

**CONSULTORÍA PARA ELABORAR ESTUDIOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO
POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN, AVENIDA TORRENCIAL E INCENDIOS
FORESTALES EN LOS MUNICIPIOS PRIORIZADOS EN LA JURISDICCIÓN DE LA
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA –CAR**

CONTRATO 1185/13

**ESTUDIO DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES EN
EL MUNICIPIO ZIPAQUIRA - CUNDINAMARCA**

CONTRATANTE:



CONSULTOR:



BOGOTÁ, ABRIL DE 2015.

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	1
2	OBJETIVOS	2
2.1	Objetivo general	2
2.2	Objetivos específicos	2
3	GENERALIDADES.....	3
4	EVALUACIÓN DE LA AMENAZA	4
4.1	Susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios	4
4.1.1	Tipo de combustible	5
4.1.2	Duración del combustible	8
4.1.2.1	Pruebas de conflagración	11
4.1.3	Carga total de combustible	13
4.1.4	Humedad del combustible.....	16
4.1.5	Mapa de susceptibilidad de la vegetación a incendios	18
4.2	Factores climáticos.....	22
4.2.1	Precipitación	22
4.2.2	Temperatura	24
4.2.3	Brillo solar	26
4.2.4	Humedad relativa	28
4.2.5	Mapa de amenaza por factores climáticos	30
4.3	Factor de relieve.....	32
4.4	Factor histórico	34
4.5	Factor de accesibilidad	36
4.6	Mapa de amenaza por incendios forestales.....	38
5	EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD.....	41
5.1	Vulnerabilidad poblacional	42
5.2	Vulnerabilidad física	44
5.3	Vulnerabilidad ecológica	47
5.4	Vulnerabilidad económica	50
5.5	Vulnerabilidad de la infraestructura	53
5.6	Vulnerabilidad patrimonial.....	55
5.7	Mapa de vulnerabilidad total a incendios forestales.....	57
6	DETERMINACIÓN Y ZONIFICACIÓN DEL RIESGO	60
6.1	Mapa de riesgo por incendios forestales	61
7	CONCLUSIONES.....	65
8	RECOMENDACIONES	67
9	FUENTES DE CONSULTA.....	68

Índice de tablas

Tabla 4.1. Calificación del tipo de combustible..... 5

Tabla 4.2. Resultados de la categorización de susceptibilidad por tipo de combustible en las coberturas vegetales. 5

Tabla 4.3. Calificación de la susceptibilidad por duración del combustible 8

Tabla 4.4. Resultados de la categorización por duración del combustible en las coberturas vegetales, 8

Tabla 4.5. Calificación de la carga total de combustible 13

Tabla 4.6. Resultados de la categorización de susceptibilidad por carga del combustible en las coberturas vegetales. 13

Tabla 4.7. Calificación de susceptibilidad de las coberturas vegetales ante incendios forestales. . 18

Tabla 4.8. Resultados de la categorización por susceptibilidad de las coberturas vegetales ante incendios forestales..... 18

Tabla 4.9. Calificación de amenaza por precipitación. 22

Tabla 4.10. Resultados de la categorización de la amenaza por precipitación. 22

Tabla 4.11. Calificación de amenaza por temperatura..... 24

Tabla 4.12. Resultados de la categorización de amenaza por temperatura..... 24

Tabla 4.13. Calificación de amenaza por brillo solar..... 26

Tabla 4.14. Resultados de la categorización de amenaza por brillo solar..... 26

Tabla 4.15. Calificación de amenaza por humedad relativa. 28

Tabla 4.16. Resultados de la categorización de amenaza por humedad relativa. 28

Tabla 4.17. Calificación de amenaza total por factores climáticos. 30

Tabla 4.18. Categorización de amenaza total por factores climáticos. 30

Tabla 4.19. Calificación de amenaza por pendiente. 32

Tabla 4.20. Resultados de la categorización de amenaza por pendientes. 32

Tabla 4.21. Calificación de amenaza por accesibilidad..... 36

Tabla 4.22. Resultados de la categorización de amenaza por accesibilidad. 36

Tabla 4.23. Calificación de la amenaza total por incendios forestales. 38

Tabla 4.24. Resultados de la categorización por amenaza total ante incendios forestales. 38

Tabla 5.1. Calificación de vulnerabilidad poblacional..... 42

Tabla 5.2. Resultados de la categorización vulnerabilidad poblacional..... 42

Tabla 5.3. Calificación de vulnerabilidad física..... 44

Tabla 5.4. Resultados de la categorización vulnerabilidad física en las coberturas vegetales..... 44

Tabla 5.5. Calificación de vulnerabilidad ecológica..... 47

Tabla 5.6. Resultados de la categorización vulnerabilidad ecológica en las coberturas vegetales. 47

Tabla 5.7. Calificación de vulnerabilidad económica..... 50

Tabla 5.8. Resultados de la categorización vulnerabilidad económica en las coberturas vegetales. 50

Tabla 5.9. Calificación de vulnerabilidad por infraestructura..... 53

Tabla 5.10. Resultados de la categorización vulnerabilidad de la infraestructura..... 53

Tabla 5.11. Resultados de la categorización vulnerabilidad patrimonial. 55

Tabla 5.12. Calificación de la vulnerabilidad total por incendios forestales..... 57

Tabla 5.13. Resultados de la categorización por vulnerabilidad total ante incendios forestales. 57

Tabla 6.1. Calificación del riesgo total por incendios forestales. 61

Tabla 6.2. Resultados de la categorización por riesgo total ante incendios forestales. 61

Tabla 6.3. Áreas en hectáreas por vereda según categorías de riesgo. 64

Índice de figuras

Figura 4.1. Elementos para evaluar amenaza.....	4
Figura 4.2. Porcentaje de susceptibilidad según el tipo de combustible en el municipio de Zipaquirá.	5
Figura 4.3. Áreas según categorías de susceptibilidad por tipo de combustible.....	6
Figura 4.4. Mapa de susceptibilidad de las coberturas según el tipo de combustible.....	7
Figura 4.5. Porcentaje de susceptibilidad según la duración del combustible en el municipio Zipaquirá.....	8
Figura 4.6. Áreas según categorías de susceptibilidad por duración del combustible en las veredas del municipio Zipaquirá.	9
Figura 4.7. Mapa de susceptibilidad de las coberturas vegetales por duración de combustible	10
Figura 4.8. Resultados por especies del bosque húmedo pre montano.....	12
Figura 4.9. Porcentaje de susceptibilidad según la carga de combustible en el municipio Zipaquirá	13
Figura 4.10. Áreas según categorías de susceptibilidad por carga del combustible en las veredas de Zipaquirá.....	14
Figura 4.11. Mapa de susceptibilidad de las coberturas vegetales por carga de combustible.	15
Figura 4.12. Esquema de funcionamiento del NDVI	16
Figura 4.13. Mapa de humedad de combustible según el NDVI.....	17
Figura 4.14. Porcentaje de susceptibilidad según el tipo de combustible en el municipio de Zipaquirá	19
Figura 4.15. Área en porcentaje de las coberturas vegetales según categorías de susceptibilidad total ante incendios forestales.....	19
Figura 4.16. Áreas según categorías de susceptibilidad total de las coberturas vegetales ante incendios forestales.....	20
Figura 4.17. Mapa de susceptibilidad total de las coberturas vegetales ante incendios forestales.	21
Figura 4.18. Porcentaje de categorización de la amenaza por precipitación	22
Figura 4.19. Mapa de calificación de amenaza por precipitación.	23
Figura 4.20. Porcentaje de categorización de la amenaza por temperatura	24
Figura 4.21. Mapa de calificación de amenaza por temperatura.	25
Figura 4.22. Porcentaje de categorización de la amenaza por brillo solar	26
Figura 4.23. Mapa de calificación de amenaza por brillo solar.	27
Figura 4.24. Porcentaje de categorización de la amenaza por humedad relativa	28
Figura 4.25. Mapa de calificación humedad relativa.	29
Figura 4.26. Porcentaje de amenaza por factores climáticos en el municipio Zipaquirá.....	30
Figura 4.27. Mapa de calificación de amenaza por factores climáticos.....	31
Figura 4.28. Porcentaje de amenaza por pendientes en el municipio.	32
Figura 4.29. Mapa de amenaza por pendientes.....	33
Figura 4.30. Factor histórico, reportes de incendios CAR, NASA y comunidad (Zipaquirá – Cundinamarca).....	35
Figura 4.31. Porcentaje de amenaza por accesibilidad en el municipio.	36
Figura 4.32. Mapa de amenaza por accesibilidad.....	37
Figura 4.33. Porcentaje de amenaza total ante incendios en el municipio.....	38
Figura 4.34. Áreas según categorías de amenaza total de las coberturas vegetales ante incendios forestales.....	39
Figura 4.35. Mapa de amenaza total por incendios forestales.....	40
Figura 5.1. Elementos para evaluar la vulnerabilidad	41
Figura 5.2. Porcentaje de vulnerabilidad según la población por vereda.	42
Figura 5.3. . Mapa de vulnerabilidad poblacional incendios forestales.....	43
Figura 5.4. Porcentaje de vulnerabilidad física ante incendios forestales de las coberturas vegetales.	44

Figura 5.5. Áreas según categorías de vulnerabilidad física en las veredas.....	45
Figura 5.6. Mapa de vulnerabilidad física ante incendios forestales de las coberturas vegetales...	46
Figura 5.7. Porcentaje de vulnerabilidad ecológica de las coberturas vegetales presentes.....	47
Figura 5.8. Áreas según categorías de vulnerabilidad ecológica en las veredas del municipio Zipaquirá.....	48
Figura 5.9. Mapa de vulnerabilidad ecológica ante incendios forestales de las coberturas vegetales.....	49
Figura 5.10. Porcentaje de vulnerabilidad económica de las coberturas vegetales presentes.....	50
Figura 5.11. Áreas según categorías de vulnerabilidad económica en las veredas del municipio Zipaquirá.....	51
Figura 5.12. Mapa de vulnerabilidad económica ante incendios forestales de las coberturas vegetales presentes.....	52
Figura 5.13. Porcentaje de vulnerabilidad por infraestructura de las coberturas vegetales presentes.....	53
Figura 5.14. Mapa de vulnerabilidad de la infraestructura ante incendios forestales de las coberturas vegetales.....	54
Figura 5.15. Porcentaje de vulnerabilidad patrimonial.....	55
Figura 5.16. Mapa de vulnerabilidad patrimonial.....	56
Figura 5.17. Porcentaje de la vulnerabilidad total ante incendios en el municipio.....	58
Figura 5.18. Áreas según categorías de vulnerabilidad total de las coberturas vegetales ante incendios forestales.....	58
Figura 5.19. Mapa de vulnerabilidad total ante incendios forestales el municipio.....	59
Figura 6.1. Integración de la amenaza y la vulnerabilidad para la determinación de escenarios de riesgo por incendios forestales.....	60
Figura 6.2. Áreas en porcentaje de riesgo en el municipio de Zipaquirá.....	62
Figura 6.3. Áreas según categorías de riesgo total de las coberturas vegetales ante incendios forestales.....	62
Figura 6.4. Mapa de riesgo total por incendios forestales del municipio de Zipaquirá en Cundinamarca.....	63

Índice de fotografías

Fotografía 3.1. Vista del municipio Zipaquirá.	3
Fotografía 4.1. Cobertura vegetal	11
Fotografía 4.2. Prueba de Conflagración.....	12

1 INTRODUCCIÓN

En el marco de la consultoría para la elaboración de estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa, inundaciones, avenidas torrenciales e incendios forestales en los municipios priorizados de jurisdicción CAR y en cumplimiento de la Ley 1523 de 2012, se adelantó en el municipio de Zipaquirá el estudio de los elementos que conforman la amenaza y la vulnerabilidad a partir de los cuales se generó el mapa de riesgo por Incendios Forestales.

Los incendios y conatos de incendios son temas muy comunes debido al aumento de los registros dados por su incremento en frecuencia y área afectada, así como en los impactos generados (Parra, 2011). Según Bianchini *et al.* (2006) determinar el comportamiento de un incendio y aquellas regiones donde el inicio de combustión es más factible, depende de diversos factores tales como la vegetación (tipo, contenido de humedad), la topografía (pendiente, relieve, altitud, exposición), el tiempo atmosférico (temperatura, viento, humedad, precipitación), el uso de la tierra, la red vial y las poblaciones cercanas, por tal razón el análisis en conjunto resulta ser difícilmente evaluado.

Teniendo en cuenta la disponibilidad y calidad de la información, se evaluaron como factores que componen la amenaza: la susceptibilidad de las coberturas (tipo, la duración y la carga de combustible), los factores climáticos (temperatura, precipitación, humedad relativa, brillo solar), el relieve y la accesibilidad.

Con estos factores se realizó el cruce de información que generó el mapa de amenaza por incendios forestales del municipio. Seguidamente se identificaron los elementos vulnerables considerando: la población, el territorio (físico y ecológico), la infraestructura, las áreas de importancia económica y la presencia institucional, a partir de los cuales se definió la vulnerabilidad total que al cruzarse con la amenaza dio origen al mapa de riesgo del cual se describen diferentes escenarios a partir de los cuales se observa la necesidad de programas y proyectos para la prevención, control y mitigación de los posibles eventos que puedan ocurrir en las veredas del municipio.

Para determinar la susceptibilidad de las coberturas vegetales a incendios forestales, se llevaron a cabo visitas de campo con el fin de verificar la cartografía generada por IGAC en el año 2006 y realizar pruebas de conflagración a especies representativas. Finalmente a partir de la revisión bibliográfica, el trabajo de campo y la evaluación de los elementos de riesgo (amenaza y vulnerabilidad) se generó el mapa de riesgo por incendios forestales el cual se convierte en una herramienta para la actualización y modelación de datos para desarrollar planes de prevención y mejorar la planificación y gestión de los recursos naturales, dado que permite identificar las áreas prioritarias para la atención y prevención de posibles incendios.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar el mapa de riesgo por incendios forestales para el municipio de Zipaquirá a partir del análisis de los factores que definen la amenaza y vulnerabilidad para su inclusión en la elaboración de programas, proyectos para la prevención, el control y mitigación de posibles eventos de incendio.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar los factores que conforman la amenaza por incendios forestales en el municipio.
- Evaluar la vulnerabilidad poblacional, física, ecosistémica, de infraestructura, económica e institucional del municipio.
- Evaluar y zonificar el riesgo por incendios forestales en función de los escenarios de riesgo definidos por los elementos vulnerables.
- Definir áreas prioritarias para la atención y prevención de incendios forestales, a partir de la información generada del sistema de información geográfica recopilada durante el proceso.
- Dotar a la administración y a los técnicos del municipio de una herramienta para la actualización y modelación de datos para desarrollar planes de prevención y mejorar la planificación y gestión de los recursos naturales.

3 GENERALIDADES

Conforme a lo señalado en el artículo 21 del Acuerdo No. 12 de 2000 del municipio de Zipaquirá (POT, 2000), para el municipio se definen un conjunto de áreas que conforman ecosistemas para protección especial, entre ellos se encuentran:

Páramo. Ubicado en las veredas de Guerrero, Empalizada y Ventalarga, donde el páramo propiamente dicho se encuentra dominado por frailejones, pajonales y otras especies arbustivas de estas altitudes.

Bosque alto andino. Se encuentra principalmente en la reserva forestal de Pantano Redondo, en la margen de las áreas de páramo, y las franjas de preservación para los relictos de vegetación nativa en especial las del nacimiento de Río Frío y las quebradas del Muerto, Guerrero y Laurel.

Bosque andino bajo. Incluye las laderas de los cerros que rodean la sabana de Bogotá o se encuentran dentro de ella, los cuales se encuentran bastante intervenidos por el hombre con vegetación de recuperación secundaria y con restos de bosque original.

De otra parte en el acuerdo No. 12 del 30 agosto de 2013 del municipio Zipaquirá (POT, 2013), se destaca que el páramo de Guerrero, delimitado por la CAR y conservación internacional, debe presentar un manejo integral de protección ambiental que permita la conservación y regeneración de la biodiversidad. En Zipaquirá, el mencionado páramo se encuentra hacia las partes altas de las veredas de Guerrero, Empalizado y Ventalarga.

Durante la revisión bibliográfica respecto a la flora y formaciones vegetales del municipio Zipaquirá no se encontraron documentos o publicaciones relacionadas. No obstante en la base de datos del Herbario Nacional Colombiano se encontraron 672 registros de colecciones botánicas para el municipio, entre los cuales están especies como *Bejaria resinosa*, *Brachyotum strigosum*, *Brugmansia aurea*, *Bucquetia glutinosa*, *Buddleja bullata*, *Castratella piloselloides*, *Cavendishia nitida*, *Cestrum buxifolium*, *Clethra fimbriata*, *Chusquea tessellata*, *Hesperomeles nitida*, *Lupinus guascensis*, *Miconia squamulosa*, *Baccharis tricuneata*, *Ageratina elegans*, *Espeletia grandiflora*, *Espeletiopsis corymbosa*, *Arcytophyllum nitidum*, *Escallonia pendula*, *Hypericum goyanesii*, *Aragoa abietina*, *Berberis goudotii*, *Piper bogotense*, *Puya nitida*, *Vaccinium floribundum*, *Weinmannia tomentosa*, entre otras.

Fotografía 3.1. Vista del municipio Zipaquirá.

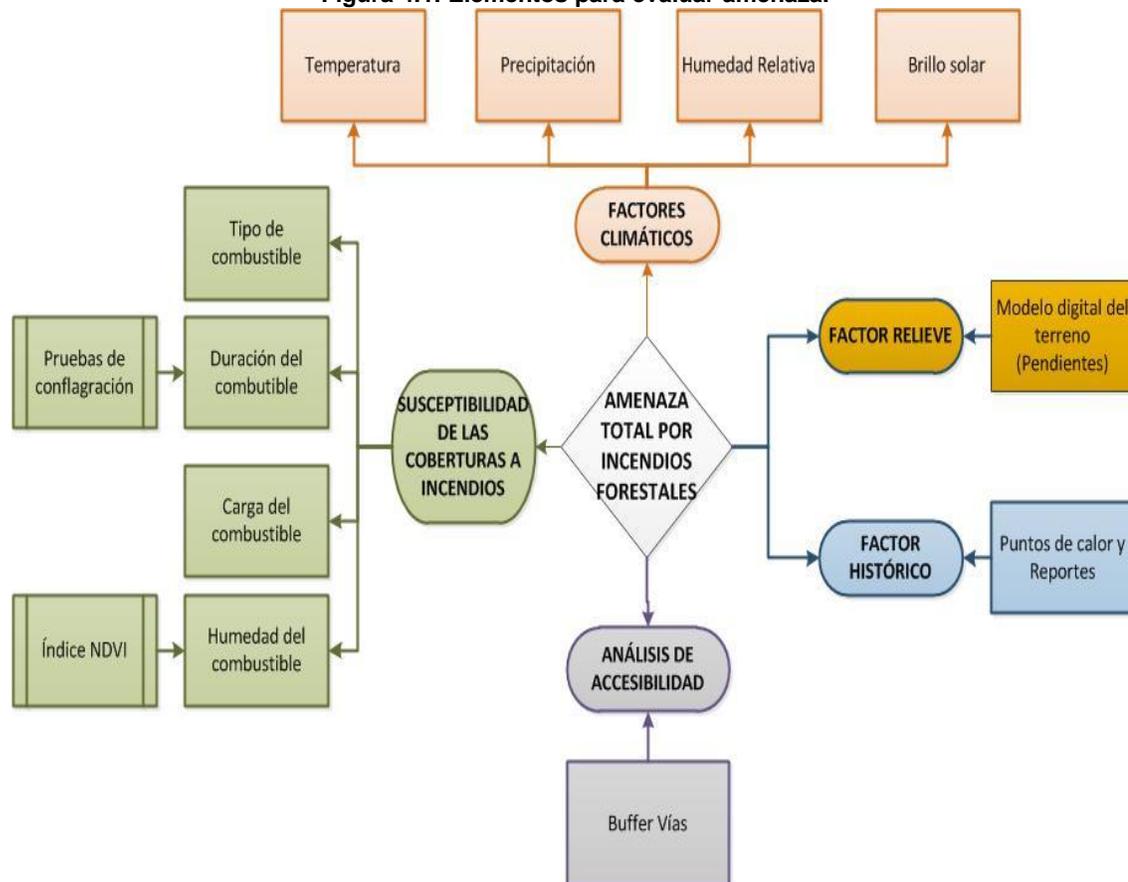


Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

4 EVALUACIÓN DE LA AMENAZA

Para el análisis de la amenaza se tienen en cuenta los factores climáticos, de relieve, históricos (Conforme a la existencia y disponibilidad de reportes históricos de incendios en el municipio, la información obtenida para el análisis de este factor es considerada como elemento de corroboración dentro del análisis de amenaza), de accesibilidad y la susceptibilidad de las coberturas vegetales a incendios como se observa en la **Figura 4.1**.

Figura 4.1. Elementos para evaluar amenaza.



Fuente: UT AVR-CAR, 2014 adaptado de IDEAM, 2011.

4.1 SUSCEPTIBILIDAD DE LA COBERTURA VEGETAL A INCENDIOS

Mediante la identificación y valoración de la condición pirogénica de las coberturas según el modelo de combustibles desarrollado por Paramo (2007) para Colombia y el trabajo de campo, se realizó la calificación de las características intrínsecas de la vegetación en función al tipo, la duración y carga del material combustible de las coberturas vegetales presentes en el municipio de Zipaquirá, con base en el mapa elaborado por el IGAC en el año 2006.

La susceptibilidad de las coberturas se considera dentro del análisis de la amenaza dada su naturaleza como elemento amenazado y amenazante durante las conflagraciones por la posibilidad que tiene de incendiarse, propagar y mantener el fuego. Las principales características intrínsecas del combustible son tipo, duración, carga y humedad del combustible. El tipo de combustible describe una primera categoría de susceptibilidad de las coberturas el cual se complementa al considerar el tiempo que tardan en alcanzar la temperatura de ignición y consumirse (duración) y los valores promedio de biomasa en toneladas por hectárea (carga).

4.1.1 Tipo de combustible

Conforme a las coberturas encontradas en el municipio estas fueron reclasificadas en función del tipo de material combustible dominante, de acuerdo a lo establecido por el IDEAM (2011), como se muestra en la **Tabla 4.1** que presenta la calificación para las categorías de susceptibilidad según la *Capacidad Pirogénica* de la vegetación.

