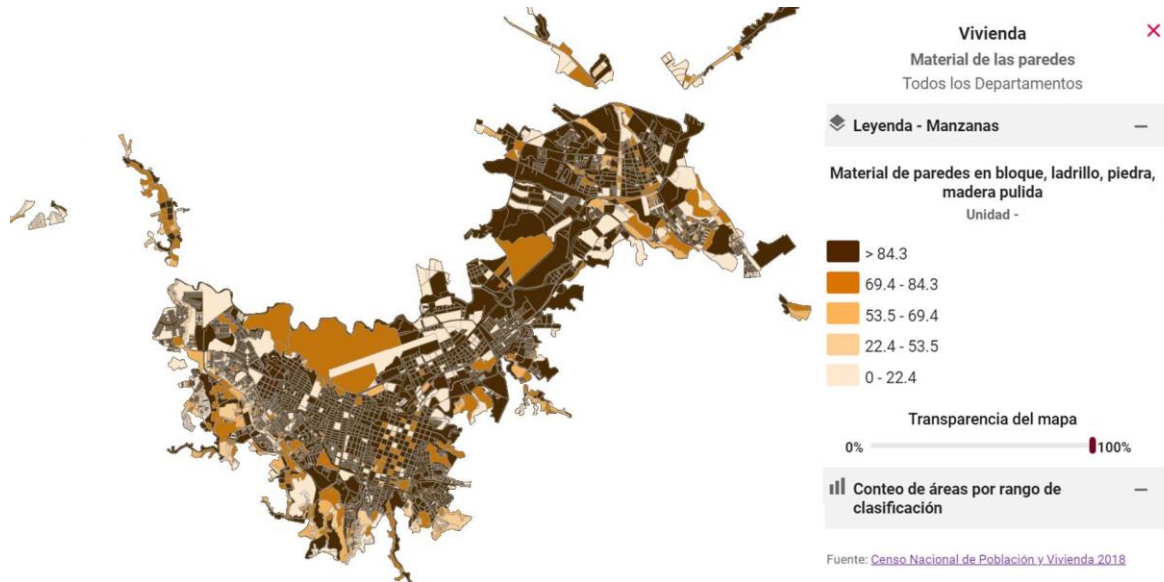
7.1.4. Identificación de zonas de alta susceptibilidad de incendios estructurales

Considerando la información que el Mapa de Densidad de Kernel proporciona acerca de la concentración en la frecuencia de los incendios, es posible identificar si existe algún factor que ocasione la aparición de una emergencia, para esto se debe tener en cuenta que un incendio estructural puede ocurrir debido a la imprudencia de los habitantes al manejar incorrectamente elementos inflamables o descuidar elementos que pueden ocasionar una flama y también puede ocurrir por elementos propios de las viviendas como un cableado antiguo o descuidado, tomando el enfoque de las viviendas el criterio que se utilizó para identificar las zonas de alta susceptibilidad de incendios estructurales es el tipo de material predominante en las paredes exteriores ya que, teniendo en cuenta que existen materiales más fácilmente inflamables que otros es posible relacionar esto con la alta susceptibilidad, así mismo si esta alta susceptibilidad se encuentra en una zona la cual su uso de suelo es residencial o comercial puede ser una señal de que estas emergencias tienen a ocurrir en una vivienda o comercio con características especificadas.

Para comenzar los materiales de una vivienda que se consideran más resistentes a un incendio estructural son elementos como el cartón yeso, el estuco, el ladrillo, el vidrio resistente al fuego, o el hormigón. Estos materiales cuentan con una composición que les permite ser mucho más resistentes al fuego, sobre todo el ladrillo ya que este se hace en un horno de juego lo que hace que sea resistente a este. Termiser. (2018)

Dado que para construir una casa el elemento que se usa principalmente es el ladrillo como se ve en el siguiente mapa:

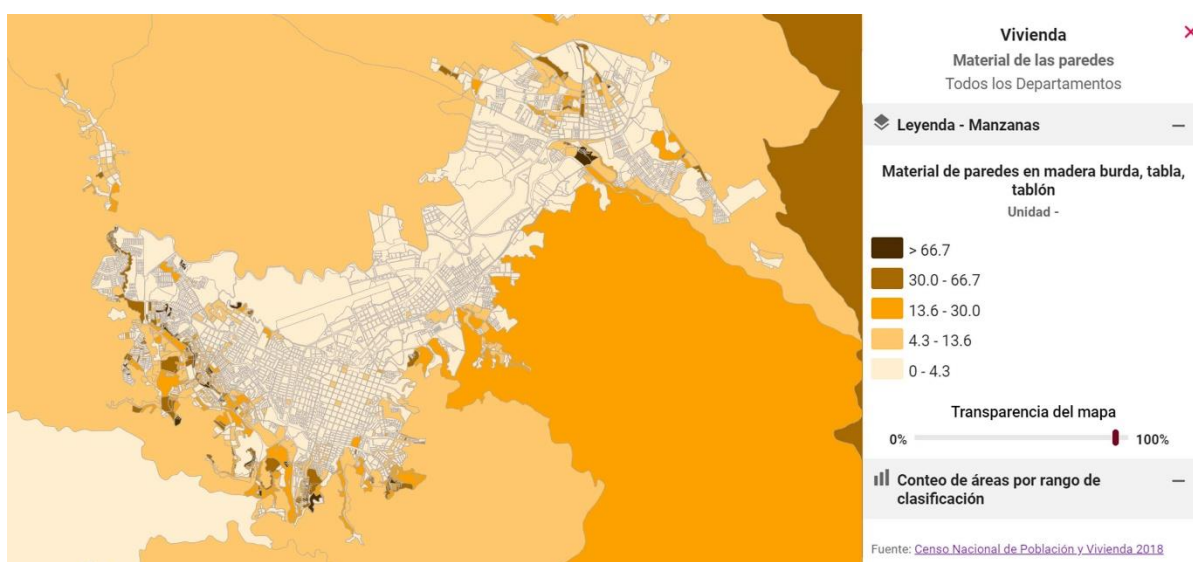
Mapa 21: Material de las paredes ladrillo, piedra y madera pulida



Fuente: Censo Nacional de Población y Vivienda 2018

Se puede decir que en las construcciones con este material no sería tan común que se presenten los incendios estructurales, pero según el mapa 5 existe una concentración de estos en una zona donde solamente se construye con ladrillo. Entonces aquellas viviendas que en su construcción no cuentan con ladrillos, sino que cuentan con materiales que sean considerablemente más inflamables como la madera burda, tabla o tablón se podrían considerar más susceptibles a la aparición de incendios estructurales, pero como se muestra en el siguiente mapa:

Mapa 22: Material de las paredes madera burda, tabla y tablón.