Tabla 4.1. Calificación del tipo de combustible

Tipo de combustible	Categoría	Calificación
No combustibles - Áreas urbanas	Muy baja	1
Árboles	Baja	2
Árboles y arbustos	Media	3
Arbustos – Hierbas	Alta	4
Pastos – hierbas	Muy alta	5

Fuente: Adaptado de IDEAM, 2011.

En la **Tabla 4.2**, se observa la categorización del municipio según el tipo de combustible, en función de la cobertura vegetal, donde que la categoría “muy alta” es la que predomina en el municipio, ocupando el 66,3% que corresponde a 12.924,01 Ha. Allí, la cobertura vegetal está conformada por pastos limpios, arbolados, enmalezados, cultivos de maíz, pastos naturales, sabanas herbáceas, entre otros; coberturas muy susceptibles ante los incendios.

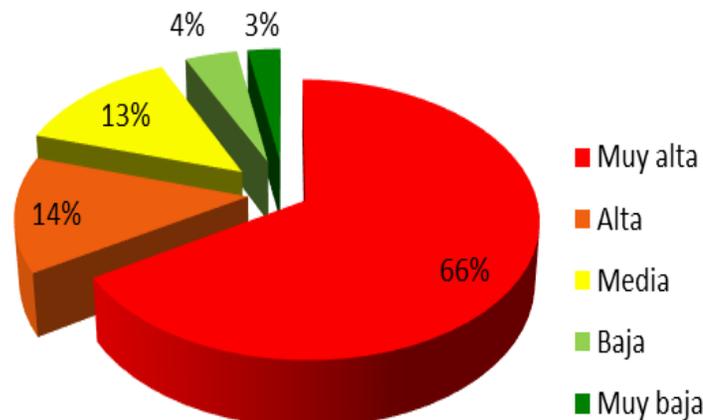
Tabla 4.2. Resultados de la categorización de susceptibilidad por tipo de combustible en las coberturas vegetales.

Categoría	Área (ha)	Área (%)
Muy alta	12.924,01	66,3
Alta	2.623,30	13,5
Media	2.597,50	13,3
Baja	832,33	4,3
Muy baja	525,52	2,7
Total	19.502,68	100,0

Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

En la **Figura 4.2**, de manera grafica, se aprecia la dominancia de las categorías “muy alta” y “alta” de susceptibilidad por tipo de combustible, ocupando finalmente el 80%, del territorio total.

Figura 4.2. Porcentaje de susceptibilidad según el tipo de combustible en el municipio de Zipaquirá.

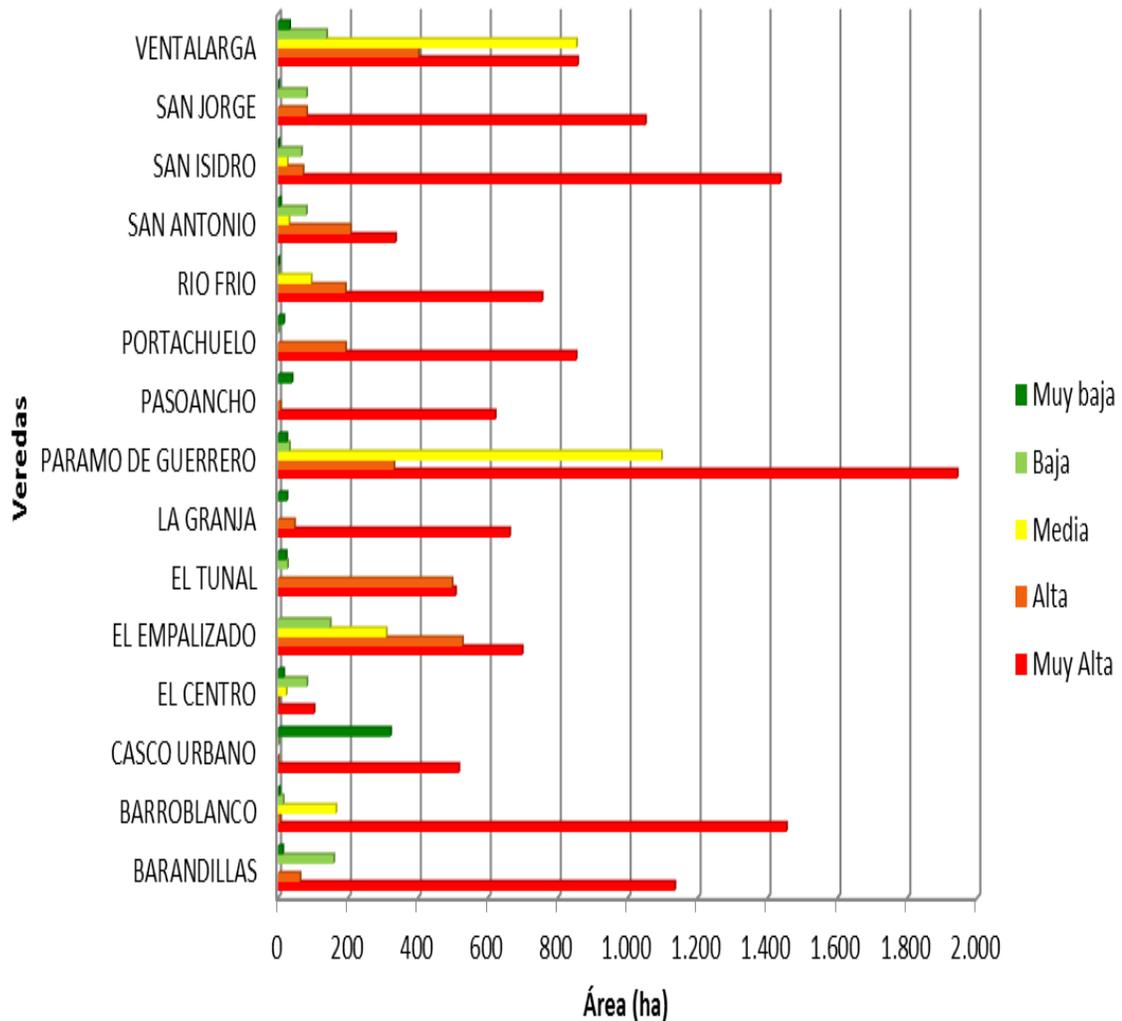


Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

Al realizar la categorización de las veredas que conforman el municipio, según la susceptibilidad a incendios por el tipo de combustible, como se aprecia en la **Figura 4.3**, la región del Páramo de Guerrero, es la que tiene una susceptibilidad más alta por tipo de combustible. Esto era de esperar, sabiendo que la vegetación de paramo es de bajo porte, y en su mayoría tiene pocos contenidos de

lignina, es decir poco contenido de madera firme y densa, que le permita una resistencia ante un eventual incendio. En esta región del páramo de Guerrero, se encuentra vegetación relacionada a los cultivos de cebada, cultivos de pastos con espacios naturales, mosaico de pastos, cultivos de papa, pastos enmalezados, enrastrados, limpios, pastos naturales, sanabas herbáceas, cultivos de trigo y vegetación de paramo, esta última conformada por especies como *Espeletia grandiflora* (frailejón), *Lycopodium sp.* (Helechos), *Parmotrema sp.* (Liquen), *Monochaetum myrtoideum* (Flor de pascua), entre otros.

Figura 4.3. Áreas según categorías de susceptibilidad por tipo de combustible.

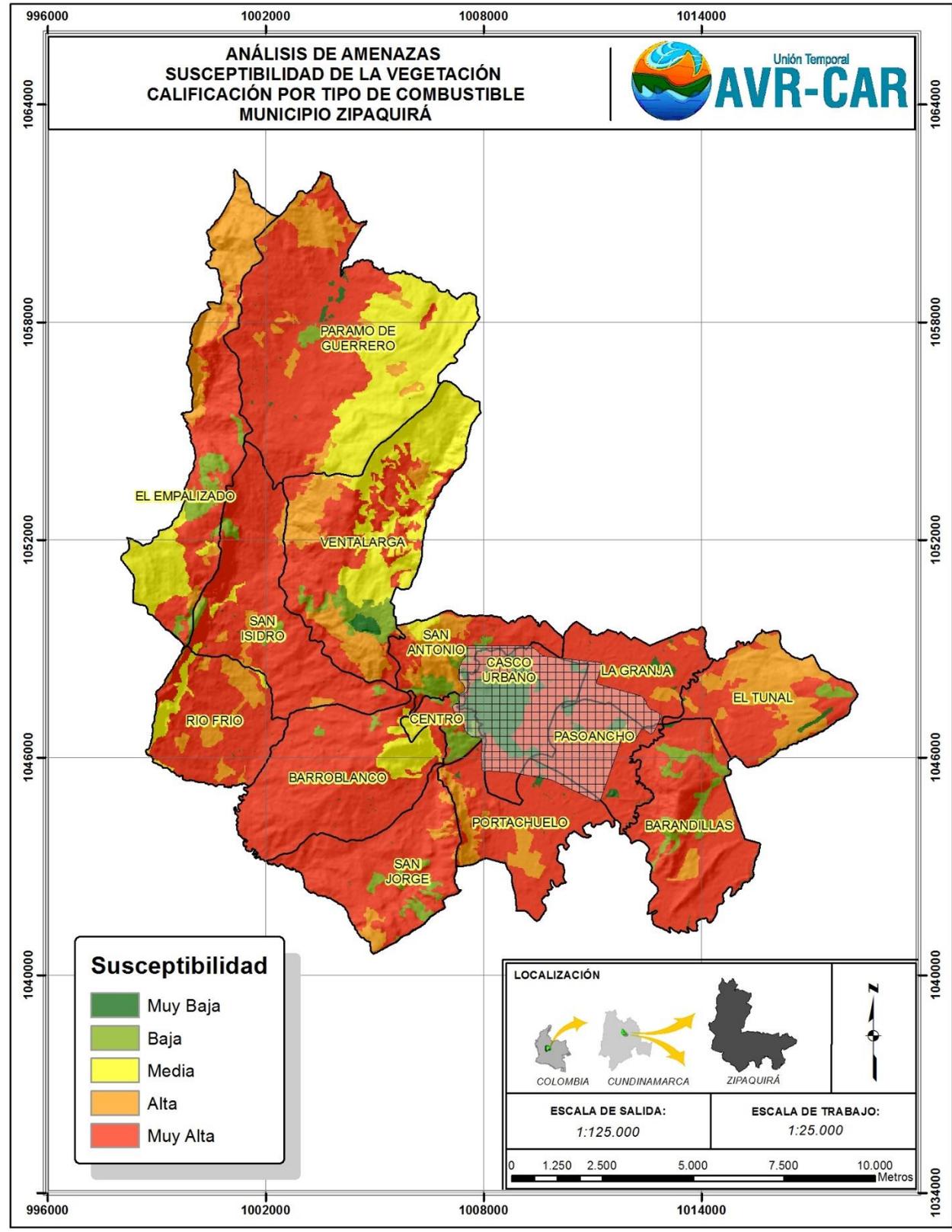


Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

Vale la pena resaltar la tendencia observada en la figura, la cual permite observar que en todas las veredas predomina una categoría “muy alta” de susceptibilidad por tipo de combustible. En el páramo de Guerrero, esta alta susceptibilidad corresponde a un área de 1.942,2 Ha, que conforman el 56,7% del área del páramo en el municipio, y el 10% del área del municipio. Las veredas de San Isidro y Barroblanco, son las siguientes con mayor área de su extensión en susceptibilidad alta por tipo de combustible, con 1.435,9 Ha y 1.453,9 Ha respectivamente. Veredas donde la cobertura vegetal está conformada por cultivos de pastos para actividades ganaderas principalmente.

Se generó el mapa de susceptibilidad por tipo de combustible, teniendo como base la categorización que se hizo previamente, y el cual se puede observar en la **Figura 4.4.**

Figura 4.4. Mapa de susceptibilidad de las coberturas según el tipo de combustible.



Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

4.1.2 Duración del combustible

La duración del combustible define el tiempo que tarda el mismo en alcanzar su temperatura de ignición y consumirse, este fue clasificado por Paramo (2008), según el tipo de combustible más representativo por unidad de cobertura de acuerdo a la leyenda Corine Land Cover. A partir del mapa de cobertura vegetal previamente reclasificado de acuerdo a la duración en horas del tiempo de ignición de los combustibles, y los resultados del trabajo de campo con las pruebas de conflagración se calificó la susceptibilidad como se muestra en la **Tabla 4.3**.

Tabla 4.3. Calificación de la susceptibilidad por duración del combustible

Duración del Tipo de Combustible	Categoría	Calificación
No combustibles - Áreas urbanas	Muy baja	1
100 h (Predominio árboles)	Baja	2
10 h (Predominio arbustos – hierbas)	Media	3
1 h (Predominio pastos)	Alta	4

Fuente: Adaptado de IDEAM (2011)

En la **Tabla 4.4**, se observa que la categoría que abarca un mayor área en el municipio, con respecto a la susceptibilidad a incendios por la duración del combustible, es la categoría “alta”, ocupando el 66,3% del área total del municipio, es decir 12.924,01 Ha.

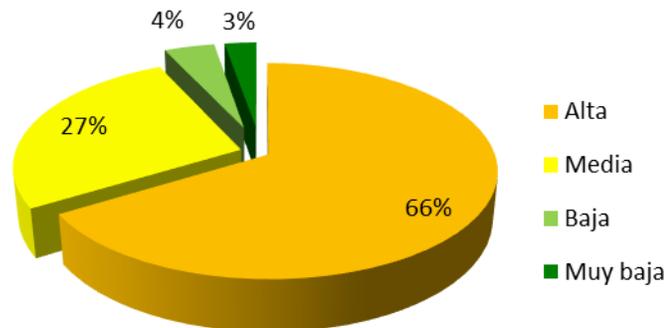
Tabla 4.4. Resultados de la categorización por duración del combustible en las coberturas vegetales, Municipio Zipaquirá.

Categoría	Área (ha)	Área (%)
Alta	12.924,01	66,3
Media	5.220,81	26,7
Baja	832,33	4,3
Muy baja	525,52	2,7
Total	19.502,68	100,00

Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

En la **Figura 4.5**, se puede observar como la categoría “alta” sobresale notoriamente ante las demás categorías en el municipio. Es decir, que la cobertura vegetal en Zipaquirá, que presenta mayor susceptibilidad ante los incendios por duración de combustible, son las áreas de pastos con espacios naturales, cultivos de clima frío, mosaico de pastos, cultivos de papa, pastos enmalezados y enrastrojados, pastos limpios, pastos naturales y sabanas herbáceas. En segundo lugar se puede observar que está la categoría “media”, que ocupa el 26,7% del municipio, es decir, 5.220,81 Ha, las cuales en caso de un incendio, se consumirían en menos de 10 horas dado que está conformada por rastrojos, cultivos de frijol, arveja, habichuela, papa, entre otros.

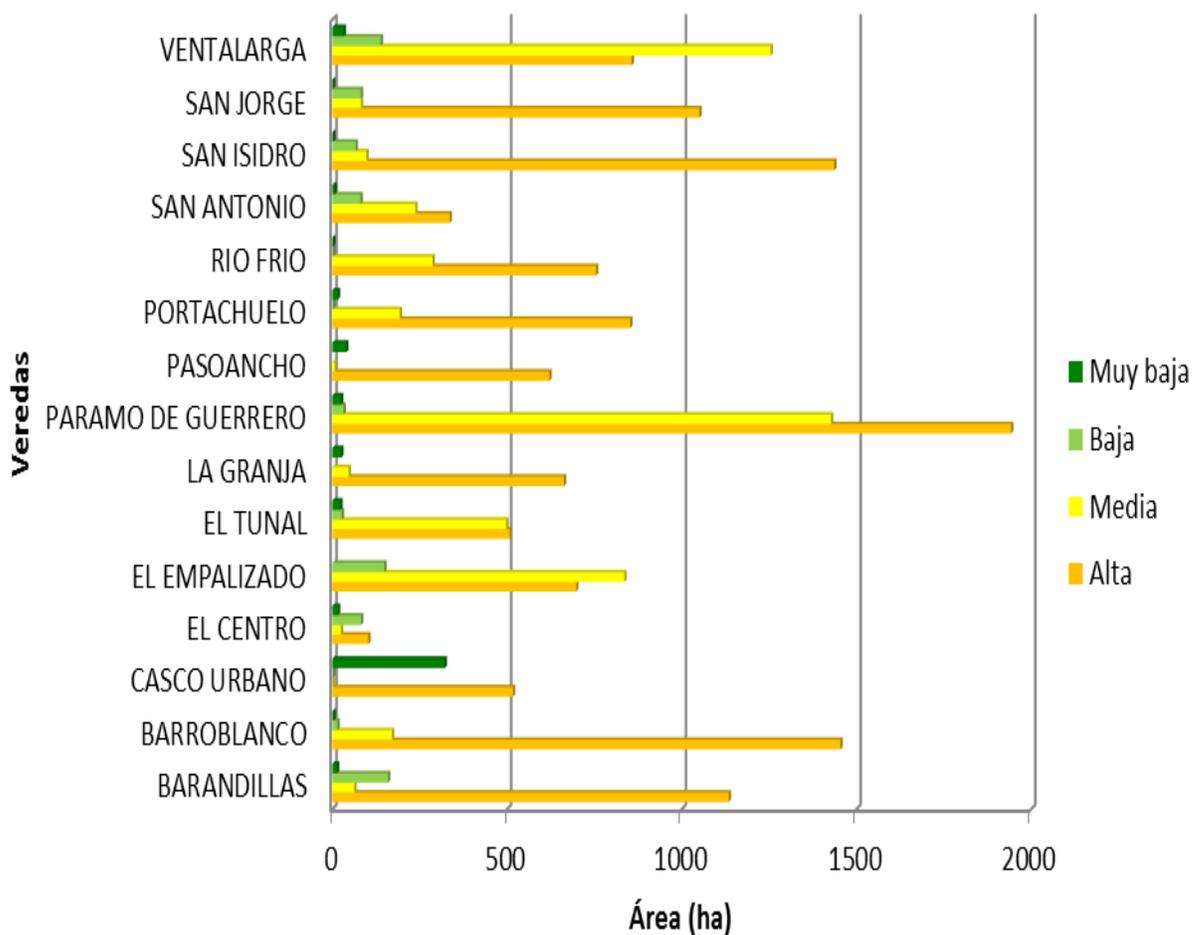
Figura 4.5. Porcentaje de susceptibilidad según la duración del combustible en el municipio Zipaquirá.



Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

En la **Figura 4.6**, se observa claramente que la región del Páramo de Guerrero, sobresale nuevamente como la zona donde la categoría alta de susceptibilidad ocupa mayor territorio. La categoría alta en esta zona del páramo, ocupa 1.942,2 Ha, que corresponden al 56,7% del área de paramo, y al 10% del total del municipio.

Figura 4.6. Áreas según categorías de susceptibilidad por duración del combustible en las veredas del municipio Zipaquirá.

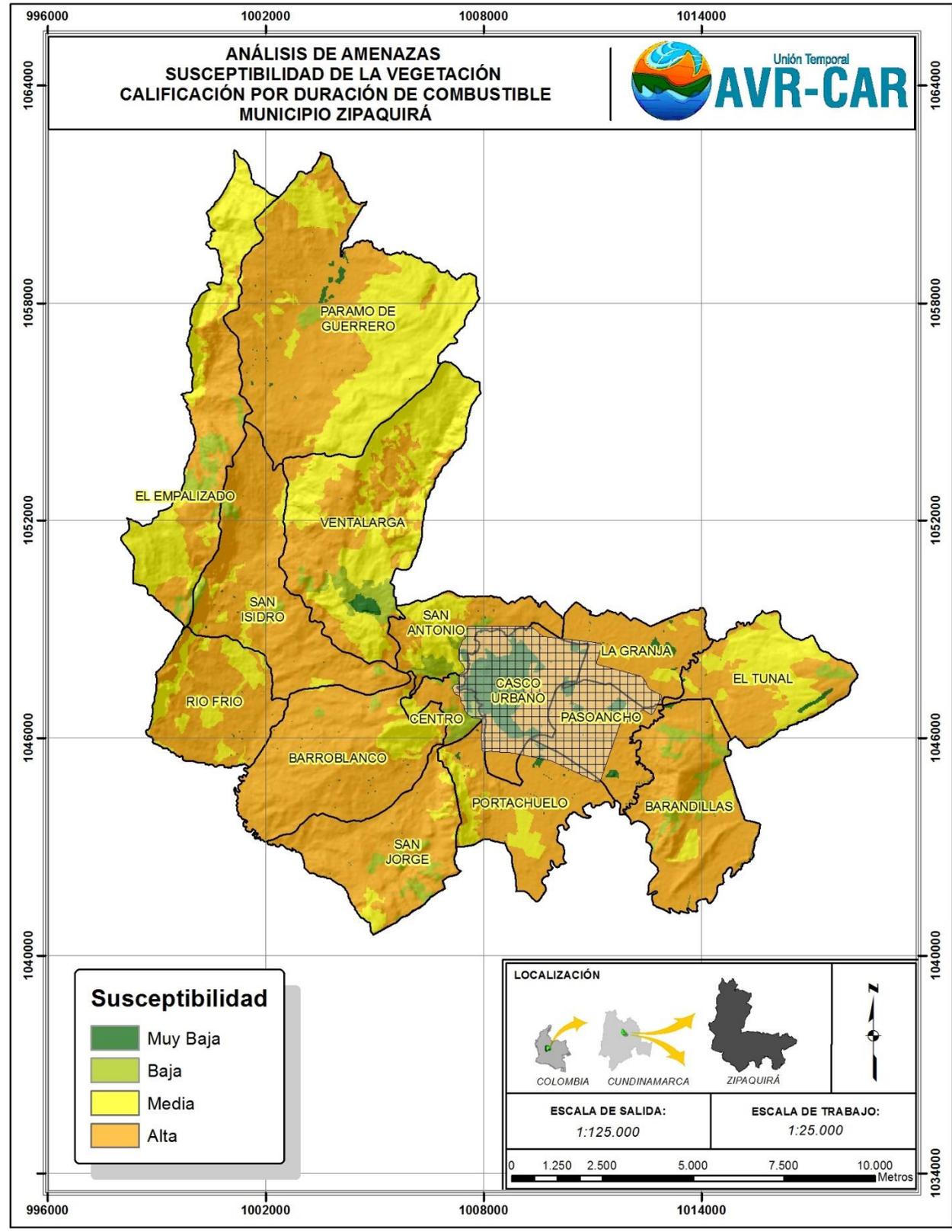


Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

Las veredas San Isidro, San Jorge, Barroblanco y Barandillas, son las veredas, que junto a la región del Páramo de Guerrero, deberían priorizarse en los programas de prevención de incendios, debido a su alta susceptibilidad a los incendios, tanto por la duración en que se consumirían por el fuego, como el tipo de combustible que son. En estas veredas, y en general, en todas las que conforman el municipio, el tiempo en el que se consumiría las coberturas vegetales que las conforman, sería inferior a 1 hora, lo que resulta extremadamente preocupante. Ante esta situación, debería estudiarse la opción de ubicar puntos de control de incendios en cercanías a las zonas con mayor susceptibilidad a los incendios, así como elaborar una red informativa, concientizando a la gente de no realizar las actividades que pueden llegar a producir incendios.

Teniendo como base la categorización, se generó el mapa de susceptibilidad por duración del combustible que se observa en la **Figura 4.7**.

Figura 4.7. Mapa de susceptibilidad de las coberturas vegetales por duración de combustible



Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

4.1.2.1 Pruebas de conflagración

La duración de los combustibles, está en función del tiempo que tardan las especies predominantes (por unidad de cobertura) en alcanzar la temperatura de ignición y consumirse, por lo tanto su determinación requiere de técnicas destructivas que indican con veracidad este comportamiento para diferentes unidades de cobertura.

Así, las pruebas de conflagración se convierten en la técnica más común, por lo tanto se identificaron las principales especies vegetales presentes en coberturas con reporte de incendios en los últimos meses, las cuales en colaboración con habitantes de las zonas permitieron establecer las de mayor probabilidad de conflagración por su alto potencial dendroenergético y su facilidad para prenderse.

Inicialmente se seleccionaron los sitios para realizar las pruebas, de acuerdo a la zona de vida dominante municipio, donde se pesó con báscula una cantidad representativa por cada especie predominante identificada; seguidamente se dio inicio a la conflagración donde se registró la temperatura de ignición con un termómetro digital, así como las temperaturas alcanzadas durante el tiempo total que duró la incineración. Finalmente se pesaron las cenizas y fragmentos de carbón para calcular la biomasa final de cada especie (rendimiento).

Fotografía 4.1. Cobertura vegetal



Nota: Vista previa cobertura vegetal. Junio de 2014. Foto: A. Gutiérrez. Unión Temporal AVR – CAR, 2014.

El municipio de Zipaquirá se encuentra dentro de la zona de vida del *Bosque húmedo montano* con temperatura media entre 6 y 12°C, precipitación entre los 1000 y 2000 mm al año y alturas entre 1800 y 2800 metros, en donde se observan relictos de bosque secundario bastante intervenido por la inclusión de la agricultura especialmente por cultivos frutales y café. Se seleccionaron las especies más representativas de la formación y definidas por los lugareños como las más susceptibles y presentes durante los incendios.

Esta zona de vida se analizó en el municipio de Subachoque, donde se recolectaron especies del Bosque altoandino presente en la vereda el Páramo, allí se realizaron pruebas de conflagración para las especies uvito “*Cavendishia cordifolia*”, uvo “*Macleania rupestris*”, chusque “*Chusquea angustifolia*” y encenillo “*Weinmania tomentosa*”. Estas especies fueron seleccionadas considerando la abundancia de las especies de la familia *ERICACEAE* y *CUNONNIACEAE*.

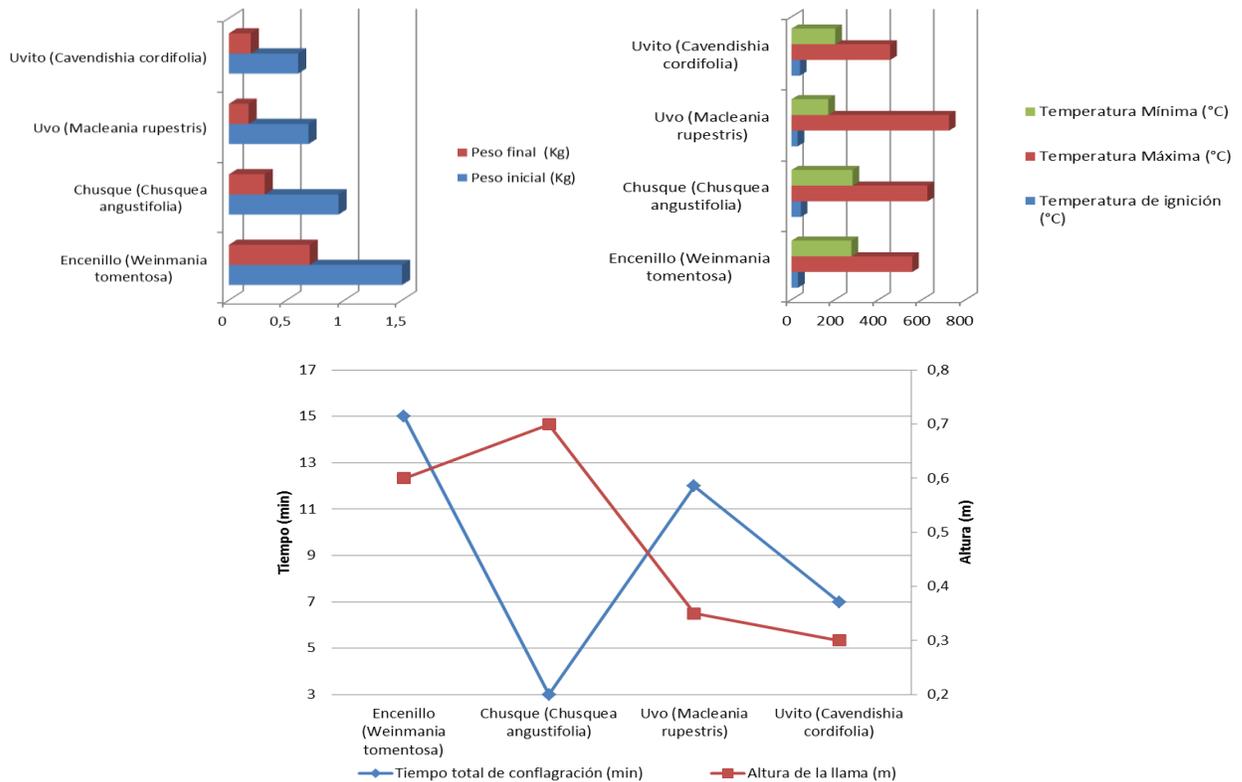
Fotografía 4.2. Prueba de Conflagración.



Nota: Prueba de conflagración bosque húmedo montano. Junio de 2014. Foto: A. Gutiérrez. Unión Temporal AVR – CAR, 2014.

Conforme a los resultados obtenidos se identificó que en cuanto a temperaturas, la máxima es alcanzada por la especie “*Macleania rupestris*”, seguida por el chusque “*Chusquea angustifolia*”, esta especie es de especial importancia dada su abundancia y el bajo tiempo de duración durante la conflagración, esta especie además alcanza la mayor altura de la llama por lo que la susceptibilidad de las coberturas donde predominen parches compuestos por esta especie representan una gran susceptibilidad y también una amenaza para las coberturas aledañas. Como se observa en la Figura 4.8.

Figura 4.8. Resultados por especies del bosque húmedo pre montano



Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

4.1.3 Carga total de combustible

Siguiendo la reclasificación del mapa de cobertura, se tienen categorizadas las coberturas con valores aproximados de biomasa aérea en Ton/ha, que representan la carga total de combustible como se muestra en la **Tabla 4.5**, donde la calificación de las categorías de amenaza responde a la relación de a mayor carga mayor amenaza por el aumento de material combustible disponible para la combustión.

Tabla 4.5. Calificación de la carga total de combustible

Carga de combustible	Categoría	Calificación
No combustibles - Áreas urbanas	Muy baja	1
< 1 Ton/ha	Baja	2
1 a 50 Ton/ha	Media	3
50 a 100 Ton/ha	Alta	4
> 100 Ton/ha	Muy alta	5

Fuente: IDEAM (2011)

En la **Tabla 4.6**, se observa que gran parte del municipio presenta una susceptibilidad alta a incendios por este factor. Específicamente el 57,8% (11.280 Ha) del área total del municipio, más de la mitad del territorio, está en una categoría “alta” de susceptibilidad a los incendios por carga total de combustible.

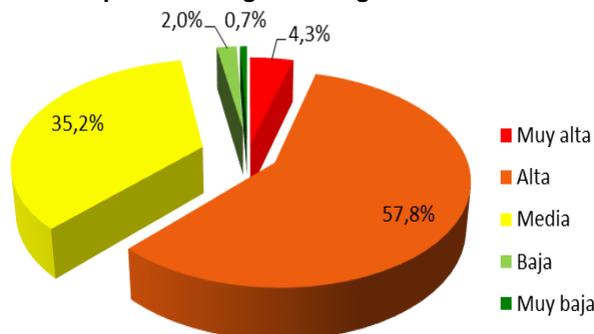
Tabla 4.6. Resultados de la categorización de susceptibilidad por carga del combustible en las coberturas vegetales.

Categoría	Área (ha)	Área (%)
Muy alta	832,33	4,3
Alta	11.280,45	57,8
Media	6.864,37	35,2
Baja	389,82	2,0
Muy baja	135,71	0,7
Total	19.502,68	100,0

Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

Esta categorización se puede observar gráficamente en la **Figura 4.9**, donde se evidencia la dominancia de la categoría “alta” de susceptibilidad. En segundo lugar, esta la categoría de susceptibilidad “media”, que abraza el 35,2% del municipio, es decir, 6.864,37 Ha. En términos generales, la vegetación que conforma esta categoría “alta” de susceptibilidad, es una vegetación de un porte más alto, específicamente, bosques secundarios, vegetación de páramo, cultivos de café, cacao, mora, curuba, guanabana, rastrojos, pastos naturales y sabanas herbáceas, cultivos de maíz, entre otros.

Figura 4.9. Porcentaje de susceptibilidad según la carga de combustible en el municipio Zipaquirá



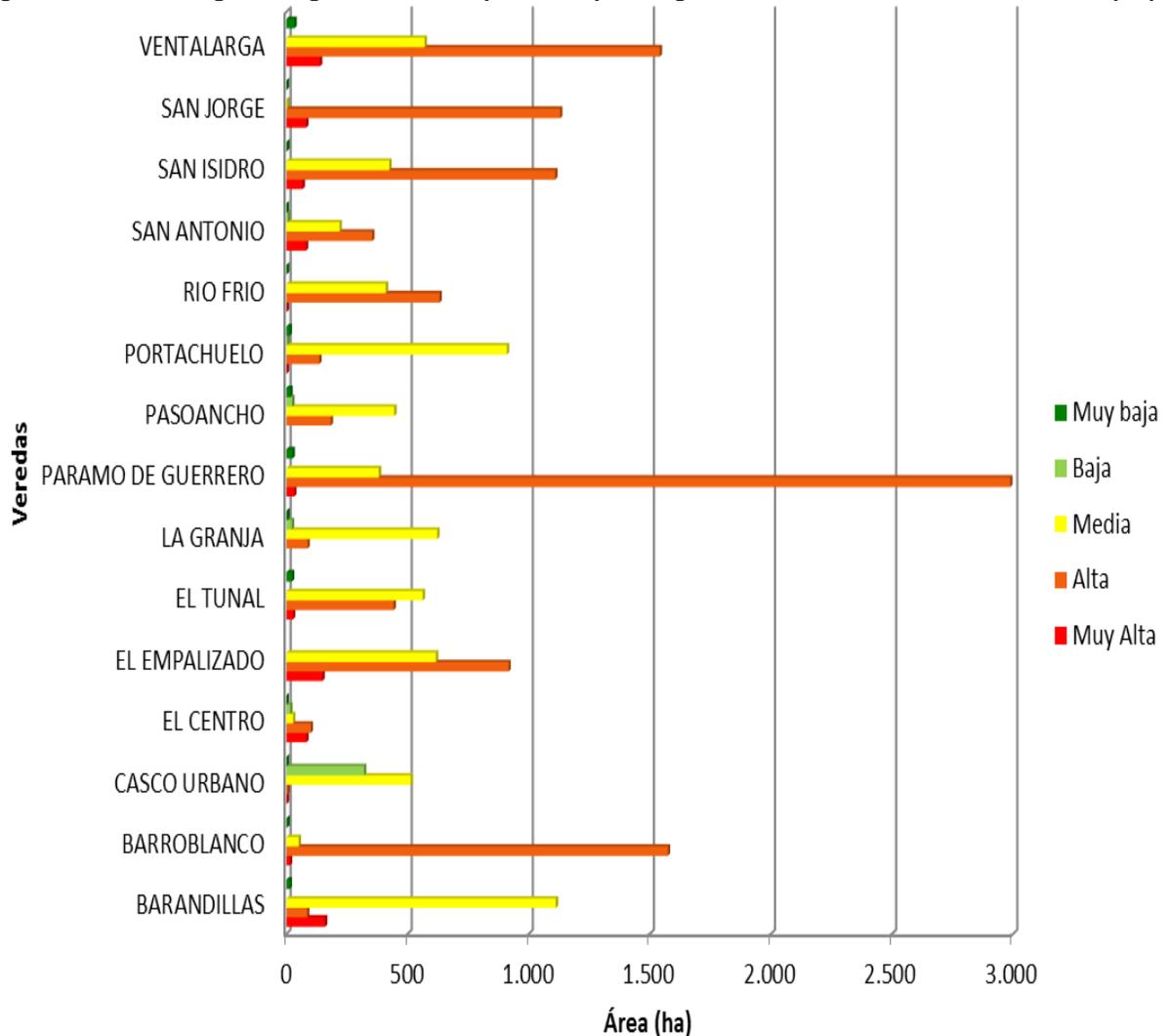
Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

La categorización de las veredas según la susceptibilidad por carga de combustible, que se puede observar en la **Figura 4.10**, permite identificar la región del Páramo de Guerrero, como el área en el municipio, con mayor susceptibilidad ante incendios por carga total de combustible. Para explicar

detalladamente, debemos tener la idea, de que en Zipaquirá, la región o área del Páramo de Guerrero, corresponde a 3.425,7 Ha, que significan el 17,6% del municipio. De esta área, 1.928,3 Ha, que son el 56,3% del área del Páramo dentro del municipio, y el 10% del área total del municipio, tienen una susceptibilidad “alta” a los incendios por este factor analizado.

Otras veredas con un área considerable en categorías altas de susceptibilidad por carga de combustible, son Barroblanco, Ventalarga, San Jorge y San Isidro, cada una con más de 1.000 Ha en la categoría “alta” de susceptibilidad, es decir con una biomasa aérea entre 50 y 10 ton/Ha. En estas veredas, la vegetación que aumenta esta susceptibilidad a los incendios, son bosques secundarios, pastos naturales, sabanas herbáceas, rastrojos y arbustales.

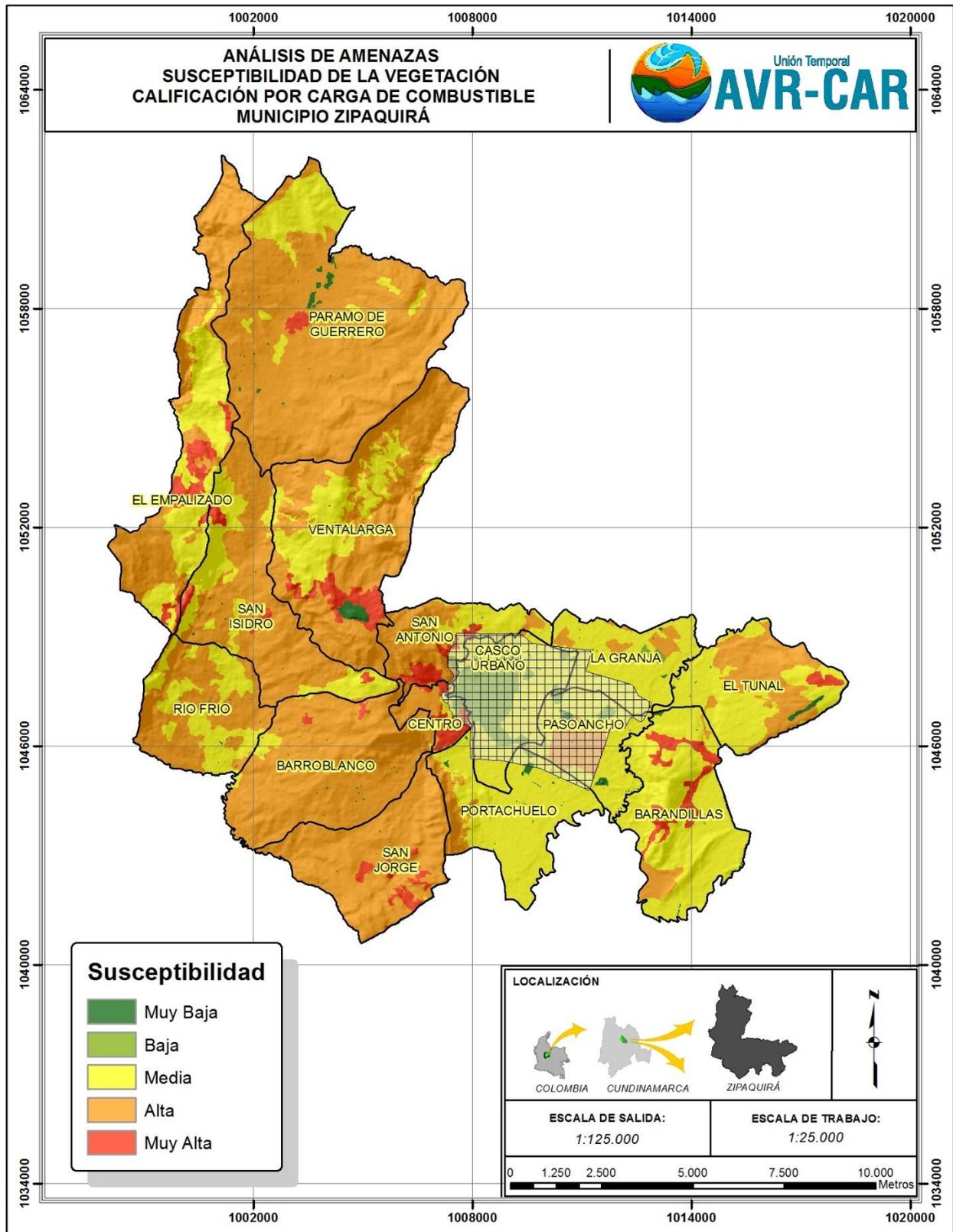
Figura 4.10. Áreas según categorías de susceptibilidad por carga del combustible en las veredas de Zipaquirá.



Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

A partir de la categorización se generó el mapa de susceptibilidad por carga del combustible que se observa en la Figura 4.11.

Figura 4.11. Mapa de susceptibilidad de las coberturas vegetales por carga de combustible.



Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

4.1.4 Humedad del combustible

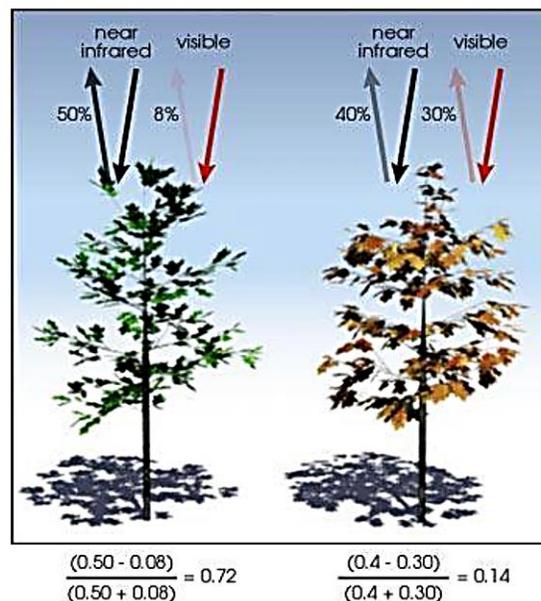
Se generó el mapa de humedad del combustible según el Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), el cual presenta las áreas donde la actividad clorofílica es mayor, es decir, donde la biomasa y volumen consecuentemente con el contenido de humedad serán mayores.

Los cálculos de este índice se realizan por pixel, y sus resultados se traducen en un número que oscila entre menos uno (-1) y uno (+1), que según el Instituto Cartográfico y Geológico de Catalunya (ICGC, 2014) se interpreta de la siguiente forma:

- NDVI < 0: agua o cubiertas artificiales.
- 0 < NDVI < 0,2: suelo desnudo o vegetación muerta.
- 0,2 < NDVI < 0,4: vegetación dispersa o poco vigorosa.
- 0,4 < NDVI < 0,6: vegetación abundante y vigorosa.
- NDVI > 0,6: vegetación muy densa y vigorosa.

Por ende el mayor contenido de humedad corresponde a aquellos pixeles con valores superiores a 0.2, el esquema de funcionamiento del NDVI se representa en la Figura 4.12.

Figura 4.12. Esquema de funcionamiento del NDVI



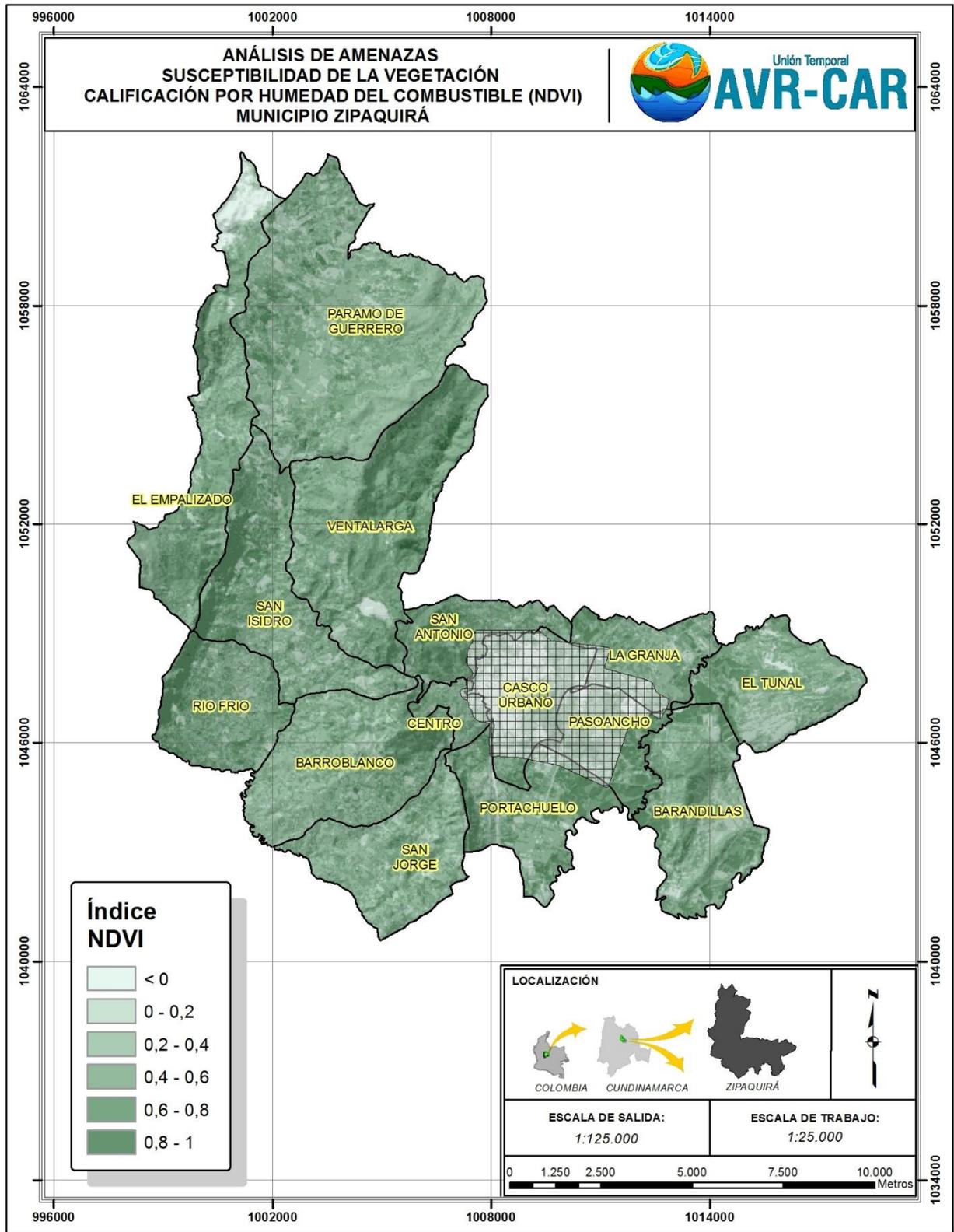
Fuente: Simmon R. citado por CORPOCESAR, 2011.

Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones, se generó el mapa de humedad del combustible según los resultados de aplicar el Índice de vegetación normalizada (NDVI), el cual, muestra una clara relación con las áreas desprovistas de vegetación o con poca vegetación que corresponden a coberturas vegetales donde predominan pastos y algunos cultivos de hortalizas. Las áreas con mayor valor, representan aquellas áreas ocupadas por bosques secundarios distribuidas principalmente en el centro del municipio.

Debido a la presencia de nubes y otras situaciones anormales que presentan las imágenes de satélite usadas para el presente análisis, se hizo complejo categorizar todo el municipio en grados de amenaza siguiendo la relación de a mayor humedad del combustible menor susceptibilidad de las coberturas, por lo que este es usado como referencia en las veredas críticas para la interpretación de la cantidad de biomasa y contenido de humedad presente.

A partir de la categorización se genero el mapa de susceptibilidad por humedad del combustible.

Figura 4.13. Mapa de humedad de combustible según el NDVI.



Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

4.1.5 Mapa de susceptibilidad de la vegetación a incendios

Finalmente, por álgebra de mapas y a partir de los mapas de tipo, duración y carga se generó el mapa de susceptibilidad de las coberturas vegetales ante incendios siguiendo la ecuación que se describe a continuación.

$$Susc = (0,35)Tc + (0,35)Dc + (0,3)Cc$$

Donde,

Susc: Susceptibilidad de la vegetación .

Tc: Calificación por tipo de combustible.

Dc: Calificación de la duración de los combustibles.

Cc: Calificación de la carga de combustibles.

Los valores de ponderación para cada uno de los factores que definen la susceptibilidad se establecieron dando mayor peso a la información que fue verificada en campo (tipo y duración del combustible), por lo tanto la información de carga corresponde a lo establecido por el IDEAM (2011), y se corrobora con los resultados del trabajo conjunto entre el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales y la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (IDEAM - CAR, 2014), para la elaboración de Mapa de Zonificación de Riesgos a Incendios de la Cobertura Vegetal en el Departamento de Cundinamarca -Escala 1:100.000-.

Los resultados de aplicar esta fórmula generó valores entre 1 y 4,65, lo cuales se agruparon y categorizaron de acuerdo cinco categorías de susceptibilidad como se muestra en la **Tabla 4.7**.

Tabla 4.7. Calificación de susceptibilidad de las coberturas vegetales ante incendios forestales.

Rangos de susceptibilidad	Categoría	Calificación
1 – 1,73	Muy baja	1
1,74 – 2,46	Baja	2
2,47 – 3,19	Media	3
3,20 – 3,92	Alta	4
3,93 – 4,65	Muy alta	5

Fuente: Adaptado de IDEAM, 2011.

En la **Tabla 4.8**, se puede observar la categorización según la susceptibilidad total de coberturas vegetales ante los incendios donde el 75,9% del municipio, es decir en 14.802,4 Ha, se encuentra dentro de la categoría “muy alta”, lo que llega a ser realmente preocupante, y que debe generar interés por las autoridades y la comunidad, para trabajar en conjunto y elaborar programas de prevención adecuados.

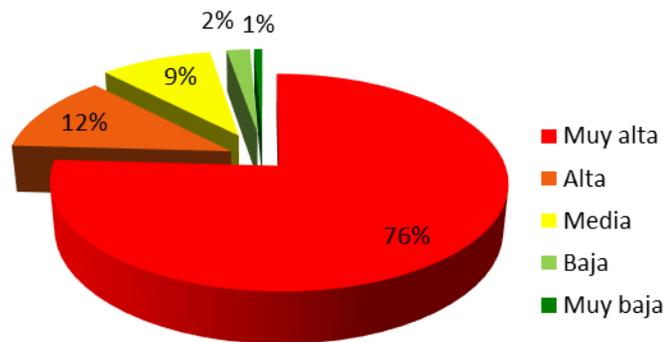
Tabla 4.8. Resultados de la categorización por susceptibilidad de las coberturas vegetales ante incendios forestales.

Categoría	Área (ha)	Área (%)
Muy alta	14.802,99	75,9
Alta	2.314,79	11,9
Media	1.859,37	9,5
Baja	389,82	2,0
Muy baja	135,71	0,7
Total	19.502,68	100,0

Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

En la **Figura 4.14.**, se observa de manera gráfica esta tendencia mencionada. Si se suman el área que ocupan las categorías altas de susceptibilidad en el municipio, se puede concluir que es el 87,8% del municipio, el que tiene alta susceptibilidad a sufrir de incendios forestales o en sus coberturas vegetales.

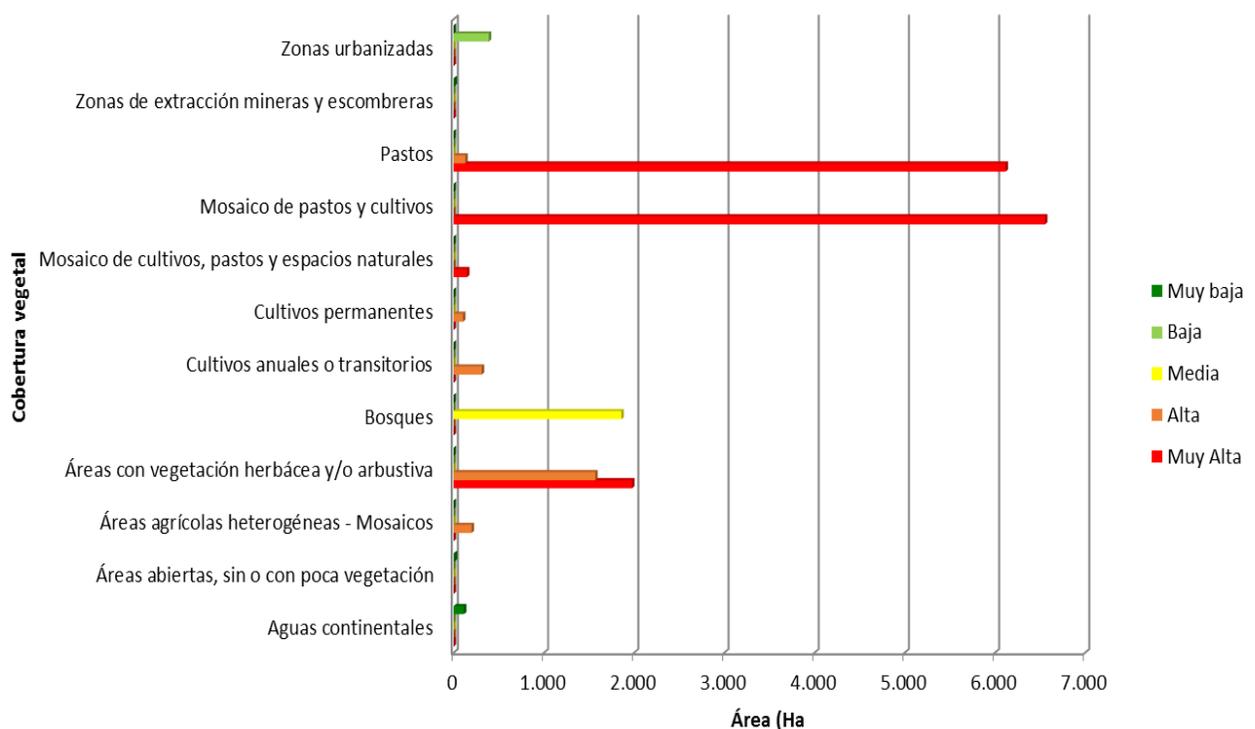
Figura 4.14. Porcentaje de susceptibilidad según el tipo de combustible en el municipio de Zipaquirá



Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

En la **Figura 4.15**, se observa cual es el tipo de cobertura vegetal, que es más susceptible a los incendios en el municipio de Zipaquirá. Se observa claramente como el mosaico de pastos y cultivos y las coberturas de pastos, son las más susceptibles a los incendios por los factores ya analizados, y son a su vez los que ocupan mayor área en el municipio, razón por la que Zipaquirá tiene una alta susceptibilidad a los incendios por las características de su vegetación.

Figura 4.15. Área en porcentaje de las coberturas vegetales según categorías de susceptibilidad total ante incendios forestales.

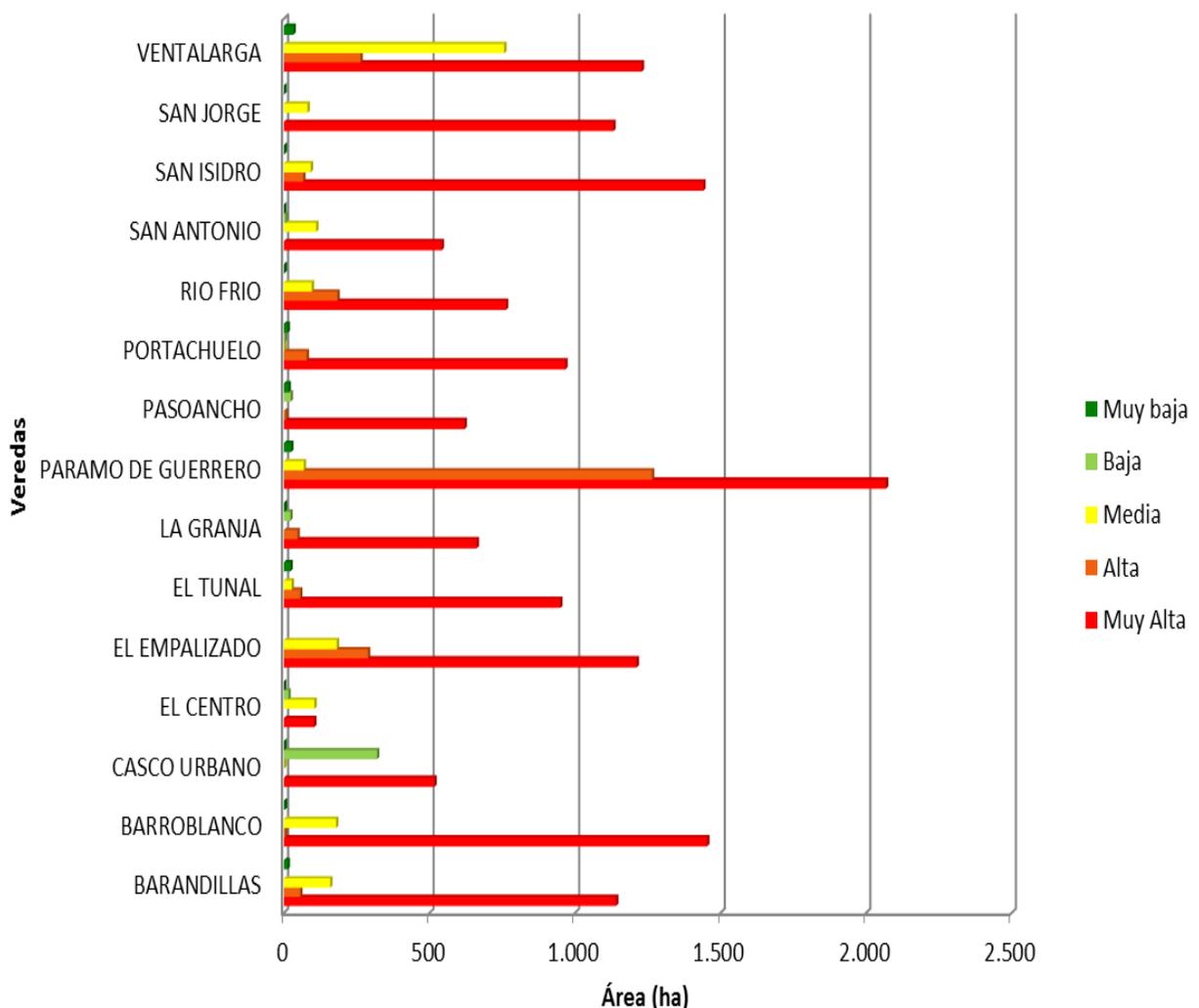


Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

El mosaico de pastos y cultivos, donde se incluyen cultivos de arveja, habichuela, maíz, entre otros, ocupa el 33,6% del municipio, es decir 6.556,2 Ha, mientras que las coberturas de pastos, ocupan el 31,4% del área total del municipio, es decir 6.119,8 Ha. Tan solo estas dos coberturas, conforman el 65% del municipio. Coberturas correspondientes netamente a la producción económica, en las dos principales actividades ya mencionadas, la agricultura y la ganadería. Otro tipo de cobertura como lo es la vegetación herbácea y/o arbustiva, también aporta casi 2.000 Ha del total del municipio, cobertura correspondiente al área del Páramo de Guerrero en el municipio.

En la **Figura 4.16**, se observa la categorización de las veredas, por la susceptibilidad total a los incendios. Se puede apreciar claramente, que en todas las veredas predomina la categoría de susceptibilidad “muy alta” sobresaliendo el área del páramo de Guerrero, el cual tiene un área de 2.068,3 Ha en esta categoría “muy alta”, es decir el 10,6% del municipio y además representa el 6,5% del área que se encuentra en la categoría de “alta” susceptibilidad. Otras dos veredas que sobresalen ante las demás, con respecto al área que tienen en susceptibilidad “muy alta” ante los incendios, son las veredas de San Isidro y Barroblanco, con 1.440,8 Ha y 1.453,9 Ha respectivamente. Sin embargo, no solo se debe trabajar sobre las veredas mencionadas, ya que se puede observar claramente la tendencia de susceptibilidad alta, en todas las veredas que conforman el municipio.

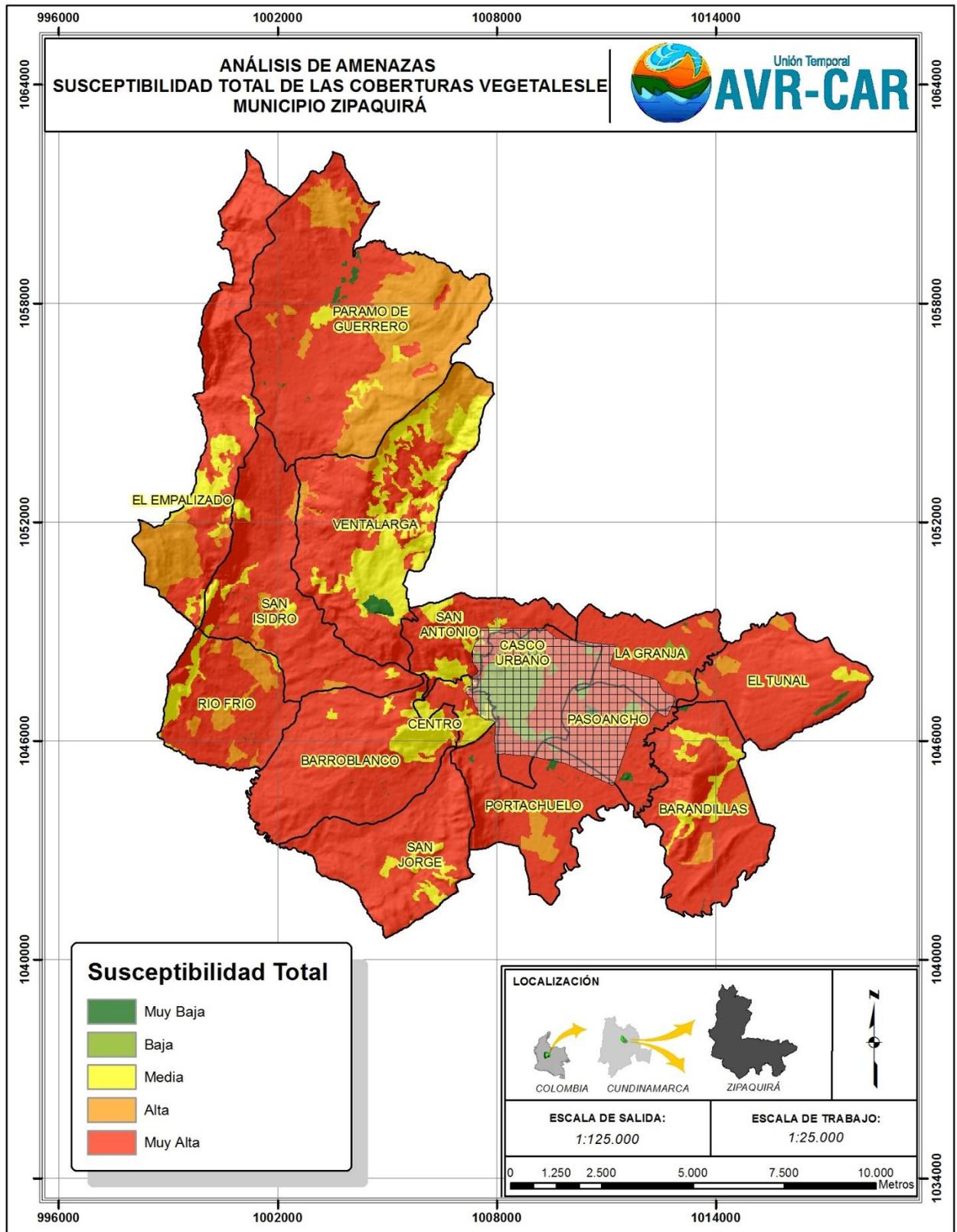
Figura 4.16. Áreas según categorías de susceptibilidad total de las coberturas vegetales ante incendios forestales.



Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

A partir de la multiplicación ponderada de las variables de tipo, duración y carga del combustible se genero el mapa de susceptibilidad total que se observa en la **Figura 4.17**.

Figura 4.17. Mapa de susceptibilidad total de las coberturas vegetales ante incendios forestales



Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

4.2 FACTORES CLIMÁTICOS

La importancia de este análisis radica en la influencia que tiene el clima sobre la generación y propagación de incendios forestales al determinar la duración y severidad de las temporadas secas que afectan directamente las condiciones de humedad y cantidad del material combustible disponible para la ignición. Por tal razón se generó una calificación de susceptibilidad bajo condiciones normales y del fenómeno del niño, para las principales variables climáticas que se obtuvieron para el municipio: temperatura, precipitación, humedad relativa y brillo solar. Finalmente, al correlacionarlas se generaron categorías de amenaza según condiciones climáticas.

La base fundamental de este análisis consistió en la adquisición y procesamiento de la información registrada por el IDEAM en las estaciones climatológicas (ordinarias, principales y pluviométricas) localizadas en el municipio y sus alrededores.

4.2.1 Precipitación

La precipitación es una de las principales variables a considerar, ya que afecta la velocidad de propagación y la intensidad calórica de los incendios dado que cambia rápidamente los valores de contenido de humedad del suelo y la vegetación (Arce, 2005). Según Ossa (2003), la disminución de la lluvia en conjunto con altas temperaturas aumenta las probabilidades de ocurrencia para un incendio, por tal razón siguiendo esta relación se calificó la amenaza conforme a los valores medios de precipitación promedio anual obtenidos para el municipio, como se muestra en la **Tabla 4.9**.

Tabla 4.9. Calificación de amenaza por precipitación.

Rangos de Precipitación (mm)	Categoría	Calificación
822,3 – 1.000,6	Muy alta	5
1.000,7 – 1.179,0	Alta	4
1.179,1 – 1.357,4	Media	3

Fuente: UT AVR-CAR.

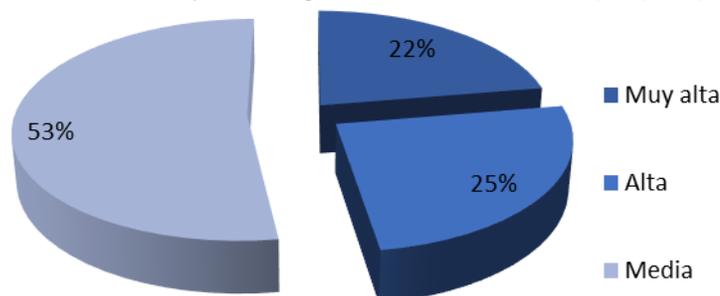
En la **Tabla 4.10**, se aprecian los resultados de la categorización de la amenaza por precipitación, donde se observa que la categoría “media”, ocupa el 52,4% que corresponde a 10.217,86 Ha. En la mitad del municipio, representada por la categoría “media” de amenaza, la precipitación varía entre 1.179,1 y 1.357,4 mm anuales. La categoría de amenaza “muy alta”, que se distribuye en el 22,4% del municipio, exactamente en 4.360,17 Ha, contiene precipitaciones entre 822,3 y 1.000,6 mm anuales (**Figura 4.18**).

Tabla 4.10. Resultados de la categorización de la amenaza por precipitación.

Categoría	Área (ha)	Área (%)
Muy alta	4.360,17	22,4
Alta	4.924,65	25,3
Media	10.217,86	52,4
Total	19.502,68	100,0

Fuente: UT AVR-CAR.