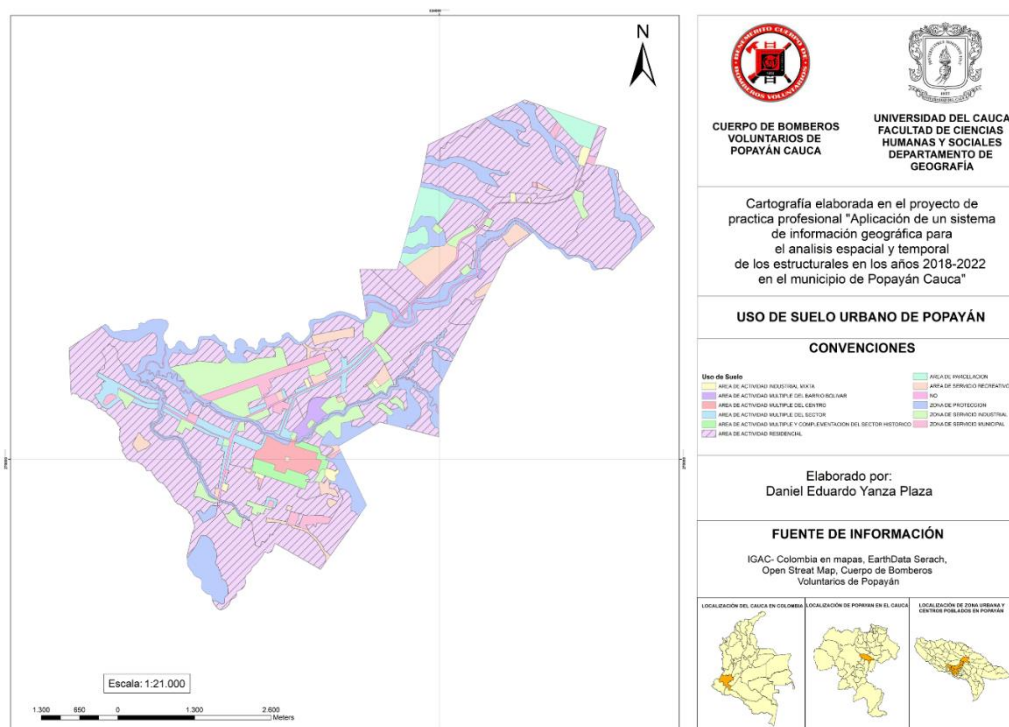


Fuente: Censo Nacional de Población y Vivienda 2018

Estas construcciones se encuentran principalmente en las periferias de la ciudad, sobre todo al sur y suroccidente, en este caso si se encuentra una relación ya que para la comuna 7 y la comuna 9 se presentan focos en las áreas donde se encuentran construcciones hechas con estos materiales, aunque no es una relación directa y es más una observación esto resulta algo más evidente en la comuna 2 ya que si se observa el mapa 12 el grupo de incendios se encuentra en áreas muy próximas o directamente en las áreas donde hay construcciones que presentan este tipo de material en sus paredes exteriores.

Continuando con la relación que tiene el uso de suelo, en este la principal relación que se encuentra es que la mayoría de los incendios estructurales que ocurren en Popayán se dan en zonas residenciales, y para el caso de la comuna 4 como se encuentra en el sector histórico este se clasifica como actividad múltiple del centro y complementación del sector histórico, por lo que se entiende como zonas tanto de comercio como de vivienda como se ve en el mapa:

Mapa 23: Uso de suelo Urbano de Popayán.



Fuente: Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán 2024. Elaboración propia

En conclusión para identificar las zonas de alta susceptibilidad de incendios estructurales es posible establecer que la presencia de viviendas la cuales cuentan en su construcción con materiales propensos a ser inflamables como la madera burda, tabla o tablón se puede considerar una zona de alta susceptibilidad, así mismo el hecho de que la mayoría sean en zonas residenciales pero que son construcciones que tendrían que resistir a los incendios indica que factores hay factores externos o diferentes que están ocasionando estos incendios. Para determinar más en profundidad las razones o factores que provocan los incendios estructurales en estas áreas es necesario llevar a cabo actividades tanto de concientización a los habitantes para que comprendan los riesgos de los elementos inflamables así como de prácticas que pueden ser peligrosas como de exploración para determinar elementos como un cableado antiguo o que este mismo este expuesto al agua o factores visibles

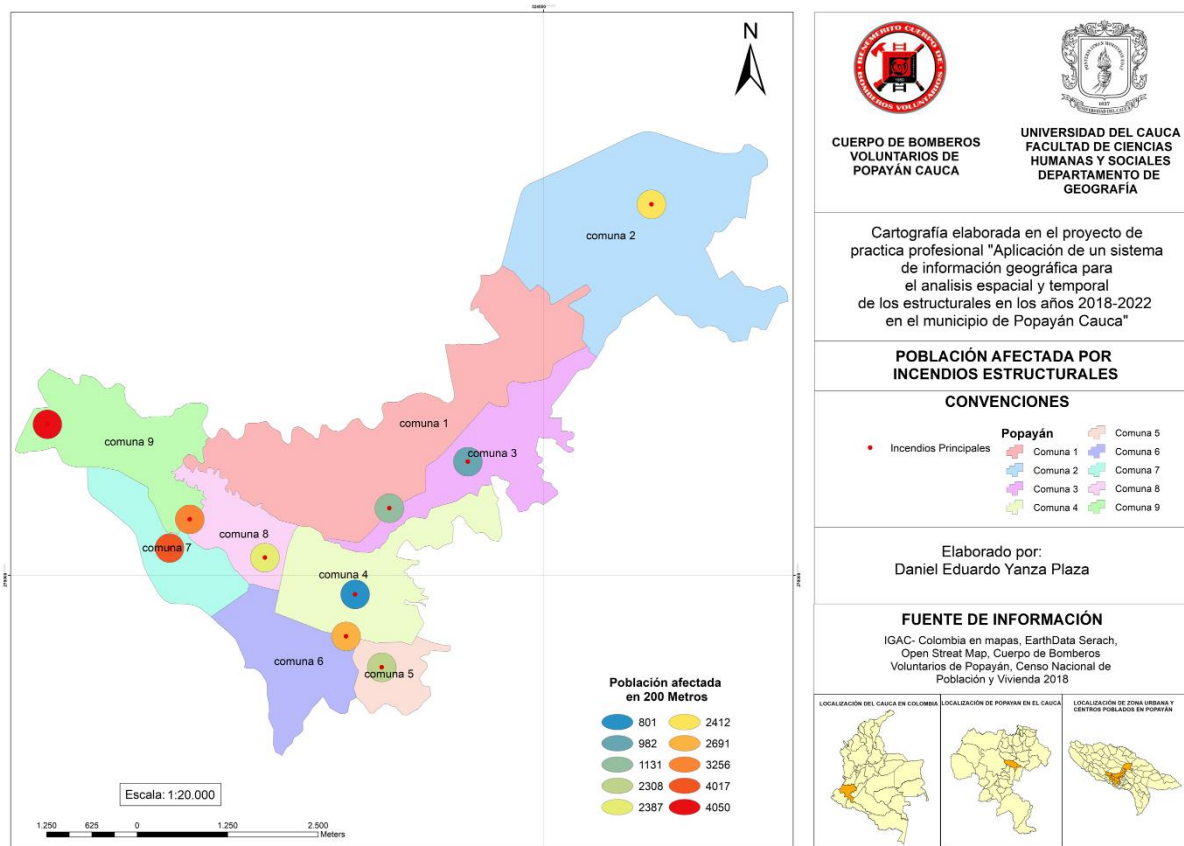
que indiquen la posible inseguridad de una vivienda para la propagación o surgimiento de un incendio estructural.

7.1.5. Población afectada en un área de influencia alrededor de un incendio estructural de 200 metros.

El desarrollo de una emergencia, en este caso un incendio estructural, la población se ve directamente afectada por esta emergencia, dado que su desarrollo puede desembocar en que las viviendas aledañas se ven afectadas y por ende la población se ve perjudicada hace que trazar un área de influencia alrededor de una emergencia sea algo vital para dar a conocer la magnitud.

Se entiende que esto es solamente una aproximación dado que en ocasiones un incendio estructural puede desembocar en que un barrio se quemara, así como que este no se expanda más allá del punto de foco. Con esto en mente y presumiendo que no es tan usual que un incendio estructural se expanda tanto se decide trazar el área de influencia en los 200 metros, esta medida se puede considerar grande tomando en cuenta el tamaño de cada manzana, es por esto que el área de influencia se trazó en los principales puntos de recurrencia de los incendios estructurales, esto hace que en los 200 metros se pueda representar como en uno de estos puntos cual sería la población que se vería afectada.

Mapa 24: Población afectada por los principales incendios estructurales en 200 metros



Fuente: Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán 2024. Elaboración propia

En este mapa se observa la población que estaría afectada por los principales incendios estructurales, dado que esto se toma según el CNPV de 2018 los datos no se podrían considerar totalmente actuales, de todas formas estos datos permiten representar cuales áreas o zonas recurrentes se consideran más prioritarias, tomando en cuenta la cantidad de población afectada, tomando en cuenta el mapa de Densidad de Kernel (Ver mapa 8) es posible realizar un contraste entre la relación que tiene el área donde mayor se acumulan o producen los incendios con la población que en este es afectada.

Con esto en mente, se puede observar que el área donde mayor se acumulan los incendios, siendo este en la comuna 4, no se presenta una mayor afectación hacia la población, esto se puede ocurrir debido a que esta zona según su uso de suelo es considerado una área de

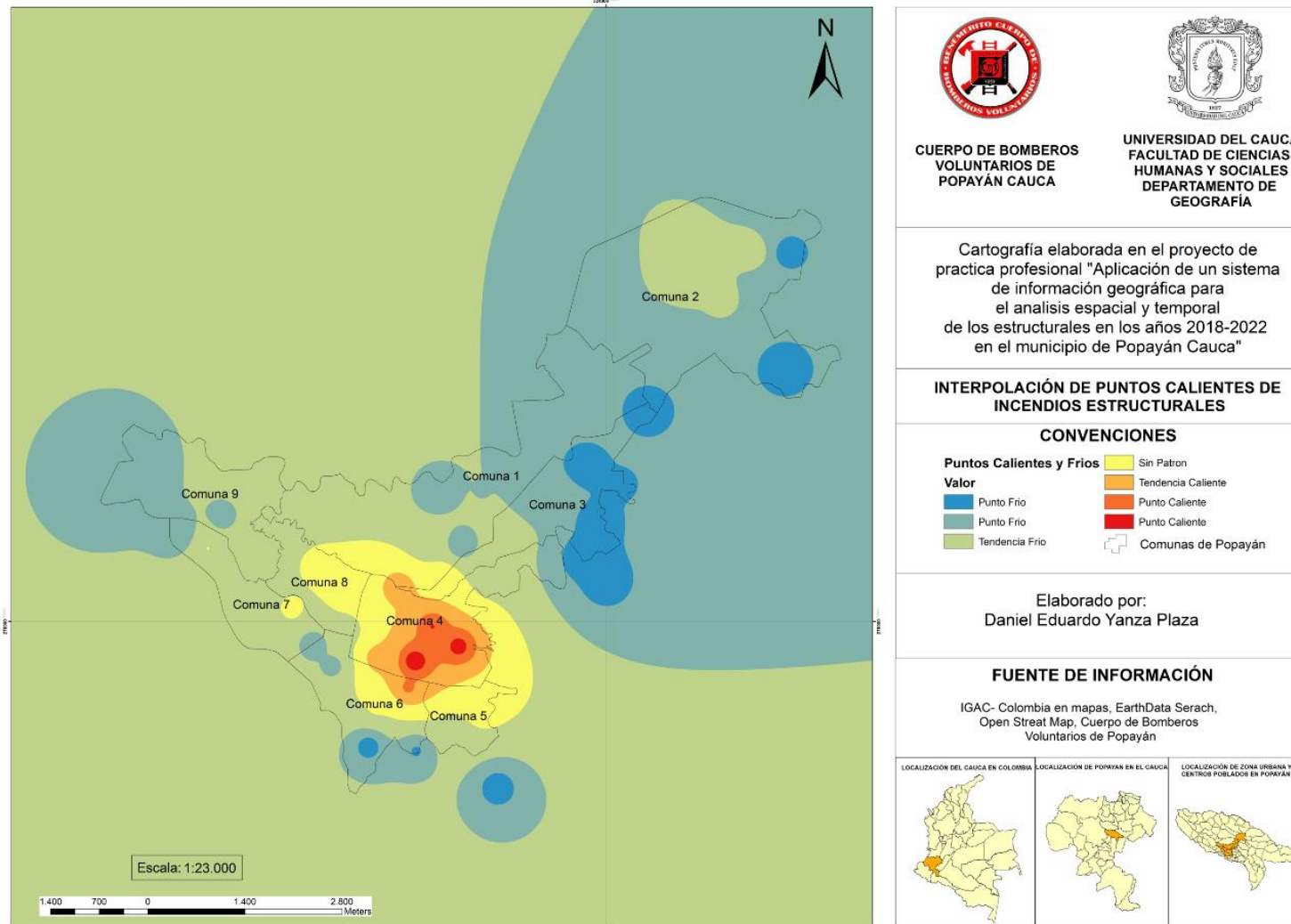
actividad múltiple en la que es mayor la presencia de actividad económica respecto a la residencial, por ende la población que reside en esta zona es menor y en consecuencia se presenta más población temporal o trabajadores que no residen en el sector, caso contrario en las demás áreas comenzando con la comuna 6 o 5 las cuales aunque se encuentren cerca de la zona principal de acumulación de incendios el uso de suelo que se da es más residencial por lo que la población afectada aumenta.

Entonces, dado que en la mayor área de concentración de incendios estructurales la población afectada no es muy significativa las áreas circundantes pueden mostrar datos más significativos, este es caso de la comuna 9 ya que al occidente de la misma se presenta una área que, según el mapa de densidad de kernel se clasifica como la menor zona donde se concentran los incendios estructurales, pero al revisar el mapa de población afectada en este se observa cómo la población más afectada se encuentra en esta zona. Se podría decir entonces que, según los datos actuales, la mayor concentración de incendios estructurales es inversamente proporcional a la población que se ve afectada.