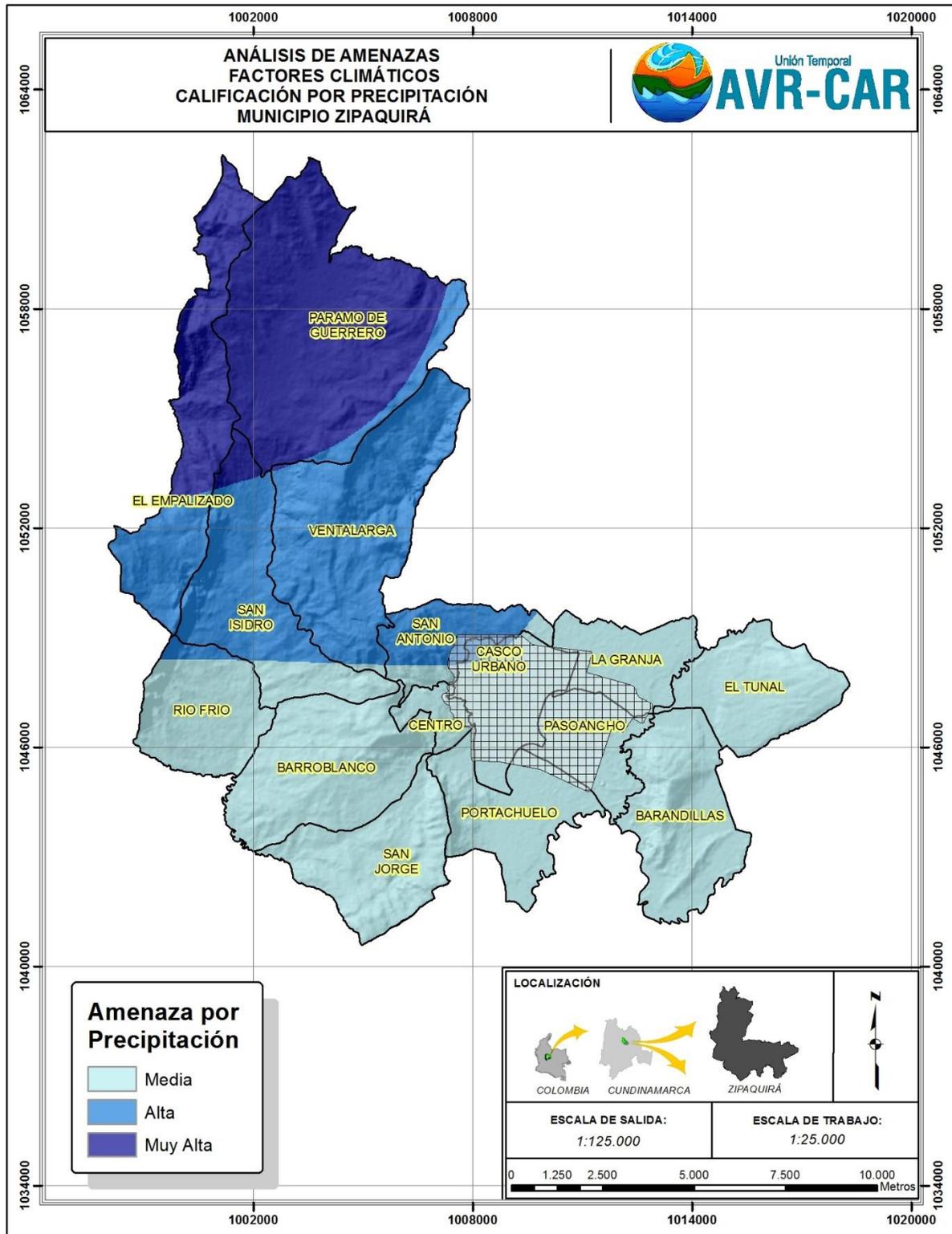
Figura 4.18. Porcentaje de categorización de la amenaza por precipitación



Fuente: UT AVR-CAR.

A partir de la categorización se generó el mapa de amenaza por precipitación que se observa en la Figura 4.19.

Figura 4.19. Mapa de calificación de amenaza por precipitación.



Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

4.2.2 Temperatura

Siendo una de las variables de mayor importancia dado el papel que cumple al desecar el material combustible acercándolo a su punto de ignición, los altos valores de temperatura aumentan las posibilidades de ocurrencia de un incendio, además, cuando el fuego ya se ha iniciado aumenta también, la velocidad de propagación alistando el material adyacente (Denham, 2007). Bajo este contexto se calificó la amenaza en función de los valores de temperatura máxima anual reportada para el municipio como se muestra en la **Tabla 4.11**.

Tabla 4.11. Calificación de amenaza por temperatura.

Rangos de temperatura (°C)	Categoría	CALIFICACION
16,4 - 17,0	Alta	5
15,7 - 16,3	Media	4
15,0 - 15,6	Baja	3

Fuente: UT AVR-CAR.

En la **Tabla 4.12**, donde se presentan los resultados de la categorización de amenazas a incendios en el municipio de Zipaquirá, según el factor climático de la temperatura, se puede apreciar que la categoría que ocupa mayor extensión, es la categoría “media”, con un 40,3% que corresponde a 7.861,11 Ha. En este porcentaje del territorio del municipio, las temperaturas registradas oscilan entre 15,7°C y 16,3°C.

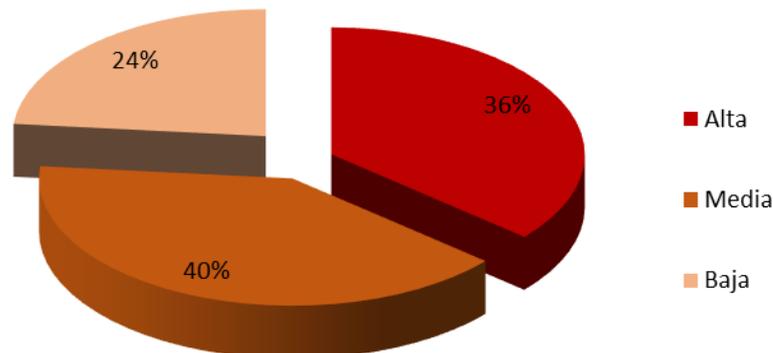
Tabla 4.12. Resultados de la categorización de amenaza por temperatura.

Categoría	Área (ha)	Área (%)
Alta	7.067,18	36,2
Media	7.861,11	40,3
Baja	4.574,38	23,5
Total	19.502,68	100,0

Fuente: UT AVR-CAR.

En la **Figura 4.20**, se puede apreciar el predominio de la categoría “media” de amenaza por factor de temperatura. Analizando la categoría que genera algún grado de preocupación con respecto a incendios forestales, en relación a la temperatura, se debe hacer mención a la categoría “alta”, la cual ocupa el 36,2% del municipio, exactamente 7.067,18 Ha. Este porcentaje de municipio, presenta temperaturas entre 16,4°C y 17°C. Sin embargo, a pesar de que en la clasificación, estos valores de temperatura se ubican en categorías de amenaza altas, no resultan ser críticas en el momento en que se pueda producir un incendio, ya que no son temperaturas altas, si se relacionan con otros municipios. Sin embargo, debería realizarse un control en las áreas donde se encuentren los valores más altos de temperatura y más bajos de precipitación, que se mencionaban en el análisis anterior.

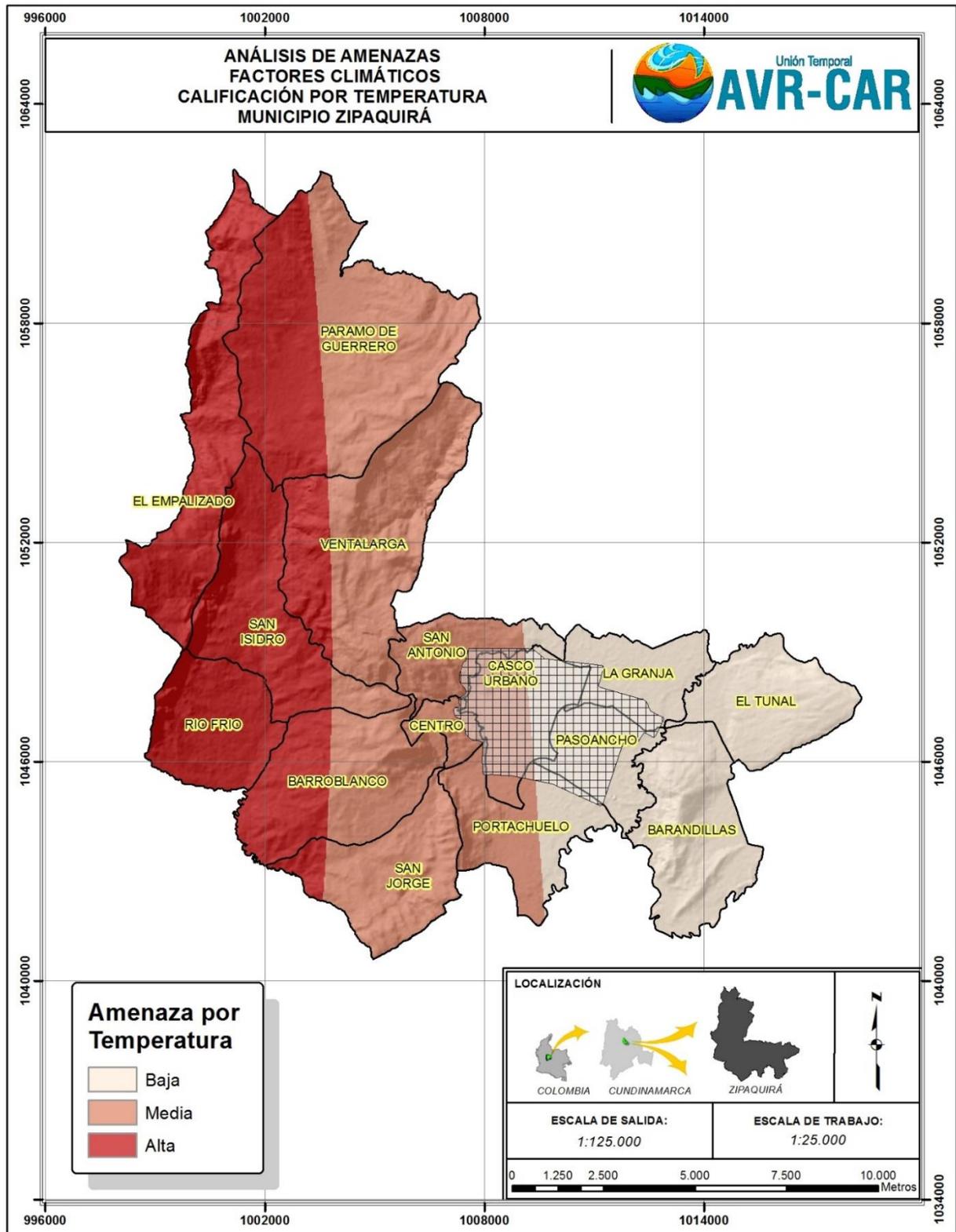
Figura 4.20. Porcentaje de categorización de la amenaza por temperatura



Fuente: UT AVR-CAR.

A partir de la categorización se generó el mapa de amenaza por temperatura que se observa en la Figura 4.21.

Figura 4.21. Mapa de calificación de amenaza por temperatura.



Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

4.2.3 Brillo solar

Determinado por factores como la latitud del lugar, la orientación de la pendiente, la cobertura de nubes, el mes y la hora del día, el brillo solar influye de forma diferente en la generación y propagación de incendios al variar estas condiciones. Ejemplo de esto son zonas de alta pendiente expuestas a los rayos solares tendrán mayor probabilidad de ocurrencia de incendios que aquellas que se encuentran bajo sombra.

Es así, como la información concerniente a este factor también resulta útil en la determinación de la amenaza por factores climáticos por lo que conforme a los valores reportados para el municipio se calificaron las categorías de amenaza, teniendo en cuenta los valores de brillo solar promedio mensual medido en horas por mes **Tabla 4.13**.

Tabla 4.13. Calificación de amenaza por brillo solar.

Rangos de Brillo solar (h/mes)	Categoría	Calificación
131,2 - 133,1	Alta	5
129,8 - 131,4	Media	4
128,0 - 129,7	Baja	3

Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

Con respecto a la categorización de la amenaza a incendios por brillo solar en Zipaquirá, cuyos resultados se pueden observar en la **Tabla 4.14**, se aprecia que la categoría predominante en el municipio es la categoría “baja”. Esta categoría ocupa el 43,2% del municipio, lo que corresponde a 8.428,24 Ha. En esta categoría de amenaza a incendios por factor climático de brillo solar, la incidencia de sol en la cobertura terrestre, medida en horas mensuales, varía entre 128 y 129,7 horas/mes, que puede llegar a ser potencialmente peligroso en áreas donde la vegetación es más susceptible a los incendios, por sus características, como pastos, rastrojos, vegetación herbácea, entre otros.

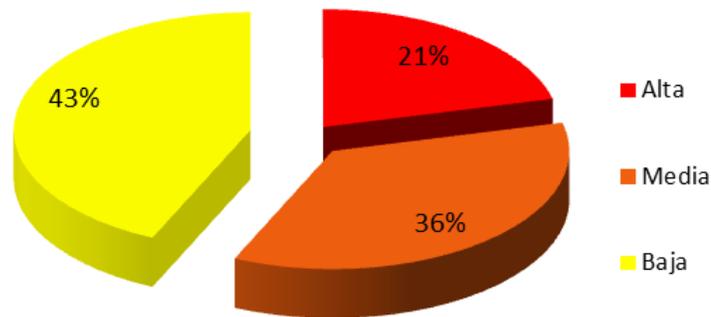
Tabla 4.14. Resultados de la categorización de amenaza por brillo solar.

Categoría	Área (ha)	Área (%)
Alta	4.123,86	21,1
Media	6.949,58	35,6
Baja	8.429,24	43,2
Total	19.502,68	100,0

Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

Esta tendencia de baja amenaza a incendios por brillo solar, la cual se puede apreciar en la **Figura 4.22**, donde esta categoría ocupa el 43,2% del municipio. Centrándonos en la categoría que puede ser considerada como crítica, la cual es la categoría de amenaza “alta”, se puede mencionar que esta categoría ocupa el 21,1% del municipio, lo que corresponde a 4.123,86 Ha. En este 21,1% de municipio, la incidencia de horas varía entre 131,2 y 133,1 horas/mes.

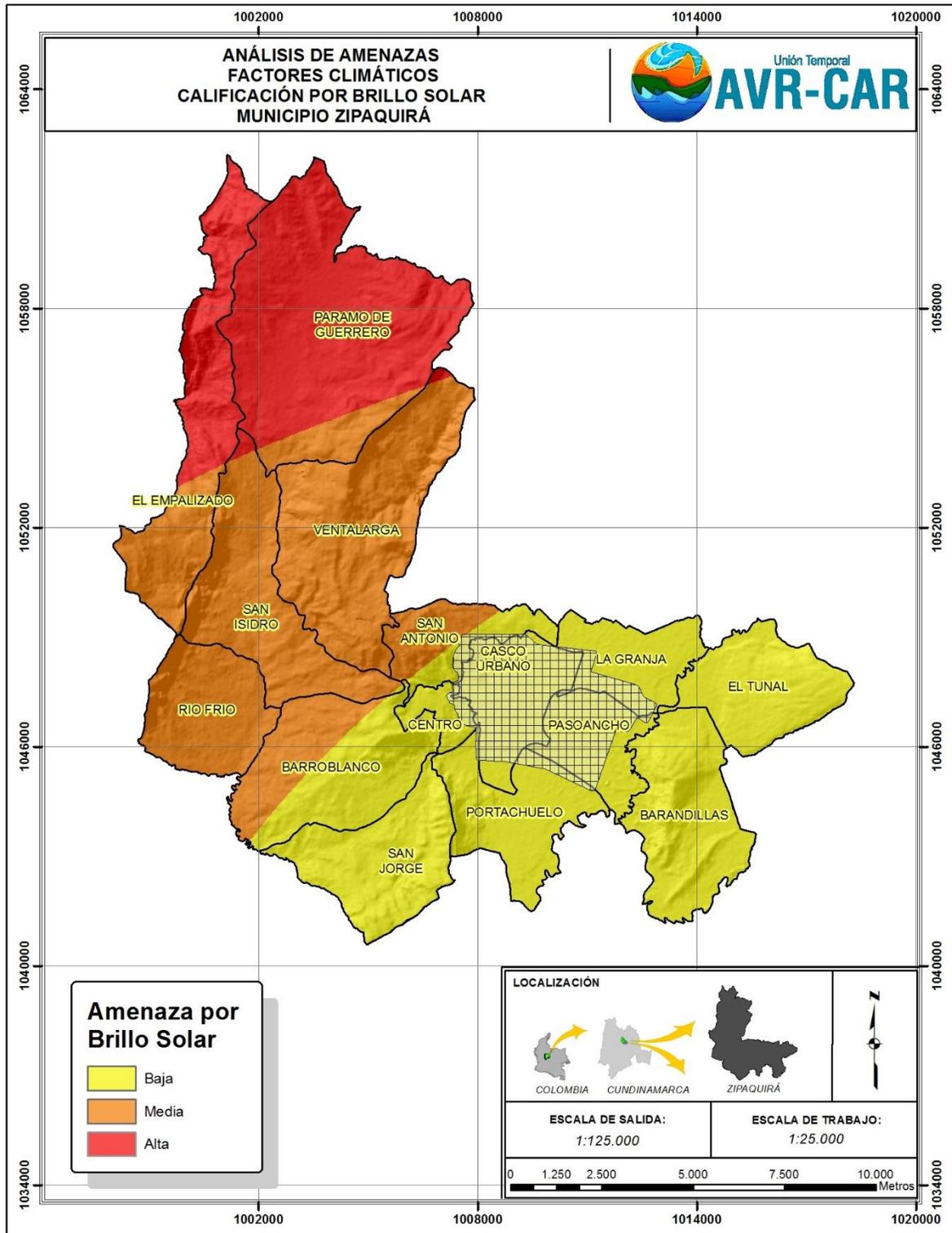
Figura 4.22. Porcentaje de categorización de la amenaza por brillo solar



Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

A partir de la categorización se generó el mapa de amenaza por brillo solar que se observa en la Figura 4.23.

Figura 4.23. Mapa de calificación de amenaza por brillo solar.



Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

4.2.4 Humedad relativa

Siendo la cantidad real aproximada de vapor de agua que contiene el aire, esta influye (en conjunto con la temperatura y velocidad del aire) en la pérdida de agua de la vegetación incrementando su vulnerabilidad, al seguir la relación a mayor temperatura mayor grado de sequedad del aire y por ende pérdida de humedad de los combustibles (MMA, 2001c). Según Arce (2005), valores de humedad relativa altos también han de influir en la disponibilidad de oxígeno para la combustión.

La calificación de las categorías de amenaza de esta variable se estableció conforme a los valores máximos y mínimos de humedad relativa promedio mensual reportados en el municipio, 80,6 y 74,7% respectivamente, estos se agruparon en tres rangos de amenaza, como se muestra en la **Tabla 4.15**.

Tabla 4.15. Calificación de amenaza por humedad relativa.

Rangos de Humedad Relativa (%)	Categoría	Calificación
62,0 - 68,0	Muy alta	5
68,1 - 74,0	Alta	4
74,1 - 80,0	Media	3

Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

En la **Tabla 4.16**, se observa los resultados de la categorización de otro importante factor climático en lo que a incendios forestales se refiere, como lo es la humedad relativa. En esta tabla de resultados, se puede observar que en el municipio predomina una amenaza “muy alta” a los incendios por este factor climático, categoría que ocupa el 49% del municipio, lo que corresponde a 9.552,88 Ha. Es decir, que en casi la mitad del municipio, donde predomina la categoría de amenaza “muy alta”, la humedad relativa oscila entre 62% y 68%.

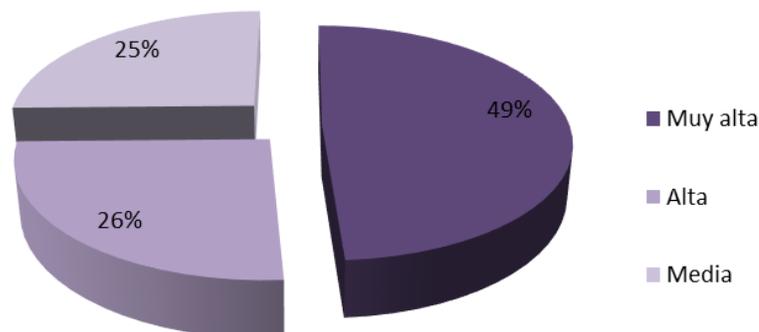
Tabla 4.16. Resultados de la categorización de amenaza por humedad relativa.

Categoría	Área (ha)	Área (%)
Muy alta	9.552,88	49,0
Alta	5.017,90	25,7
Media	4.931,90	25,3
Total	19.502,68	100,0

Fuente: UT AVR-CAR.

En la **Figura 4.24**, se observa la alta amenaza a incendios que predomina en el municipio por efectos de la humedad relativa. Si se tienen en cuenta las categorías de amenaza alta a incendios, se estaría hablando entonces de que en el 74,7% (14.570,78 Ha), existe una amenaza alta por la baja humedad relativa que existe en estos lugares, la cual varía entre 62% y 74%. Se observaba que hasta el momento, los valores registrados de los factores climáticos no representaban valores críticos que fueran potencialmente fuentes de incendios, sin embargo, los valores de humedad relativa llegan a representar cierto peligro, por lo que se deben tomar medidas al respecto, como puntos de vigilancia y control, y restricción de actividades como practica de quemas en los lugares donde la amenaza por humedad relativa es mayor.