7.1.6. Comportamiento de las zonas calientes y frías en incendios estructurales de Popayán.

La distribución que toman los incendios estructurales puede ser medida tomando en cuenta el aspecto estadístico, esto quiere decir que es posible precisar cuál puede ser el sector o área en la que es más probable que ocurra un incendio. Realizar una distribución según lo anterior mencionado permite ver a nivel general que zona requiere una prioridad por su alta incidencia de incendios y así mismo permite ver las zonas que pueden llegar a ser consideradas seguras en el aspecto del surgimiento de incendios estructurales, para esto se hace uso del mapa de puntos calientes.

Mapa 25: Mapa de interpolación de Puntos Calientes y Fríos.



Fuente: Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán 2024. Elaboración propia.

En este mapa es posible observar directamente el comportamiento estadístico que tienen los datos y la agrupación que estos tomaron, para esto se dio tres clasificaciones siendo estas: punto frío, sin patrón y punto caliente y consecuentemente 2 subclasificaciones siendo estas: tendencia a frío y tendencia a caliente.

Las zonas de puntos fríos correspondientes a áreas en las que no se presentan incendios estructurales frecuentemente, esto quiere decir que estas zonas son consideradas seguras en este aspecto ya que si consideramos el mapa de densidad de kernel tanto por años individuales como agrupado la totalidad de los años se puede ver que estas zonas en especial no se presenciaron demasiados incendios por decir que solamente se tiene registro de 1.

Al registrarse más datos pero estos no ser los suficientes para representar un gran impacto, es que se crea la subdivisión de tendencia a frío, esta zona indica las áreas que probablemente tienen la tendencia a futuro de ser zonas seguras ya que son pocos los incendios presentados o por el contrario son zonas que se han llenado progresivamente de incendios lo cual ha aumentado su clasificación de punto frío a tendencia a frío y posiblemente esto continúe hasta alcanzar datos cercanos a ser calientes pero para esto se tiene la clasificación de sin patrón. Este cambio es posible notarlo en la comuna 2 ya que en medio de una zona de punto frío se presenta una mancha de tendencia a frío, lo corresponde a un aumento en las emergencias que ahí se presentan y por ende su posible aumento en los años posteriores a los datos registrados

Como se mencionó anteriormente la clasificación sin patrón indica que los datos en esa zona son considerados aleatorios o no presentan una tendencia marcada a ser fríos o calientes, generalmente esta zona hay la probabilidad de que se presente o no un incendio estructural varía tanto que no se puede clasificar en una tendencia, pero a su vez esta clasificación sirve como un muro o división entre las zonas calientes y frías, esta zona tiene cierto parentesco con

los mapas de densidad de kernel dado que ahí se agrupan más las emergencias, pero esta clasificación permite ver mejor cual es el límite marcado entre estas dos clasificaciones.

Continuando con la clasificación de tendencia caliente es igual que su caso contrario ya que en este se marca la zona en la que se presentan relativamente más incendios y estos más agrupados entre sí, pero las zonas de puntos calientes son las más interesantes ya que se presentan tres manchas consideradas las más calientes o donde mayormente se presentan incendios estructurales y más cerca entre si, con esto se puede observar en toda la ciudad donde es más probable que se presente una emergencia.

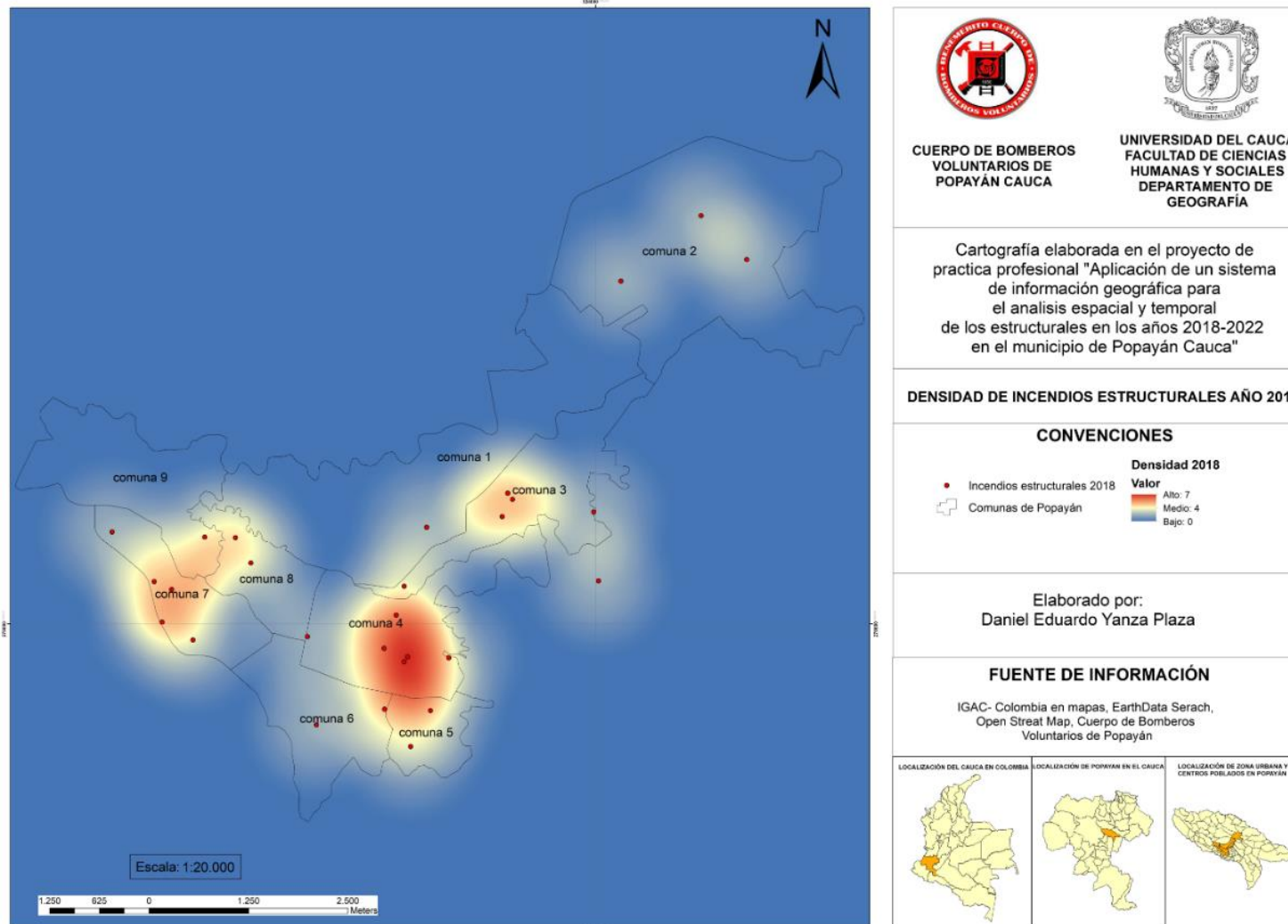
7.2. Análisis Temporal

Al realizar el análisis espacial se toma en cuenta todos los datos y se hace la observación a la totalidad de estos, ocasionando que no se analice un año determinado obviando así cambios en la distribución de los incendios estructurales entre años, incorporar este aspecto es muy importante ya que permite extraer y visualizar como ha sido la evolución de los datos a lo largo del rango de tiempo del estudio. Con esto en mente se utilizó el mapa de kernel, pero a este se realizó el proceso para un año y así hasta tener los 5 años, también se toma en cuenta como en conjunto de todos los años y la localización de los mismos se representa en el mapa de puntos calientes.

7.2.1. Distribución temporal de los incendios estructurales.

Basado en como los puntos se agrupan es posible observar que áreas son las que mayor tienen concentración de incendios estructurales y que zonas esta agrupación es más disperso o no existente, esto en sí resume el mapa de densidad de kernel (Ver mapa 8) pero como se mencionó anteriormente, cada uno de los años representa un comportamiento en los datos diferente al año siguiente o muestran una tendencia consecutiva a seguir la misma ruta

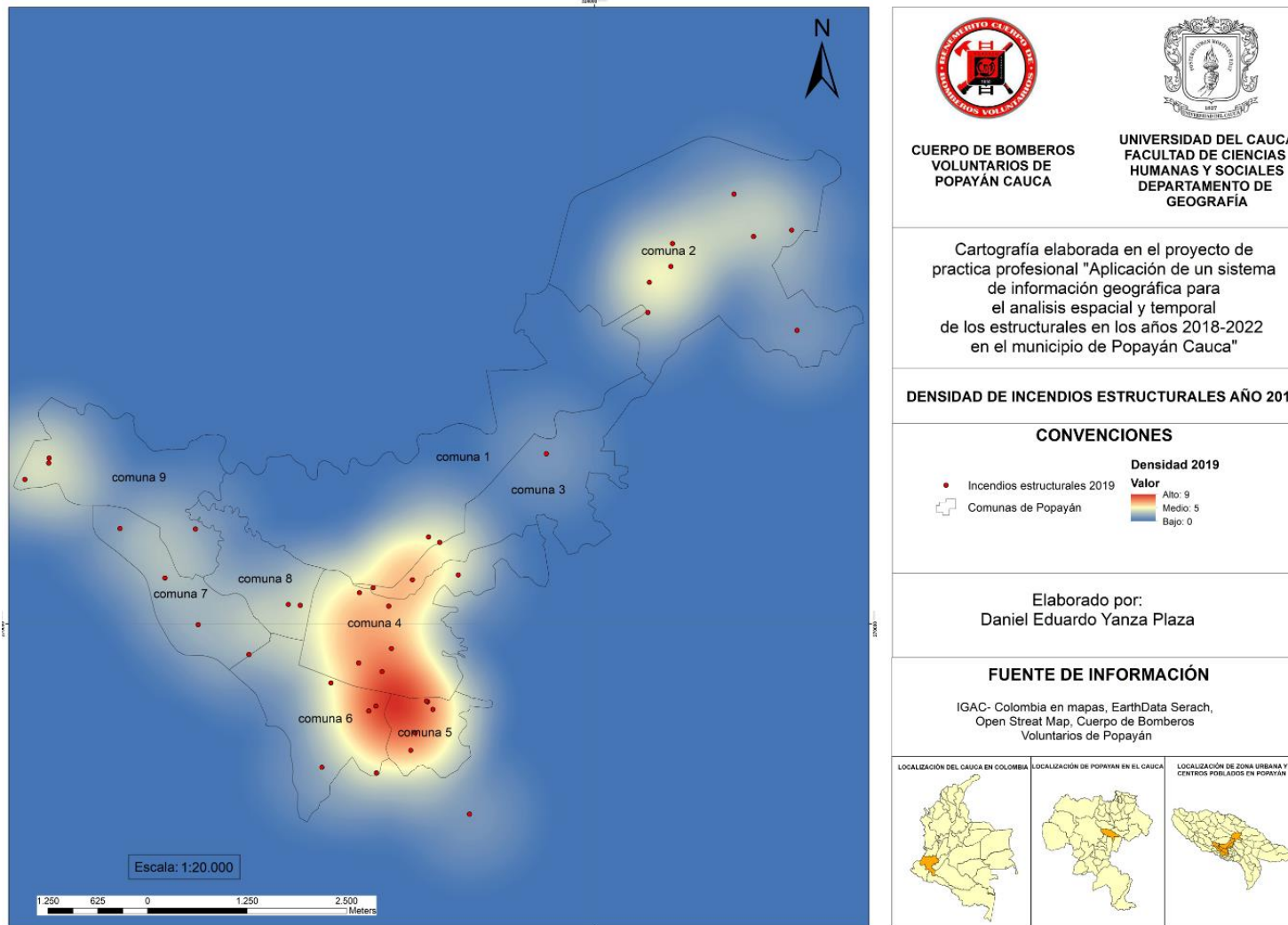
Mapa 26: Densidad de kernel en el año 2018



Fuente: Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán 2024. Elaboración propia

Comenzando con el año 2018, en este se puede observar cómo se presentan 3 grupos donde más se agrupan los incendios estructurales y se resalta que en la comuna 2 los datos tienen un comportamiento disperso, con respecto a la tendencia esta se puede establecer teniendo en cuenta los mapas posteriores.