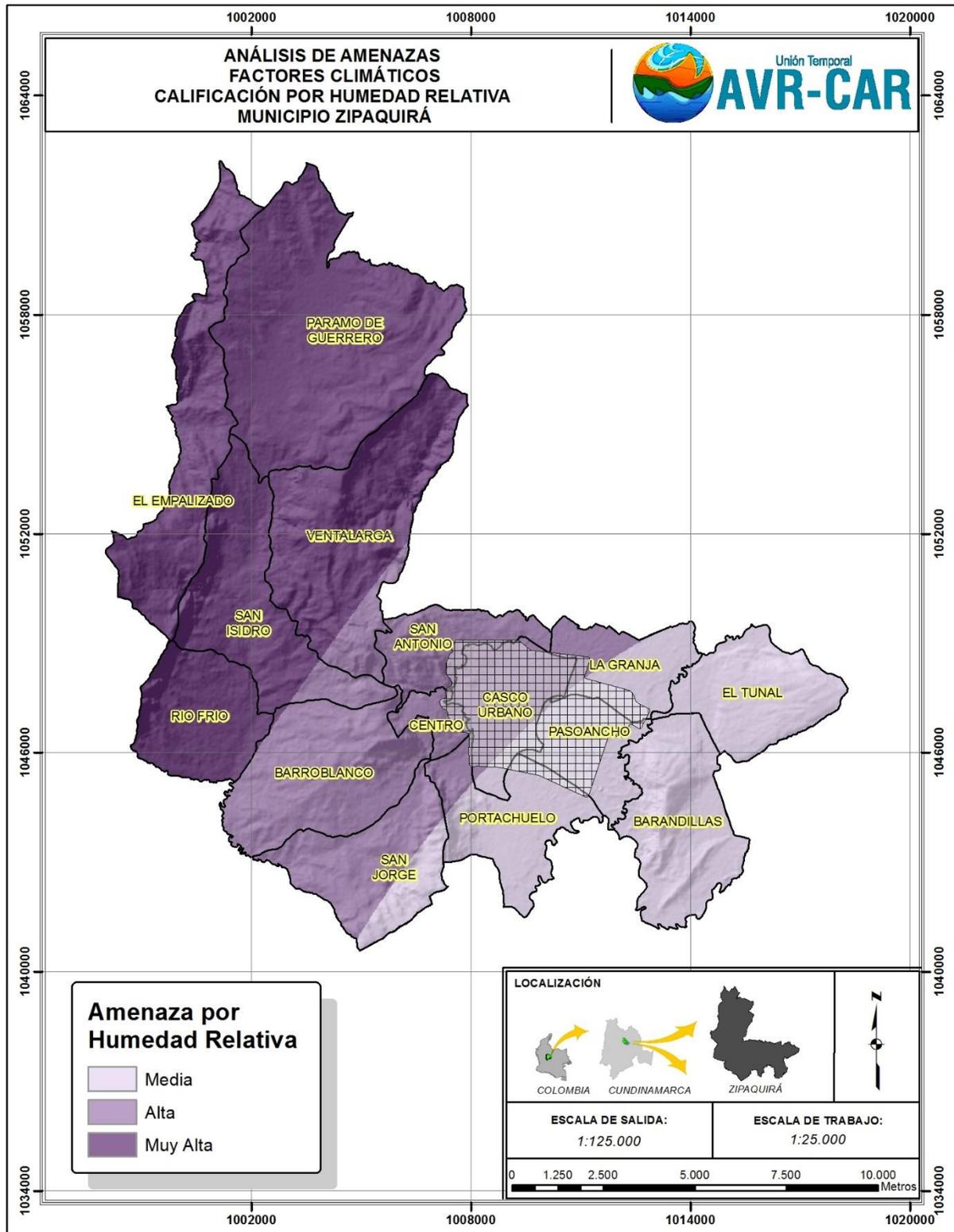
Figura 4.24. Porcentaje de categorización de la amenaza por humedad relativa



Fuente: UT AVR-CAR.

A partir de la categorización se generó el mapa de amenaza por humedad relativa que se observa en la Figura 4.25.

Figura 4.25. Mapa de calificación humedad relativa.



Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

4.2.5 Mapa de amenaza por factores climáticos

Siguiendo la metodología propuesta en el presente documento, se compilan los mapas de las variables que componen los factores climáticos, y son analizadas en este informe, como son la precipitación, temperatura, brillo solar y humedad relativa. Los valores obtenidos de estas variables, fueron procesados, obteniendo la información necesaria para generar el mapa de amenaza por factores climáticos. Estos valores se utilizarán en la siguiente ecuación, se normalizarán y categorizarán para la obtención del mapa de amenaza por factores climáticos.

$$F_c = (0,3)T^{\circ} + (0,3)P_p + (0,15)B_s + (0,25)HR\%$$

Donde,

F_c: Factores climáticos; *P_p*: Precipitación; *T*: Temperatura; *B_s*: Brillo solar; *HR*: Humedad relativa.

Tabla 4.17. Calificación de amenaza total por factores climáticos.

Rangos de amenaza por factores climáticos	Categoría	Calificación
3.0 - 3.4	Muy baja	1
3.41 – 3.8	Baja	2
3.81 – 4.2	Media	3
4.21 – 4.6	Alta	4
4.61 - 5	Muy alta	5

Fuente: Adaptado de IDEAM, 2011.

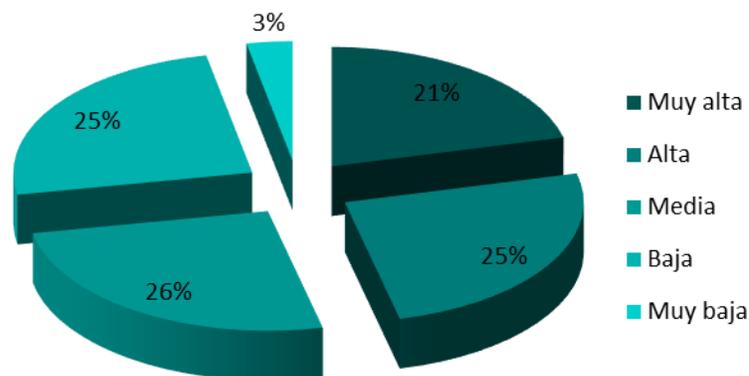
En la **Tabla 4.18**, se observa que en términos generales, no existe una categoría de amenaza que predomine notablemente en el municipio, es decir, que no existe una amenaza considerable por estos factores en el municipio, ya que las 5 categorías se distribuyen de manera equitativa en el municipio. En la **Figura 4.26**, se observa que la categoría de amenaza “muy alta”, ocupa el 13,6% del territorio municipal, es decir 2.659,81 ha, mientras que la categoría de amenaza “alta”, ocupa el 21,8% correspondiente a 4.260,37 ha, que en conjunto conforman el 35,4% del municipio.

Tabla 4.18. Categorización de amenaza total por factores climáticos.

Categoría	Área (Ha)	Área (%)
Muy Alto	2.659,81	13,6
Alto	4.260,37	21,8
Medio	4.363,52	22,4
Bajo	4.232,92	21,7
Muy Bajo	3.986,06	20,4
Total	19.502,68	100,0

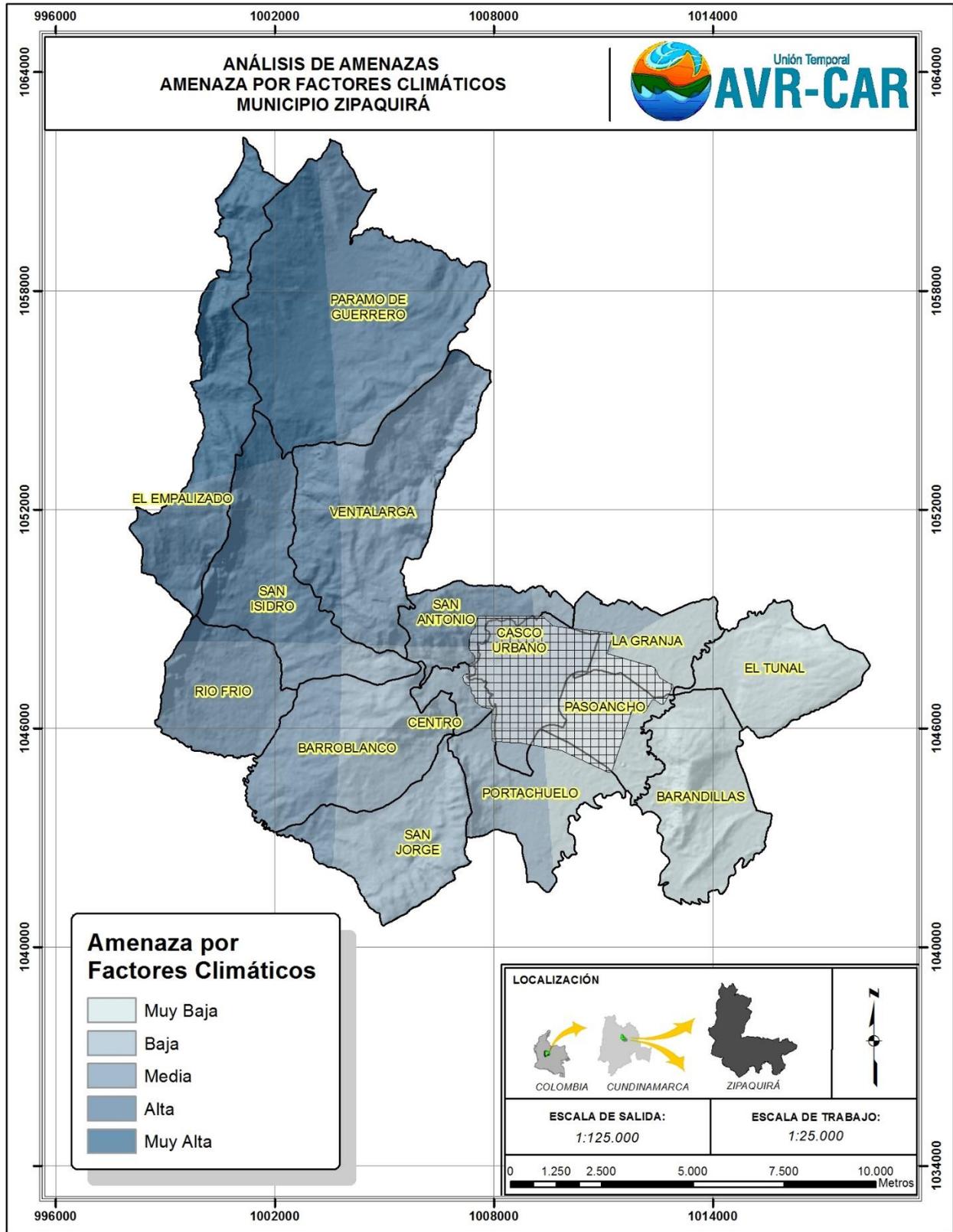
Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

Figura 4.26. Porcentaje de amenaza por factores climáticos en el municipio Zipaquirá



Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

Figura 4.27. Mapa de calificación de amenaza por factores climáticos.



Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

4.3 FACTOR DE RELIEVE

La importancia de considerar los aspectos topográficos y de relieve del terreno para el análisis de amenaza por incendios forestales, radica en el papel determinante que adquiere la pendiente en la definición del comportamiento del fuego. Un claro ejemplo sucede con la vegetación situada más arriba de las llamas ya que se va secando por el calor y aumentando progresivamente su capacidad para empezar arder. También, los terrenos de alta pendiente favorecen la continuidad vertical y por ende la aparición de vientos aumentando la velocidad de propagación del incendio.

La pendiente es el elemento más importante para la planeación del control dado que las labores dependen en gran forma y aumentan su peligrosidad según el porcentaje de pendiente.

Este análisis se realizó con base en el mapa de curvas de nivel del área de estudio, a partir del cual se generó un modelo digital del terreno para conocer las pendientes en porcentaje las cuales se clasifican y califican como se muestra en la **Tabla 4.19**.

Tabla 4.19. Calificación de amenaza por pendiente.

Rangos de amenaza por pendiente (%)	Categoría	Calificación
0 – 7	Muy baja	1
7,1 – 12	Baja	2
12,1 – 25	Media	3
25,1 – 75	Alta	4
> 75	Muy alta	5

Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

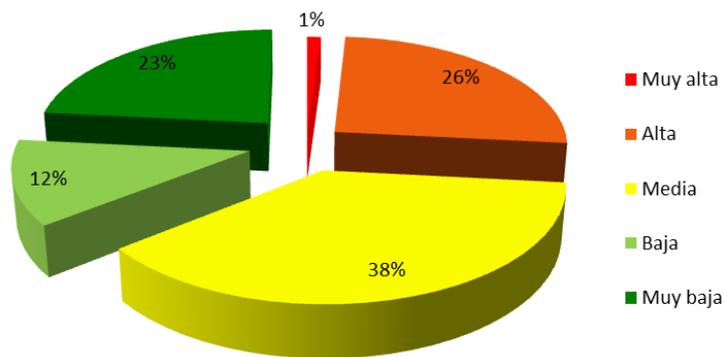
En la **Tabla 4.20**, se observa que en la categorización de la amenaza por pendientes, la categoría “media” es la que predomina, ocupando el 37,8% del municipio, exactamente 7.366,49 Ha. Las categorías altas de amenaza por este factor, ocupan el 26,6% del área total del municipio, es decir 5.193,21 Ha. En la **Figura 4.28**, se observan de manera gráfica dichos resultados.

Tabla 4.20. Resultados de la categorización de amenaza por pendientes.

Categoría	Área (ha)	Área (%)
Muy alta	211,11	1,1
Alta	4.982,10	25,5
Media	7.366,49	37,8
Baja	2.381,69	12,2
Muy baja	4.561,28	23,4
Total	19.502,68	100,0

Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

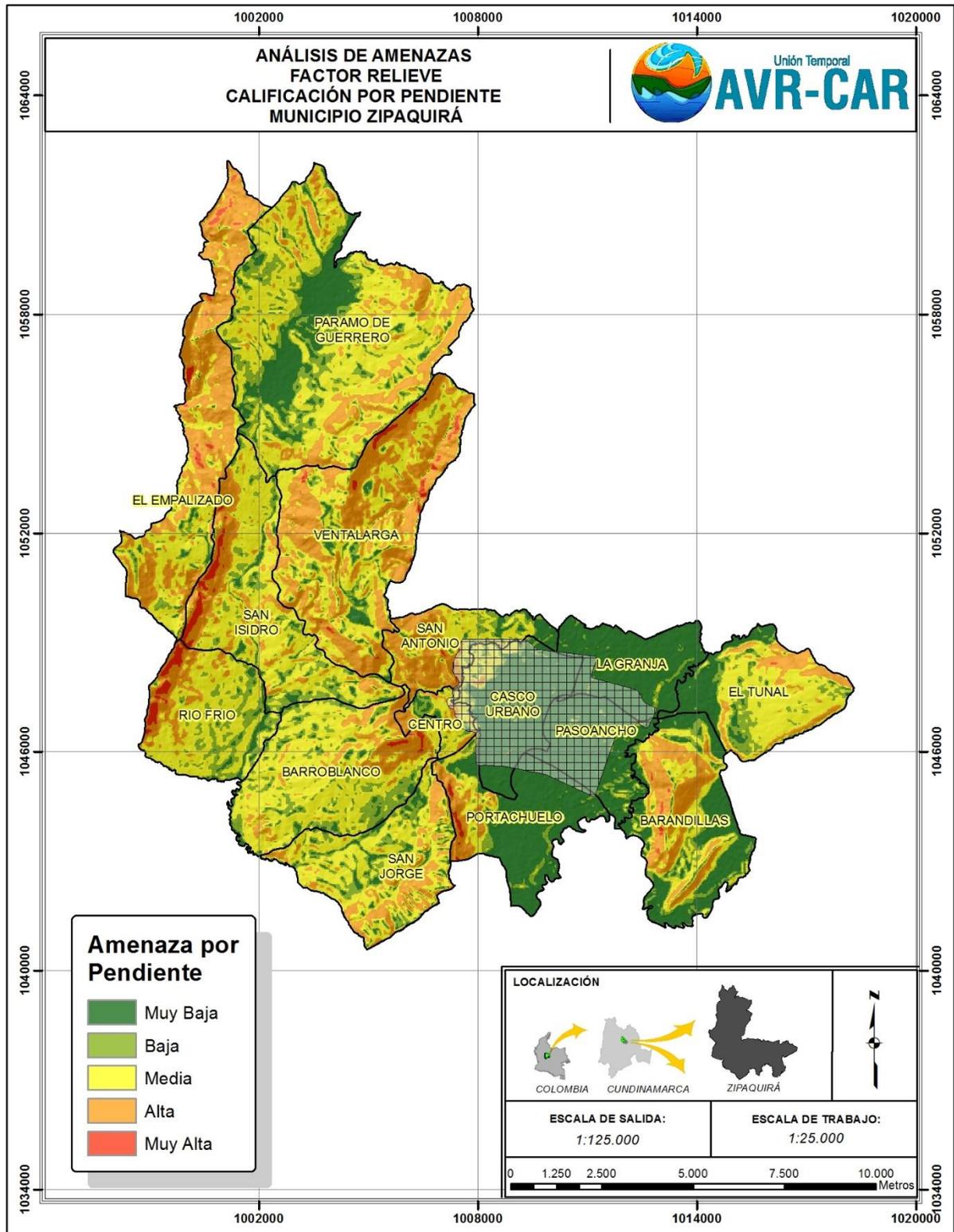
Figura 4.28. Porcentaje de amenaza por pendientes en el municipio.



Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

A partir de la categorización se generó el mapa de amenaza por pendientes que se observa en la Figura 4.29.

Figura 4.29. Mapa de amenaza por pendientes



Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

4.4 FACTOR HISTÓRICO

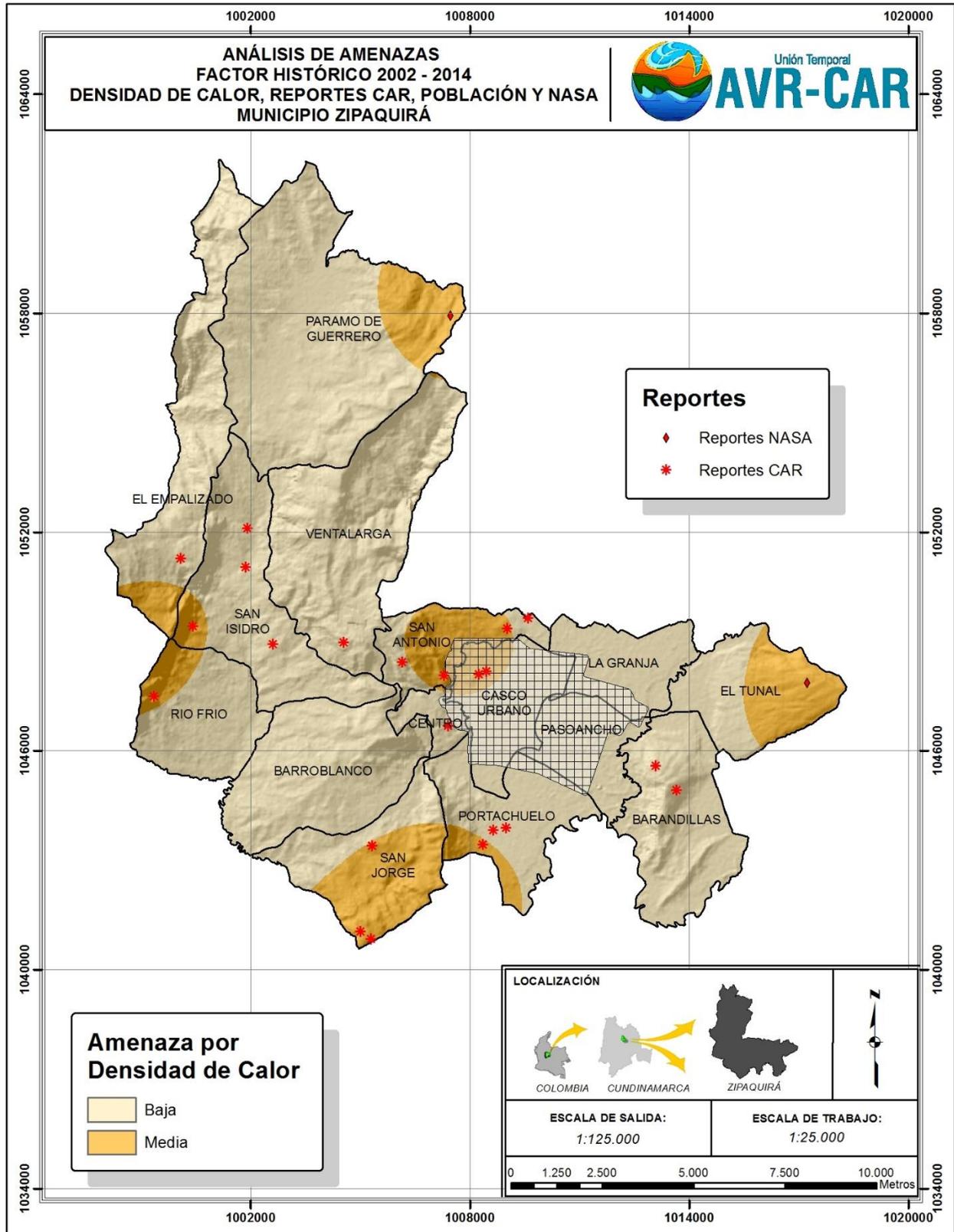
La información concerniente a las estadísticas históricas sobre incendios ocurridos siempre resulta ser de difícil análisis debido al poco control y reporte que existe de las mismas. Pese a esto, la información entregada por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR, 2015), indica que entre 2002 y 2014 se presentaron eventos de conato y/o incendio forestal en las veredas El Empalizado, San Isidro, Venta Larga, Rio Frio, San Antonio, El Centro, Casco Urbano, San Jorge, Portachuelo y Barandillas.

Otra forma de contar con información que represente la ocurrencia de incendios es a través de la información disponible en la WEB (FIRMS. Fire Information for Resource Management System (<https://earthdata.nasa.gov/data/near-real-time-data/firms>), en la cual se pueden encontrar los reportes de **Puntos de Calor** por fecha y hora del evento, que mediante un análisis sencillo de frecuencia cruzado con la superficie de interés, permite determinar las áreas con mayor frecuencia de eventos. Esta información fue descargada para el departamento de Cundinamarca para un periodo desde enero de 2000 y mayo de 2014, en el cual la mayor densidad de puntos se obtuvo para las veredas Páramo de Guerrero, San Antonio y El Tunal.

Los reportes de incendios obtenidos de la base de datos de la CAR y la densidad de puntos de calor se presentan en la **Figura 4.30**, información que resulta congruente con el análisis de susceptibilidad de las coberturas vegetales dado que en el municipio domina la alta susceptibilidad por la presencia de extensas áreas dedicadas a la ganadería extensiva y cultivos de clima frío, áreas que por tipo, duración y carga de combustible son altamente susceptibles a las cuales se suman áreas considerables de vegetación de páramo, sub-páramo y rastrojos y arbustales que resultan ser las coberturas mayor afectadas por incendios.

El análisis de frecuencia para factor histórico para su inclusión en la determinación de la amenaza no se refleja dado que la organización de los datos imposibilita dicha acción, por tal razón este será considerado como elemento de verificación para los resultados de la evaluación de la amenaza y la determinación y zonificación del riesgo.