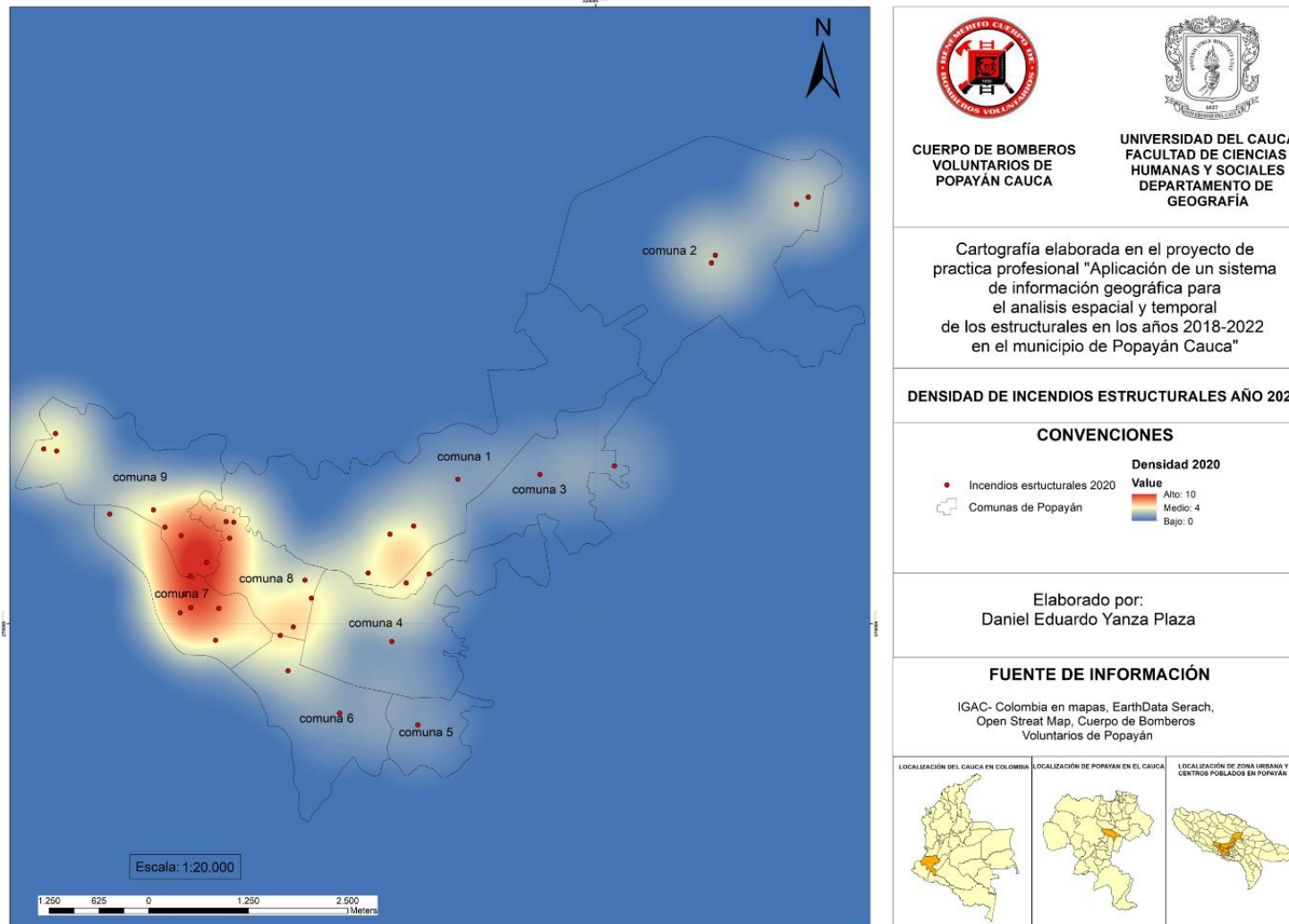
Mapa 27: Densidad de kernel en el año 2019



Fuente: Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán 2024. Elaboración propia

Ahora que ya se encuentra establecido el mapa para el año siguiente en este se puede observar que se conserva el grupo principal entre la comuna 4, 5 y 6 pero como se ve en el anterior mapa el grupo que estaba en la comuna 7 se dispersó, esto muestra una clara tendencia a la agrupación de los datos hacia estas 3 comunas anteriormente mencionadas, además del surgimiento de muchos datos que aún se consideran dispersos o no muestran una agrupación clara, además en la comuna 2 se nota una tendencia al aumento de la aparición de incendios estructurales y por ende un posible surgimiento de un nuevo grupo de concentración.

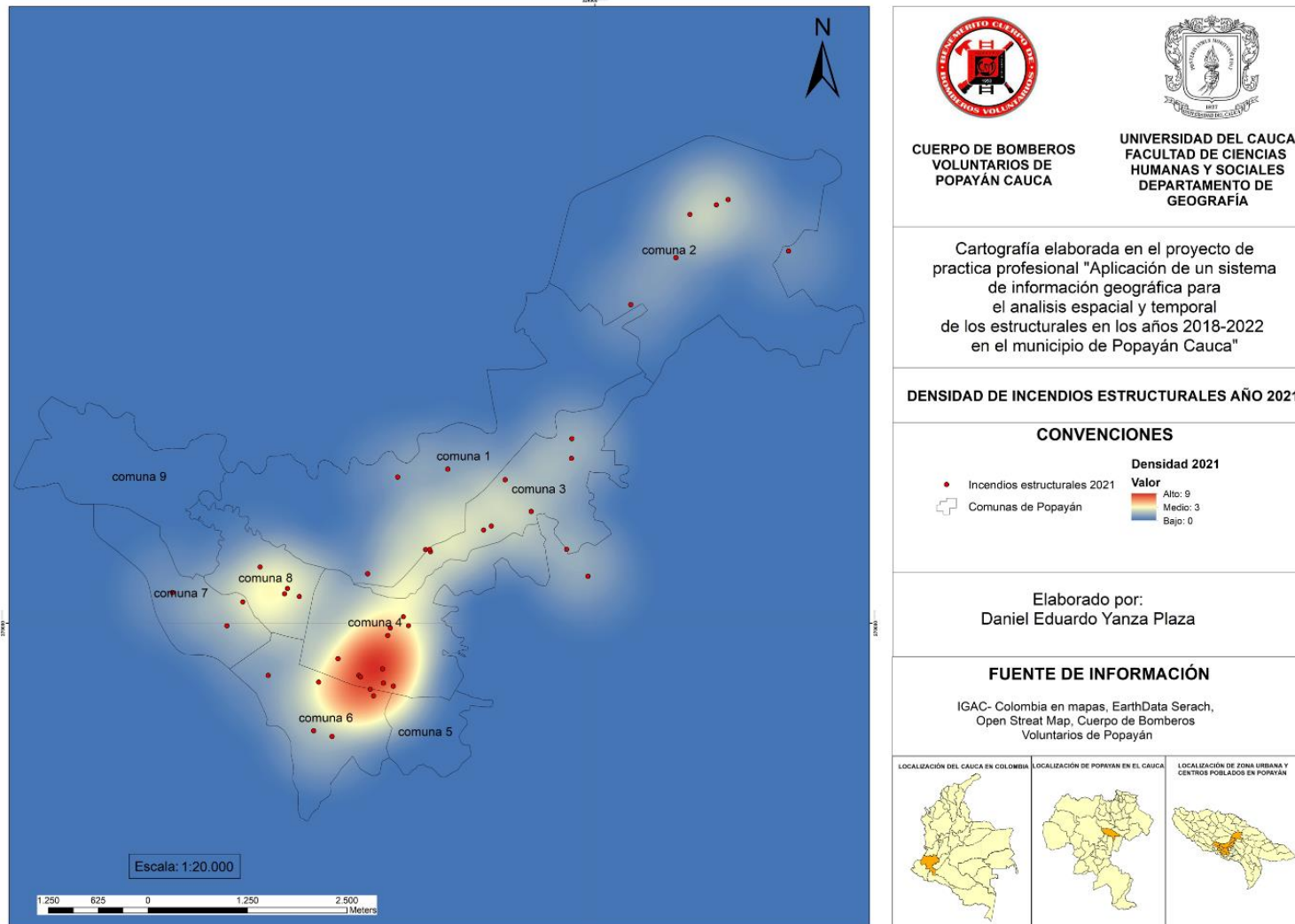
Mapa 28: Densidad de kernel en el año 2020



Fuente: Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán 2024. Elaboración propia

En este año se ve que la tendencia se rompió totalmente y los datos toman un comportamiento drásticamente diferente al que se preveía según los años anteriores, ahora todos los datos se concentran entre la comuna 7 8 y 9 concentrándose mayormente entre la comuna 7 y 9, todos los demás datos se consideran dispersos o no se muestra una agrupación clara. Este comportamiento tan extraño, considerando tanto los mapas anteriores como los que faltan, se debe principalmente a que este año ocurrió la pandemia del covid-19 y en todo el mundo paulatinamente se fueron cerrando los comercios y la actividad cotidiana hasta quedar en un estado de cuarentena, con esto las personas quedaron recluidas en sus viviendas y los trabajos que en su mayoría requieren que los trabajadores estén de forma presencial ahora se encontraban vacíos o trabajando de forma virtual, esto puede ser una de las razones por la cual este año es tan atípico y extraño en el comportamiento de sus datos, hace falta un análisis más profundo ya que este tema abarca muchos aspectos.