Figura 4.30. Factor histórico, reportes de incendios CAR, NASA y comunidad (Zipaquirá – Cundinamarca).



Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

4.5 FACTOR DE ACCESIBILIDAD

Este análisis hace referencia a la densidad vial y a la probabilidad de que la población pueda llegar a áreas forestales y generar focos de incendio (MAVDT & CONIF, 2008), por tal razón es considerada como un factor dentro de la amenaza. Su análisis parte del mapa vial y de la generación de tres zonas buffer para todas las vías del municipio; según el IDEAM (2011), la calificación a las categorías de amenaza representa el mayor o menor efecto que tiene la posibilidad de acceso y se propone un buffer de 500m a escalas 1:100.000 que para efectos del presente estudio se redujo proporcionalmente a la escala de trabajo (1:25.000) a 125 m como se muestra en la **Tabla 4.21**.

Tabla 4.21. Calificación de amenaza por accesibilidad.

Rangos de amenaza por accesibilidad (Buffer -m-)	Categoría	Calificación
>375	Sin amenaza	1
250,1 – 375	Baja	2
125,1 – 250	Media	3
< 125	Alta	4

Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

En la **Tabla 4.22**, se observa que existe una alta amenaza a incendios en el 55,6% de su territorio, es decir en 10.840,7+3 Ha. Esta área de alta amenaza, se observa en la región del páramo de Guerrero, como en la vereda Barroblanco.

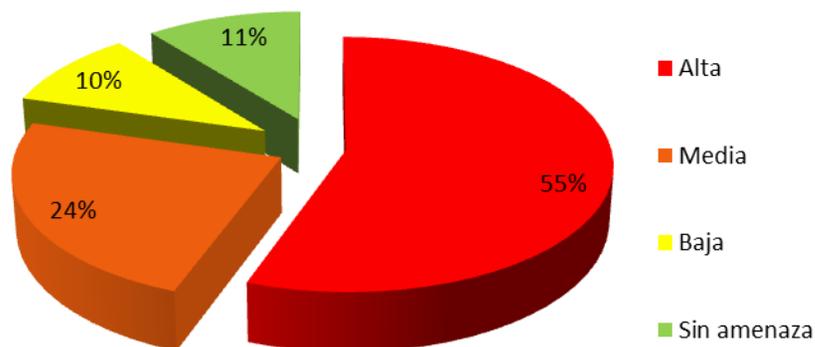
Tabla 4.22. Resultados de la categorización de amenaza por accesibilidad.

Categoría	Area (ha)	Area (%)
Alta	10.840,73	55,6
Media	4.654,69	23,9
Baja	1.920,58	9,8
Sin amenaza	2.086,68	10,7
Total	19.502,68	100,0

Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

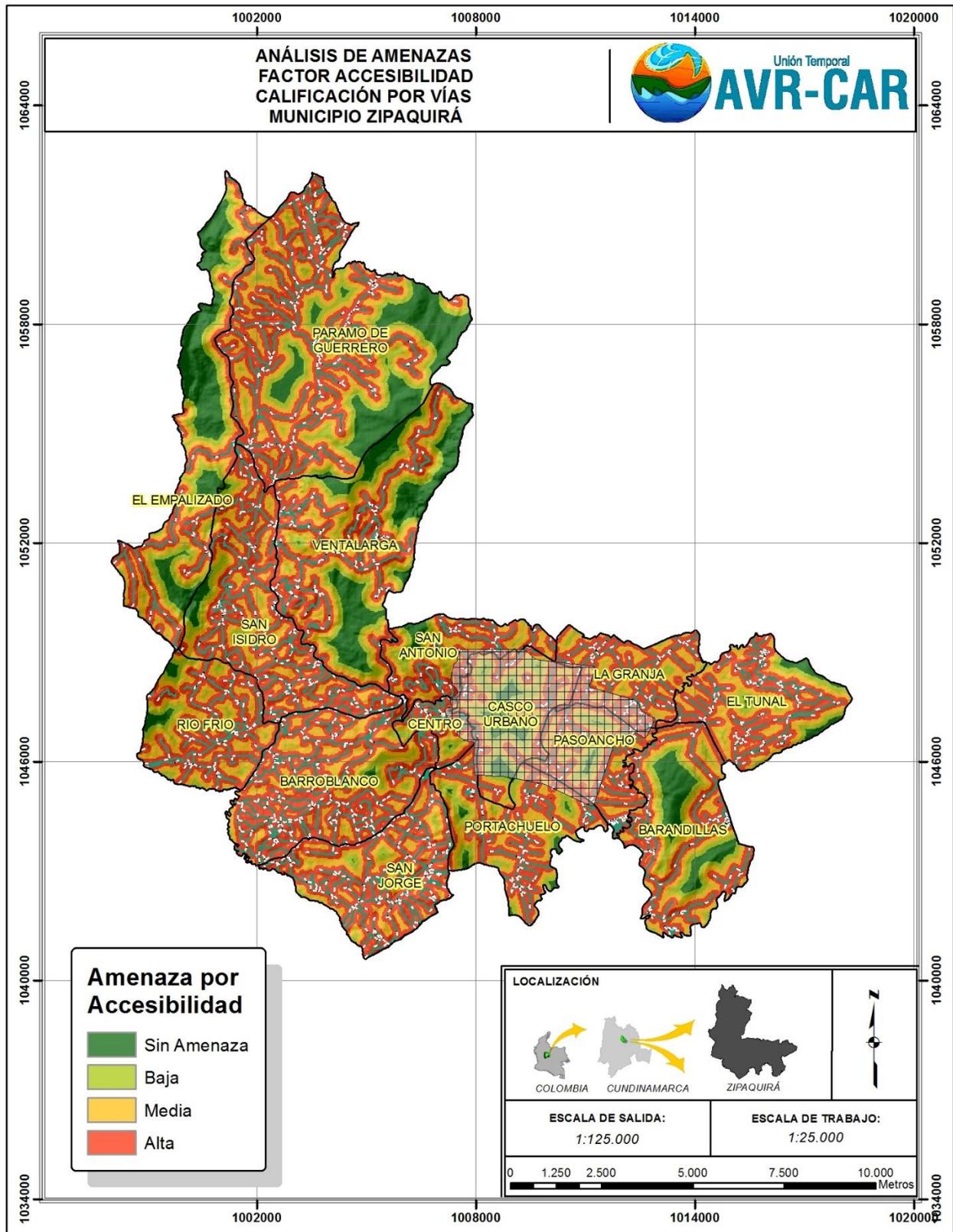
De manera gráfica, se puede observar como sobresale notoriamente la categoría de amenaza “alta” en la **Figura 4.31**. Al realizar el análisis, siguiendo la metodología anteriormente mencionada, en conjunto con el mapa de amenaza por accesibilidad generado, el cual puede apreciarse en la **Figura 4.32**, se afirma que la amenaza por accesibilidad en el municipio, en términos generales, es alta, lo que indica que la densidad vial en el municipio es alta, lo que facilita el acceso de personas a coberturas vegetales, donde posteriormente puede provocar incendios, ya sea mediante prácticas domésticas, como quema de basuras, quema de pastos, entre otros. Esta alta amenaza por este factor, refleja la necesidad del municipio de adoptar planes de concientización para la gente, de modo que se eviten grandes pérdidas económicas en el municipio.

Figura 4.31. Porcentaje de amenaza por accesibilidad en el municipio.



Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

Figura 4.32. Mapa de amenaza por accesibilidad.



Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

4.6 MAPA DE AMENAZA POR INCENDIOS FORESTALES

Para efectos del presente estudio la fórmula presentada por el IDEAM (2011), fue modificada para garantizar la inclusión del 100% de los elementos definidos como los factores que componen la amenaza, así, se reestructuraron los valores de ponderación, que dada la importancia del material combustible este adquiere el mayor valor de seguido por las condiciones climáticas y el factor de accesibilidad que hace referencia al componente de causalidad más importante.

De esta forma se realizó la consulta a partir de la cual se obtuvieron los factores de multiplicación y la fórmula que se describe a continuación.

$$A = (0,3)Sc + (0,25)Fc + (0,2)Fr + (0,25)Ac$$

Donde

A: Amenaza total

Sc: Susceptibilidad de la vegetación

Fc: Factores climáticos

Fr: Factor relieve

Ac: Accesibilidad

Tabla 4.23. Calificación de la amenaza total por incendios forestales.

Rangos de amenaza total	Categoría	Calificación
1.0 – 1.75	Muy baja	1
1.76 – 2.5	Baja	2
2.51 – 3.25	Media	3
3.26 – 4.0	Alta	4
4.1 – 4.75	Muy alta	5

Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

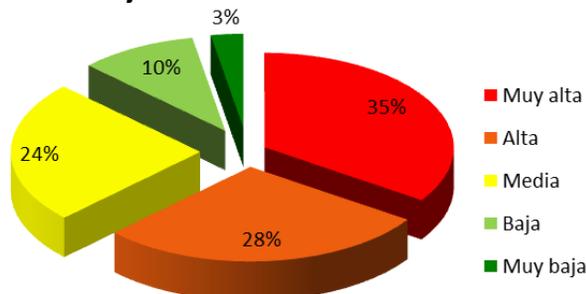
En la **Tabla 4.24** se observa, que en el municipio, predomina la categoría “muy alta”, la cual ocupa el 34,4% del municipio, correspondiente a 6.716,37 ha. En segundo lugar, se encuentra la categoría de amenaza “alta”, ocupando un 28,3% del municipio, correspondiente a 5.517,42 ha. Se puede afirmar que el 62,7% del municipio, correspondiente a 12.233,79 ha, tiene una amenaza alta a los incendios, por los factores ya mencionados anteriormente (**Figura 4.33**).

Tabla 4.24. Resultados de la categorización por amenaza total ante incendios forestales.

Categoría	Área (ha)	Área (%)
Muy alta	6.716,37	34,4
Alta	5.517,42	28,3
Media	4.764,09	24,4
Baja	1.961,98	10,1
Muy baja	542,82	2,8
Total	19.502,68	100,0

Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

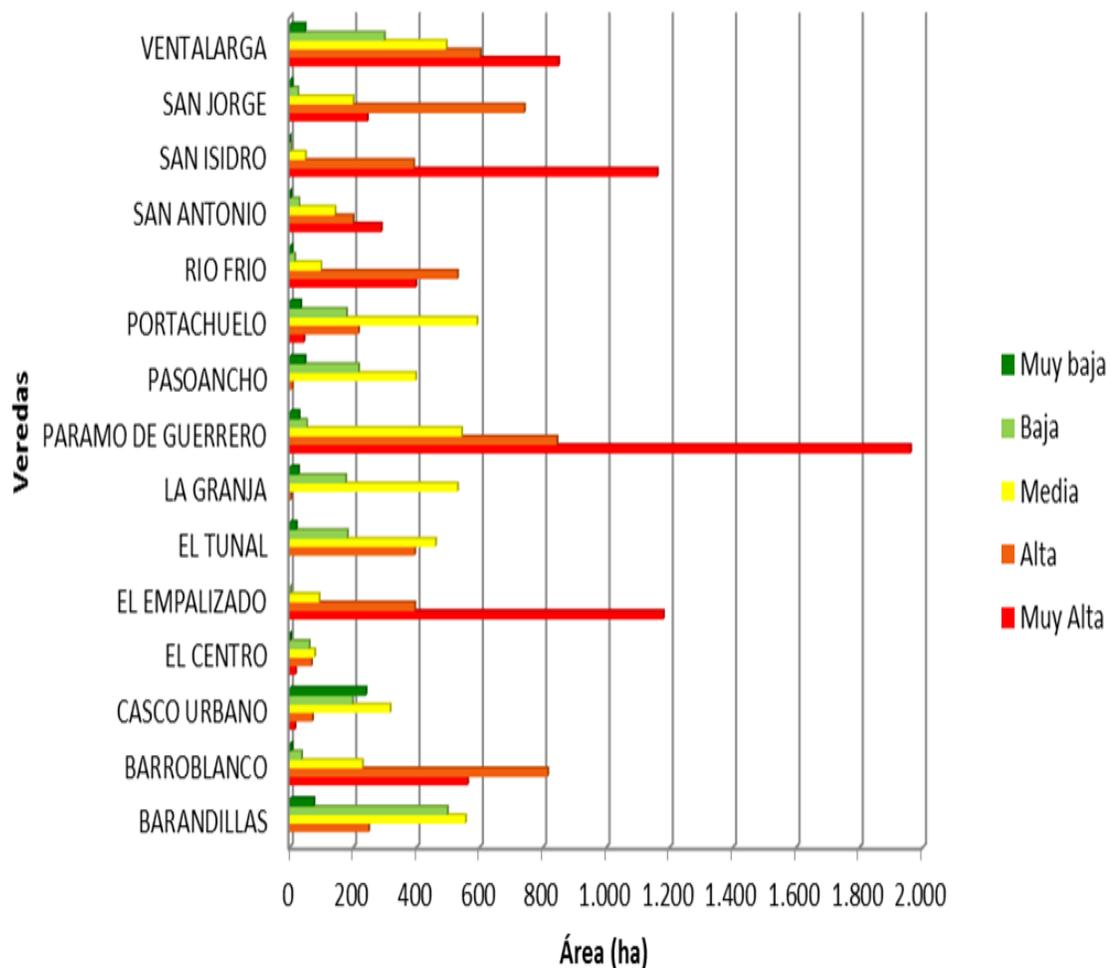
Figura 4.33. Porcentaje de amenaza total ante incendios en el municipio.



Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

En la **Figura 4.34** se presenta la categorización de la amenaza total a incendios en cada vereda del municipio, figura importante ya que permite identificar las veredas donde se debe priorizar los programas de prevención y contingencia ante los incendios forestales. En esta figura, se observa como la región del Páramo de Guerrero, sobresale ante las demás veredas. En esta región, existen 1.960 Ha en categoría de amenaza “muy alta”, lo que significa el 10,1% del área total del municipio. Esta región, también obtuvo los valores más altos de susceptibilidad a incendios por las características de la vegetación, lo que va reflejando poco a poco, la fragilidad de esta región, ante los incendios forestales, sin tener en cuenta aun la vulnerabilidad ecológica, que seguramente será muy alta en caso de ocurrir un incendio. Otras veredas como San Isidro y El Empalizado, son veredas que deberían priorizarse también en la prevención a incendios por factores climáticos, de pendientes, accesibilidad y reportes históricos, ya que en cada vereda, existen más de 1.000 Ha en categoría de amenaza “muy alta”.

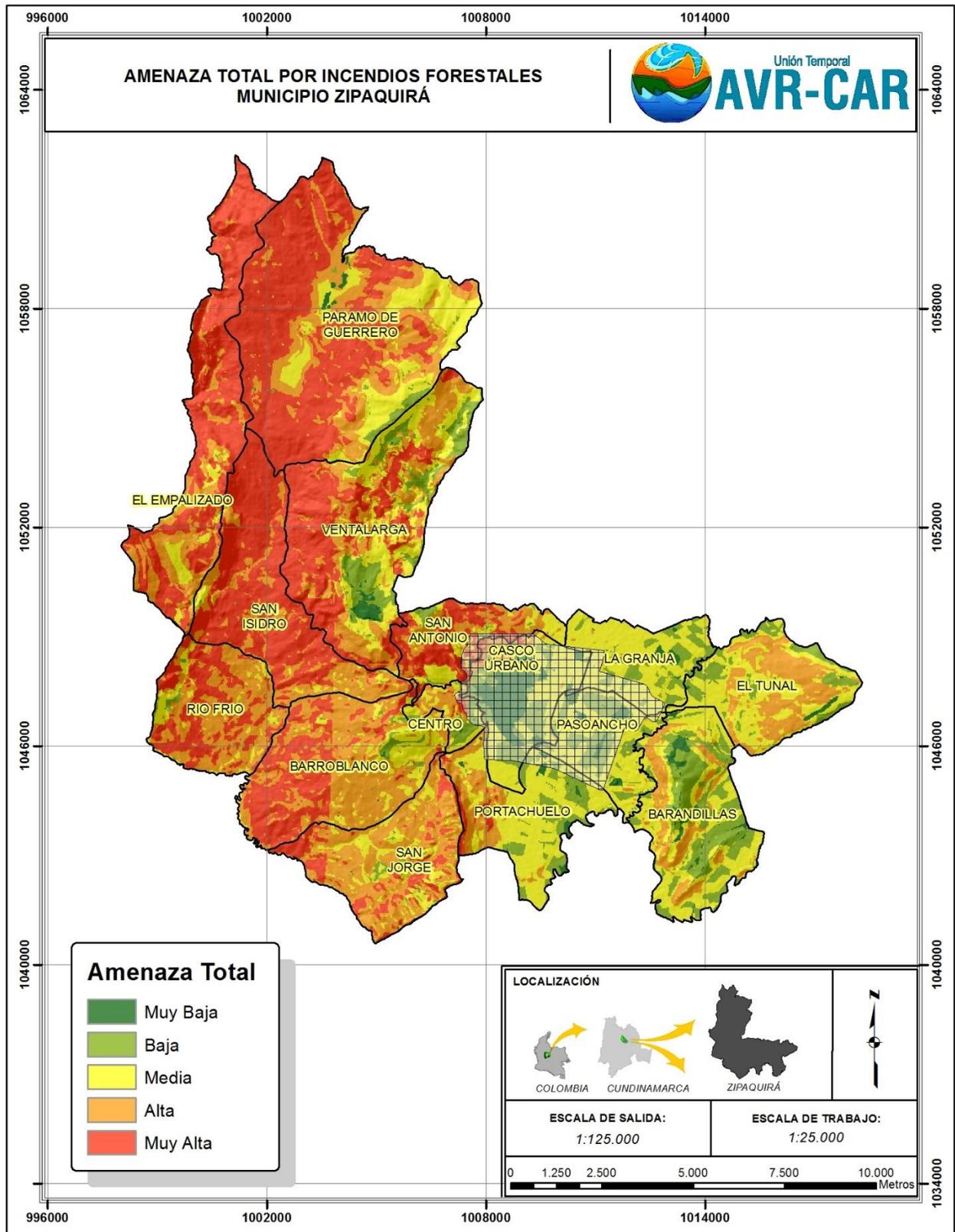
Figura 4.34. Áreas según categorías de amenaza total de las coberturas vegetales ante incendios forestales.



Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

A partir de la multiplicación ponderada de las variables mencionadas anteriormente, como son la susceptibilidad, clima, relieve y accesibilidad, se generó el mapade amenaza total por incendios forestales, en el municipio de Zipaquirá, el cual se puede observar en la **Figura 4.35**.

Figura 4.35. Mapa de amenaza total por incendios forestales.

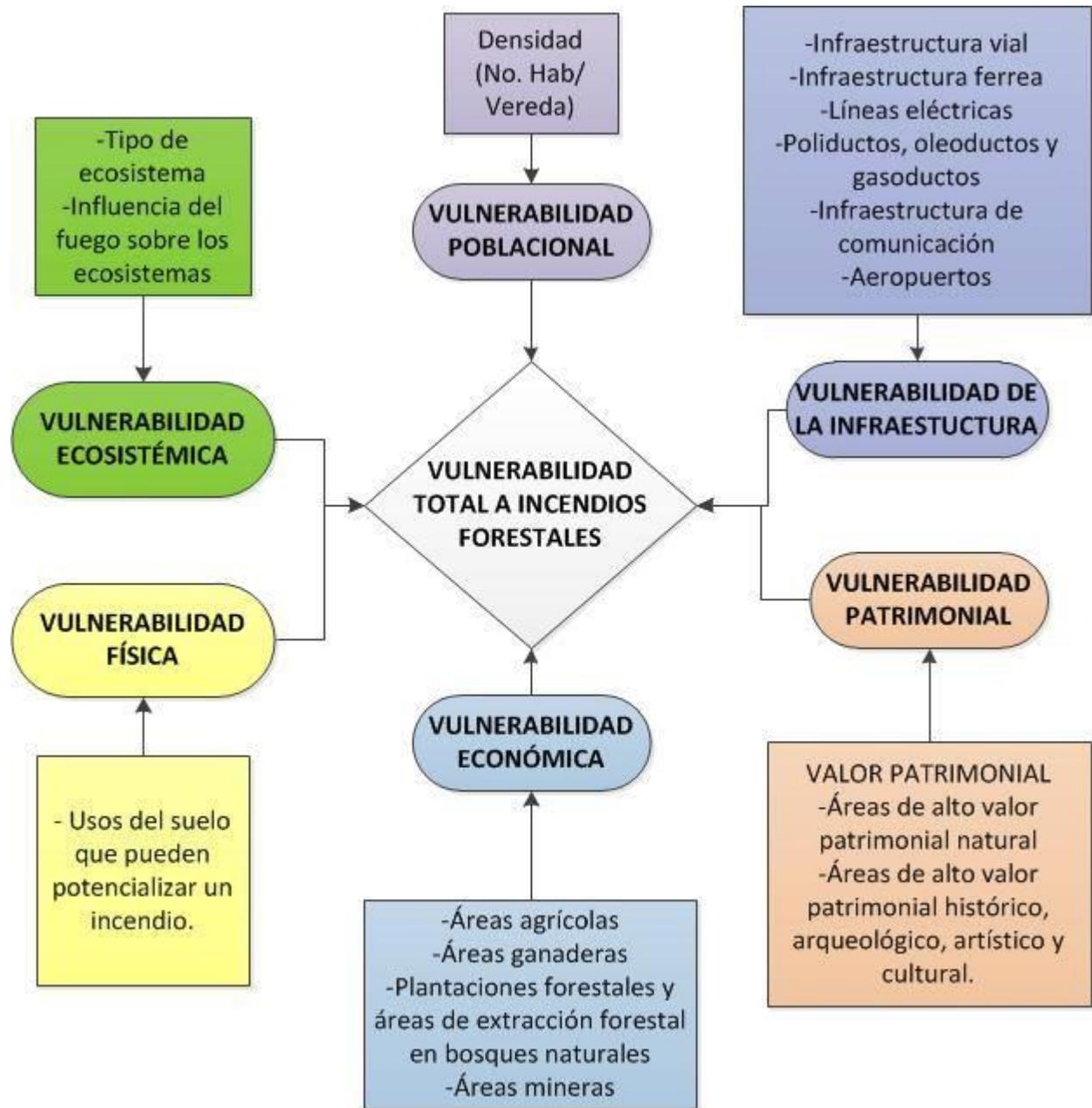


Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

5 EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD

El análisis cuantitativo de las consecuencias generadas por un incendio forestal está en función de los elementos vulnerables expuestos: la vida y la seguridad de las personas, los valores de protección de infraestructuras, instalaciones y zonas habitadas, el valor económico de los sistemas forestales y el patrimonio histórico, natural y artístico. Considerando la presencia o no, de estos elementos en área del municipio, se estableció el análisis de vulnerabilidad en función a los componentes que se muestran en la **Figura 5.1**.