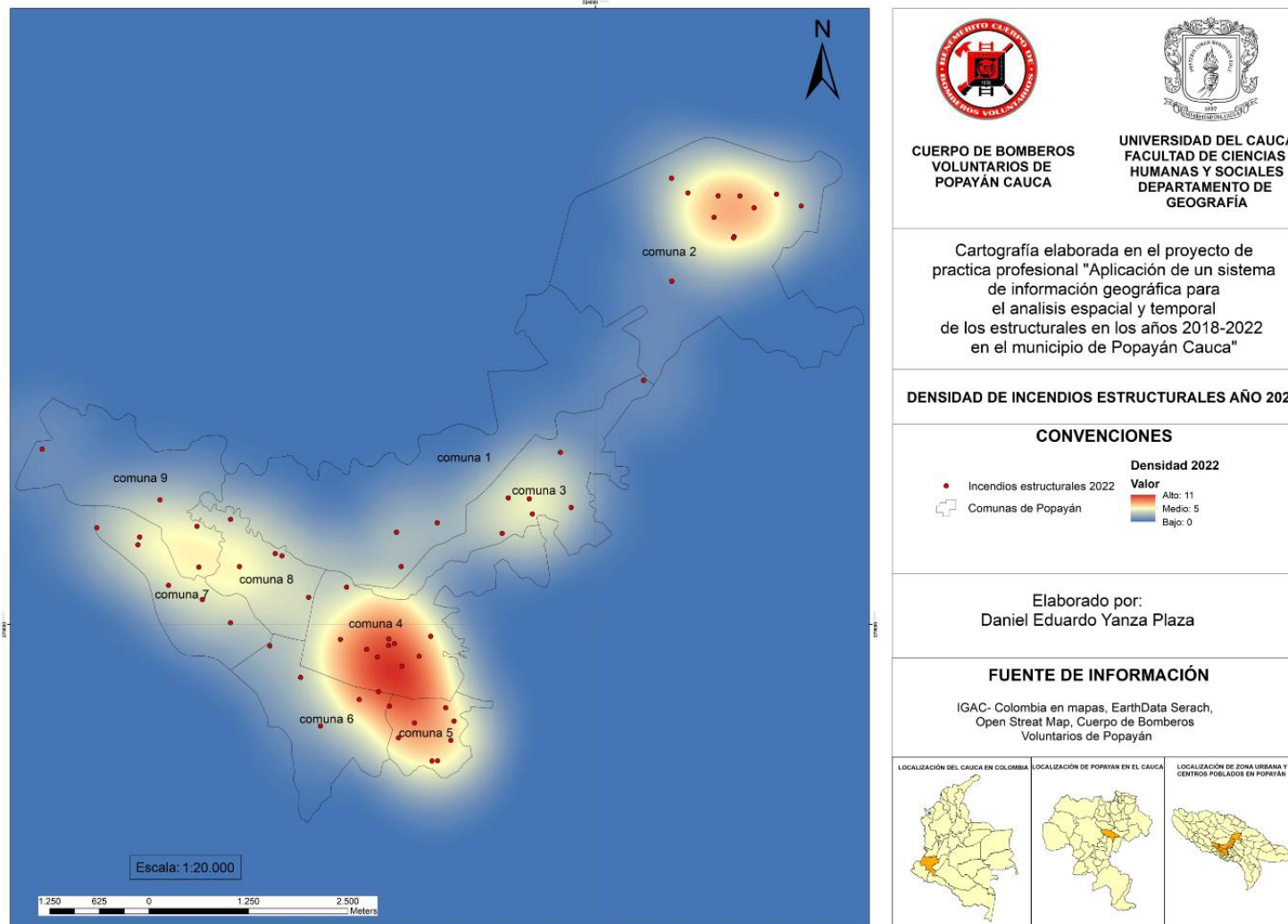
Mapa 29: Densidad de kernel en el año 2021



Fuente: Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán 2024. Elaboración propia

Continuando con el análisis, no se puede decir que la pandemia termino en este año pero si se puede decir que una especie de normalidad se fue presentando desde este periodo, es por esto que el comportamiento de los datos ahora continua la tendencia que se venía presentando desde el mapa 25, teniendo un gran grupo más presente en la comuna 4 y 6 tendiéndose a concentrar en la comuna 4, así mismo los datos alrededor se encuentran tan dispersos entre sí que no se terminan de consolidar en un grupo definido.

Mapa 30: Densidad de kernel en el año 2022.



Fuente: Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán 2024. Elaboración propia

Por último, se tiene el mapa que cierra todo el periodo de los 5 años, en este ya se empieza a marcar la tendencia hacia la agrupación de los incendios estructurales entre la comuna 4, 5 y 6 variando entre estas ya que como se vio en el anterior mapa puede que una de estas 3 comunas no forme parte del grupo, pero en sí la tendencia es que se concentre entre estas. Por otro lado ahora los datos no se encuentran tan dispersos y se comienza a notar una tendencia hacia la formación de 2 nuevos grupos ubicándose en la comuna 3 y entre la comuna 7, 8 y 9 siendo en esta donde más se empieza a notar la tendencia a agruparse, además como se puede observar en este año la comuna 2 se consolidó un grupo de acumulación de incendios estructurales y si se revisa los mapas anteriores se veía presentando una tendencia hacia la aparición de emergencias en este sector y es hasta este año que aparecen tantos que se forma una agrupación.

10. Conclusiones

A lo largo desarrollo de este proyecto se ha logrado identificar mediante el uso de los SIG las áreas en las que más se presentan incendios estructurales, así mismo dicha información se plasmó en un mapa para una mejor visualización. La información que es presentada aquí es un aporte importante para comprender el impacto y la distribución en la aparición de emergencias de incendios estructurales, esta información en sí puede ser asociada como información complementaria para próximos trabajos o profundizar mejor. Además, los datos que aquí se almacenan están en una base de datos espacial la cual permite el fácil acceso y sobre todo la fácil movilidad de estos datos para diversos contextos.

Los patrones que se pudieron visualizar posterior a un análisis espacial de la cartografía creada es la distribución que estos incendios toman, así mismo las que características tanto de población como de materiales predominantes en paredes exteriores se presentan, es de resaltar como los la mayor concentración de incendios estructurales es la que menos presenta población afectada y viceversa, esto sumado a la distribución que tiene el uso de suelo de la zona se entiende porque ocurre ya que esta zona es principalmente comercial y no residencial.

Por otro lado, se tiene el caso de la comuna 2 ya que en esta los incendios comienzan a aparecer progresivamente más en años actuales lo cual muestra una tendencia al aumento de estos; contar con esta información es vital para plantearse como o que se puede hacer para prevenir la aparición de incendios estructurales o mitigar eficazmente las emergencias presentadas. Considerando lo anterior, la presencia que tiene la estación de Bomberos Voluntarios que se encuentra en la variante es de suma importancia ya que permite un acceso directo y rápido a una zona lo que aumenta la eficacia en el control de estas emergencias y contribuye la reducción en la aparición de estas. Además, teniendo en cuenta que esta zona se

encuentra apartada de la estación principal toma mucha mas importancia la precencia de la estacion de bomberos de la variante.

Dado que un factor no fue tomado en cuenta, siendo este el estrato socio económico, el análisis que se puede llevar a cabo añadiendo este factor a la ecuación ayudarían a profundizar las causas sociales en la aparición de los incendios.

Además, es de resaltar el patrón de comportamiento tan dispar y único que se observó en el año 2020, en comparación con los anteriores. Esto se debió principalmente a la pandemia todos los datos cambiaron drásticamente a un nivel que no se pueden comparar con años posteriores ni predecesores.

Para finalizar, es necesario mencionar la gran ayuda que representaron los SIG para la elaboración de este proyecto, las herramientas que estos programas proveen y la facilidad en la organización, estructuración y comprensión de la información geográfica trabajada fue vital para progresar y presentar adecuadamente los datos espaciales plasmados en uno de los tantos mapas que fueron producidos.

11. Recomendaciones.

La principal recomendación que se debe llevar a cabo es la constante actualización de la base de datos geográfica sobre los incendios estructurales que se quedará en el Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán, esto con el fin de que mientras más pase el tiempo mejor y más actualizada sea la información que aquí se encuentre. Por otra parte, se considera necesario la recomendación del software libre QGIS, debido a que ayuda a complementar algunos procesos, además de poder intercambiar información para procesarla ya que ambos softwares ofrecen una variedad de herramientas y complementos especializados en tareas específicas o generales lo cual ayuda a mejorar la eficiencia y precisión en la capacidad de análisis, el uso de estas dos herramientas permitirá mejorar la obtención de resultados y sobre todo mejorar la profundidad que puede dar un análisis.

Una de las facilidades actuales para tomar puntos geográficos es que desde un celular el proceso puede ser igual o mejor que con un GPS de alto calibre, es por esto que se recomienda el uso de dispositivos móviles para tomar coordenadas precisas que permitan georreferenciar un punto donde se presentó un incendio estructural, así como para otros incidentes.

12. Referencias Bibliográficas.

Alcaldía de Popayán, (2023). *Nuestra Geografía*. tomado de:
<https://www.popayan.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Nuestra-Geografia.aspx#gsc.tab=0>

Alcaldía de Popayán, (2021). *Plan de ordenamiento territorial de Popayán*. tomado de:
<https://pot-popayan-alcaldiapopayan.hub.arcgis.com/documents/2bb20d4301a349a3a5ab2aaf4937dfc1/explore>

Aeroterra, (2023) *Historia de los SIG Sistemas de Información Geográfica*. tomado de:
<https://www.aeroterra.com/es-ar/que-es-gis/historia-de-gis>

Bomberos Popayán, (2023) *Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán*.

Castaño Vásquez, S. (2020). Estructuración y sistematización de información para el fortalecimiento de la gestión del riesgo de desastres en el departamento de Antioquia. Tecnológico de Antioquia, Institución Universitaria. tomado de:
<https://dspace.tdea.edu.co/handle/tdea/1022>

Calvo García-Tornel, F. (1984). Cuadernos Críticos de Geografía Humana. Universidad de Barcelona. tomado de: <https://www.ub.edu/geocrit/geo54.htm>

datos, (2020). *Guía práctica para la publicación de datos espaciales*. gobierno de España. tomado de:
https://datos.gob.es/sites/default/files/doc/file/guia_publicacion_datos_espaciales.pdf

Drummond Ltd., (2009). *Plan integral de emergencias P.I.E*. tomado de:
<https://www.drummondLtd.com/wp-content/uploads/G.T.-INCENDIO-ESTRUCTURAL.pdf>

Elcolombiano, (2020) *Adiós el Dapard: desde hoy se llamará Dagraan*. tomado de: <https://www.elcolombiano.com/antioquia/el-dapard-de-antioquia-ahora-se-llama-dagraan-OF14111906>

Gonzalo Ramos, (2014). *Definición de Generalización*. tomado de: <https://enciclopedia.net/generalizacion/>

Gobernación del Cauca, (2019) *Cuerpos de socorro aúnan esfuerzos para atender emergencias por incendios en Popayán*. tomado de: <https://anterior.cauca.gov.co/noticias/cuerpos-de-socorro-aunan-esfuerzos-para-atender-emergencias-por-incendios-en-popayan>

Luna Marin, V. (2023). *Aplicación de los SIG en el análisis de Riesgo de Desastres generados por Amenazas naturales y antrópicas: Una Revisión Bibliográfica [Trabajo de grado especialización]*. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. tomado de: https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/32218/3/LunaValerya_2023_AmenazaRiesgoSIG.pdf

Minsur, (s f). *estándar operacional: materiales peligrosos*. Tomado de: <https://www.minsur.com/wp-content/uploads/2022/05/MI-COR-SSO-CRI-EST-10-Est%C3%A1ndar-Operacional-Materiales-Peligrosos-versi%C3%B3n-03.pdf>

Ministerio del interior, (2017). *Manual para la elaboración de mapas de riesgo*. 12 p. tomado de: <https://www.mininterior.gov.ar/planificacion/pdf/Manual-elaboracion-mapas-riesgo.pdf>

Martínez Rubiano, M T. (2011). Los geógrafos y la teoría de riesgos y desastres ambientales. *Perspectiva Geográfica*, 1(14), 241–263. Recuperado a partir de <https://revistas.uptc.edu.co/index.php/perspectiva/article/view/1724>

Siso Quintero, Gerardo J. (2010). *¿Qué es la Geografía?* Terra, 26(39), 147-182. Recuperado en 07 de agosto de 2023, tomado de: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1012-70892010000100008&lng=es&tlng=es.

Universidad de Murcia, (2006) *Sistemas de información geográfica, aplicaciones de los SIG*. tomado de: <https://www.um.es/geograf/sigmur/temariohtml/node18.html>

Vargas Agredo, L. (2011). Control físico urbano para la gestión del riesgo. Caso de estudio Popayán, Cauca. *Bitácora Urbano Territorial*, 19(2), 111–122. tomado de: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/bitacora/article/view/27998>

Termiser. (2018). Materiales resistentes al fuego más usados en construcción. Tomado de: <https://www.termiser.com/materiales-resistentes-al-fuego/>