Figura 5.1. Elementos para evaluar la vulnerabilidad



Fuente: Adaptado IDEAM, 2011.

5.1 VULNERABILIDAD POBLACIONAL

En busca de analizar cuál es la población expuesta a sufrir algún tipo de efecto durante un incendio forestal, se revisó la cantidad de población concentrada, la cual, evaluada a través de la densidad poblacional generó un mapa de densidad poblacional para conocer la vulnerabilidad de la población.

El mapa de vulnerabilidad poblacional se procesó mediante la normalización, categorización y calificación de los datos resultantes para así obtener la información espacial de la población vulnerable. A partir de los valores normalizados del número de habitantes por veredas se calcularon los rangos y calificaron las categorías, según lo establecido en la **Tabla 5.1**.

Tabla 5.1. Calificación de vulnerabilidad poblacional.

Rangos de Población (No. de habitantes / vereda) Valor normalizado	Categoría	Calificación
0 – 0,19	Muy baja	1
0,2 -0,39	Baja	2
0,40 – 0,59	Media	3
0,60 – 0,79	Alta	4
0,80 – 1	Muy alta	5

Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

En la **Tabla 5.2**, se aprecia que la categoría que predomina en el municipio, en relación a la vulnerabilidad poblacional, es la categoría “media”, la cual ocupa el 37,3% del municipio, correspondientes, a 7.275,95 Ha. Sin embargo, otras categorías como la categoría de vulnerabilidad “baja” que ocupa el 32,28% (6.294,77 Ha) y la categoría “muy baja”, que ocupa el 29,28% (5.709,31 Ha), son áreas significativas.

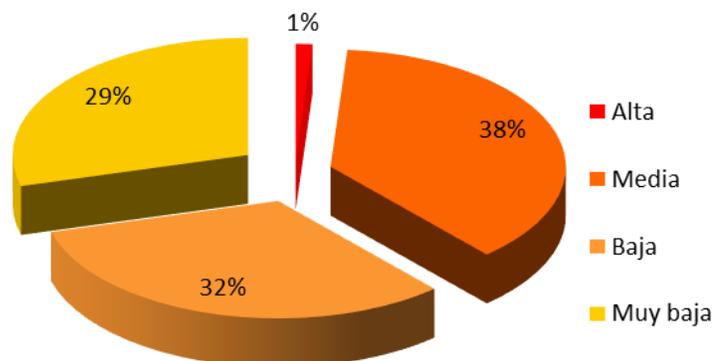
Tabla 5.2. Resultados de la categorización vulnerabilidad poblacional.

Categoría	Área (Ha)	Área (%)
Muy baja	5.709,31	29,28
Baja	6.294,77	32,28
Media	7.275,95	37,30
Alta	222,65	1,15
Total	19.502,68	100

Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

En la **Figura 5.2**, se puede apreciar la distribución porcentual de la vulnerabilidad poblacional a incendios, en el municipio de Zipaquirá. En esta figura, se observa que esta vulnerabilidad, se distribuye prácticamente en solo 3 categorías, que son “muy baja”, “baja” y “media”, relegando a la categoría preocupante, que es la “alta”, a solo el 1,15% de la extensión del municipio, correspondientes a tan solo 223,38 ha.

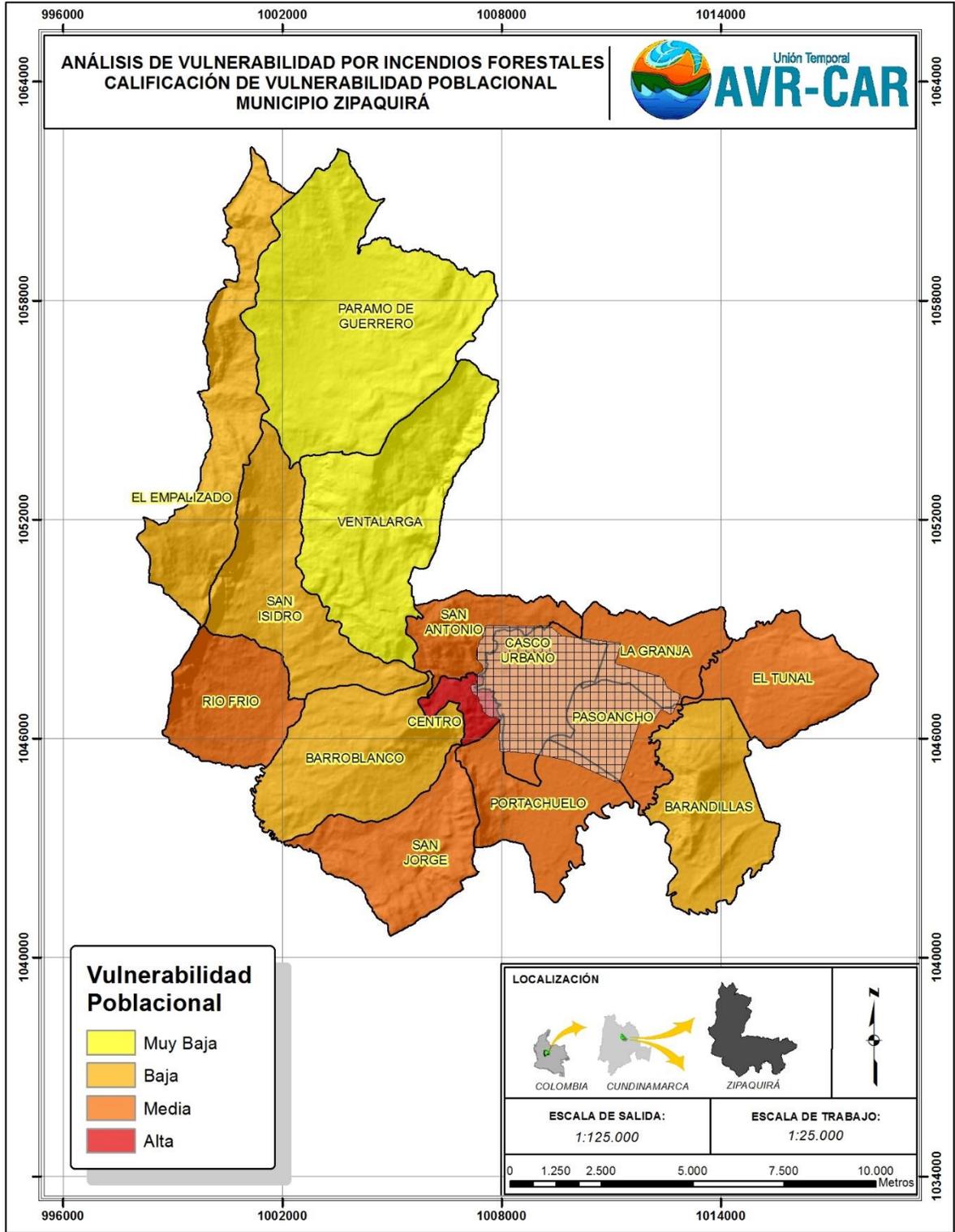
Figura 5.2. Porcentaje de vulnerabilidad según la población por vereda.



Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

A partir de la categorización se generó el mapa de vulnerabilidad de la población ante incendios forestales que se observa en la **Figura 5.3.**

Figura 5.3. . Mapa de vulnerabilidad poblacional incendios forestales.



Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

5.2 VULNERABILIDAD FÍSICA

Evaluada a partir de los usos del suelo que pueden potencializar un incendio, se categorizaron y clasificaron aquellos usos que hacen más o menos vulnerable el territorio considerando la opinión de expertos y conocedores de la región. Bajo este contexto y considerando aquellas coberturas que dada su naturaleza incluyen procesos de quemados para la preparación, instalación, manejo y/o mantenimiento de los terrenos, se identificaron cartográficamente las coberturas asociadas a esta práctica y que por ende tienen una alta vulnerabilidad física.

Tabla 5.3. Calificación de vulnerabilidad física.

Práctica de quemados	Categoría	Calificación
Nulo	Muy baja	1
Poco Frecuente	Baja	2
Medianamente frecuente	Media	3
Frecuente	Alta	4
Muy frecuente	Muy alta	5

Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

En la **Tabla 5.4**, se observa la categorización de la vulnerabilidad física en el municipio. En esta tabla, se observa claramente, que la categoría “muy alta” es la que ocupa una mayor área en el municipio. Del total de la extensión del municipio, el 68%, es decir 13.265,73 Ha, tienen una vulnerabilidad física “muy alta”. Es decir, en este porcentaje de cobertura vegetal del municipio, las actividades de quema, para el control de vegetación y expansión de frontera agrícola y ganadera, es muy frecuente, por tanto, el riesgo de las coberturas vegetales a sufrir ante posibles incendios.

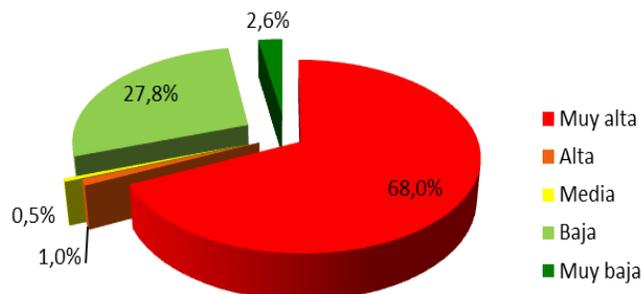
Tabla 5.4. Resultados de la categorización vulnerabilidad física en las coberturas vegetales.

Categoría	Área (ha)	Área (%)
Muy alta	13.265,73	68,0
Alta	199,81	1,0
Media	103,60	0,5
Baja	5.420,02	27,8
Muy baja	513,52	2,6
Total	19.502,68	100,0

Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

Continuando con la metodología propuesta, en la **Figura 5.4**, se observa claramente, como sobresale la categoría “muy alta” de vulnerabilidad ante las demás categorías. Esta tendencia era de esperar, conociendo la vegetación relacionada con las actividades agrícolas y ganaderas existentes en el municipio. La práctica tradicional y rústica, de los quemados, con el fin de expandir la frontera agrícola y ganadera, genera un riesgo potencial a la producción de incendios, por lo que se debe concientizar a estas personas, y capacitar, ofreciéndoles otro tipo de control de vegetación, ya sea manual o mecánica, e inclusive ofrecer un cambio en la actividad económica, la cual se guíe según la vocación de los suelos, pudiendo ser forestal, dependiendo a las características del terreno.

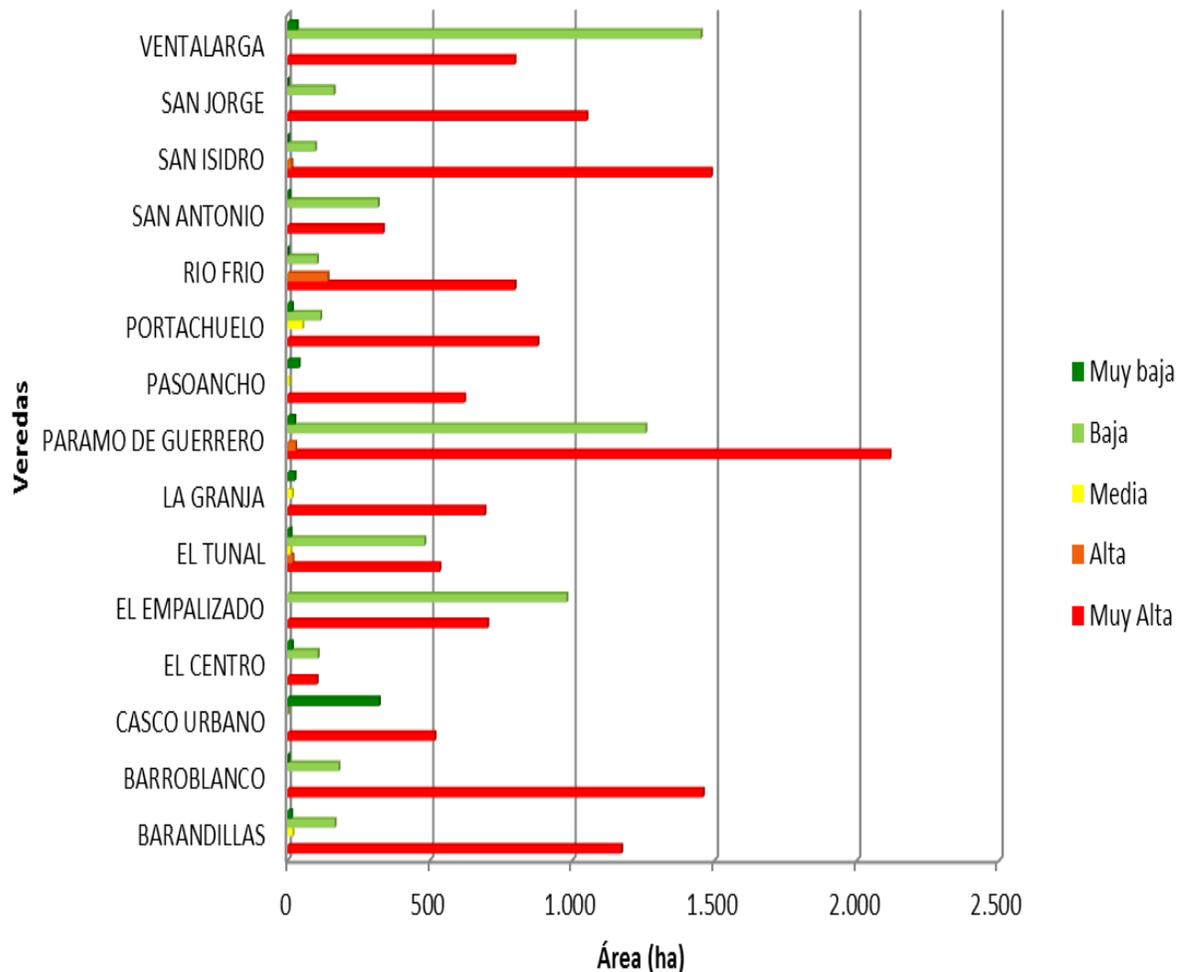
Figura 5.4. Porcentaje de vulnerabilidad física ante incendios forestales de las coberturas vegetales.



Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

En la **Figura 5.5**, se observa la categorización de la vulnerabilidad física en las veredas de Zipaquirá. Inicialmente, se observa que solo existen dos colores por así decirlo, verde claro, de categoría “baja” y rojo oscuro, de categoría “muy alta”. Esta vulnerabilidad baja corresponde a bosques secundarios, rastrojos, bosques naturales, plantados, de galería, ripario, entre otros; es decir, en términos generales, a cobertura de alto porte, de hábito arbóreo, y de origen natural (no plantado), lo cual, seguramente, no puede eliminarse mediante quemas. La vereda, o la región con mayor área de vulnerabilidad física alta, es la región del Páramo de Guerrero presente en el municipio, donde 2.115,7 Ha, que son el 10,8% del municipio, están en esta categoría “muy alta” de vulnerabilidad física. Es decir, que probablemente, los habitantes de esta región, estén eliminando y destruyendo la vegetación nativa, típica de paramo, con el fin de expandir sus cultivos, principalmente de papa y hortalizas.

Figura 5.5. Áreas según categorías de vulnerabilidad física en las veredas.

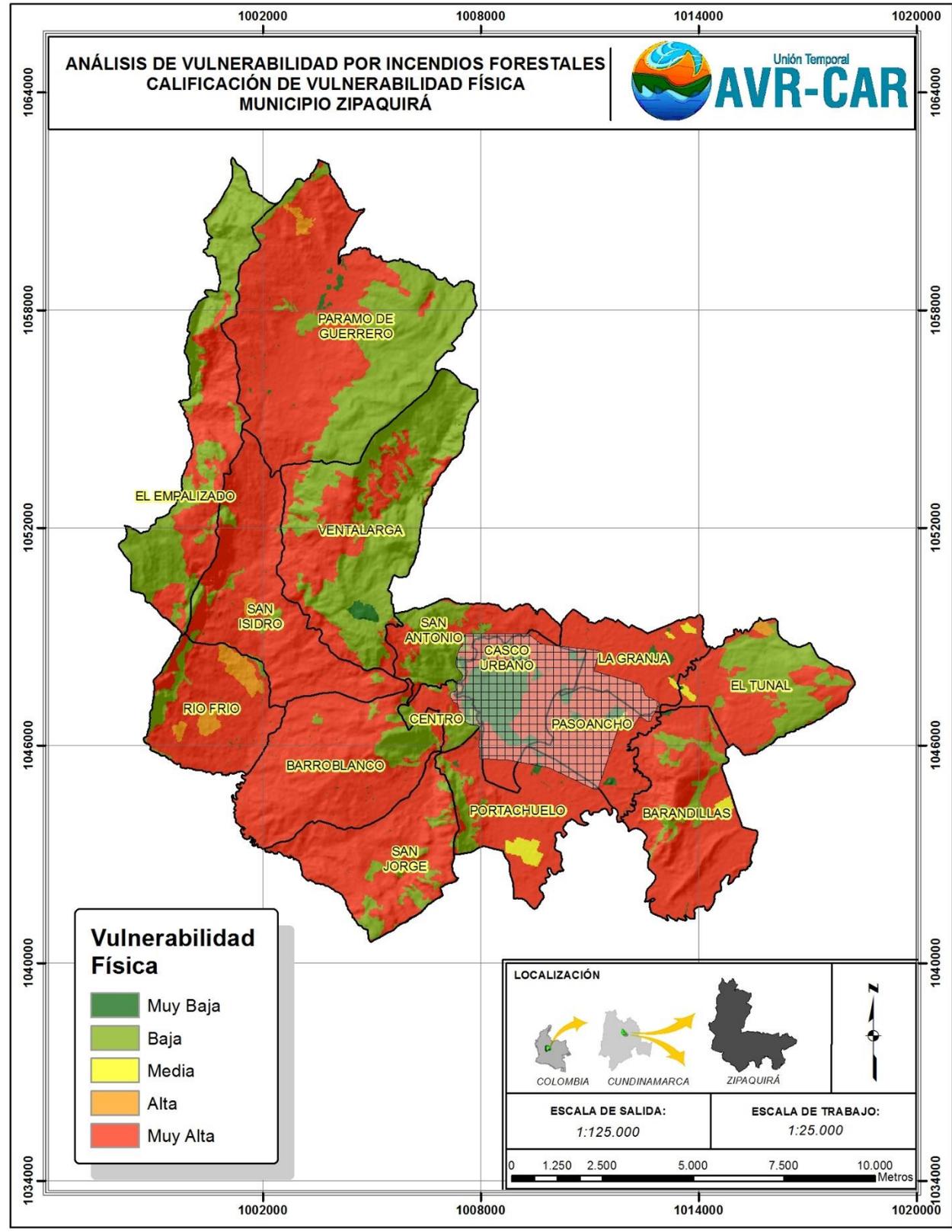


Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

Las veredas de Barroblanco y San Isidro, son las que siguen, con mayor area en esta categoria “muy alta” de vulnerabilidad física, cada una con casi 1.500 Ha en esta categoria. Además, esta categoria es la que ocupa mayor area en cada vereda, a excepcion de Ventalarga y El Empalizado, donde predomina la vulnerabilidad física baja, presumiblemente por las coberturas de bosque secundario y natural presentes en estas veredas.

Al tener como base la categorización de la vulnerabilidad física, se generó el mapa respectivo el cual se puede observar en la **Figura 5.6**.

Figura 5.6. Mapa de vulnerabilidad física ante incendios forestales de las coberturas vegetales.



Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

5.3 VULNERABILIDAD ECOLÓGICA

Evaluada como el grado de afectación que pueden sufrir los distintos tipos de cobertura ante la probabilidad de que se presente un incendio, la vulnerabilidad ecológica se calificó en función a la importancia ecosistémica de los bosques y áreas naturales representados en las diferentes unidades de cobertura presentes en el municipio, la calificación se muestra en la **Tabla 5.5**.

Tabla 5.5. Calificación de vulnerabilidad ecológica.

Importancia ecológica	Categoría	Calificación
Nula	Muy baja	1
Poco significativa	Baja	2
Medianamente significativa	Media	3
Significativa	Alta	4
Muy significativa	Muy alta	5

Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

En la **Tabla 5.6**, se observa la categorización de la vulnerabilidad ecológica en el municipio, donde se observa que la categoría que tiene mayor dominancia en el municipio, es la categoría “baja”, con un 68,5%. Es decir, que en el 68,5% que son 13.354,03 Ha, tienen un poco significancia ambiental. Esto se justifica, debido a las extensas coberturas de cultivos agrícolas y pastos para actividad ganadera, que se han mencionado a lo largo de este informe.

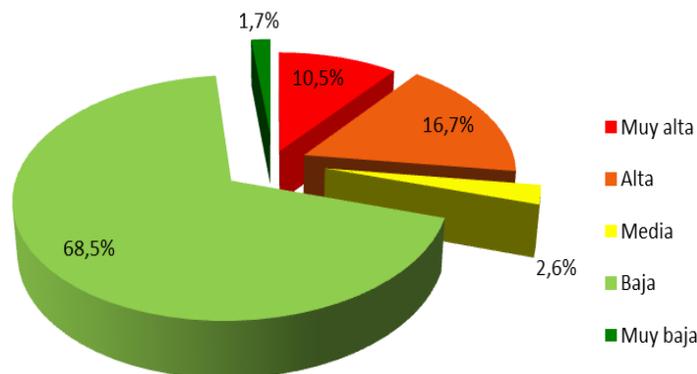
Tabla 5.6. Resultados de la categorización vulnerabilidad ecológica en las coberturas vegetales.

Categoría	Área (ha)	Área (%)
Muy alta	2.043,48	10,5
Alta	3.265,33	16,7
Media	503,02	2,6
Baja	13.354,03	68,5
Muy baja	336,81	1,7
Total	19.502,68	100,0

Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

De manera gráfica, se puede observar en la **Figura 5.7**, la tendencia de la vulnerabilidad ecológica baja en el municipio. Esta categoría está conformada por vegetación de tipo herbácea y de pastos, específicamente pastos naturales, sabanas herbáceas, pastos limpios, enrastrados, arbolados, enmalezados, entre otros. Es cobertura vegetal típica de producción ganadera, ya que son pastos producidos principalmente para brindar como alimento a las reses presentes en la zona. Esta gráfica, permite deducir, que a lo largo del tiempo, se ha degradado considerablemente la vegetación natural nativa del municipio, con el fin de explotar los suelos de la zona, para producción agrícola y pecuaria.

Figura 5.7. Porcentaje de vulnerabilidad ecológica de las coberturas vegetales presentes.



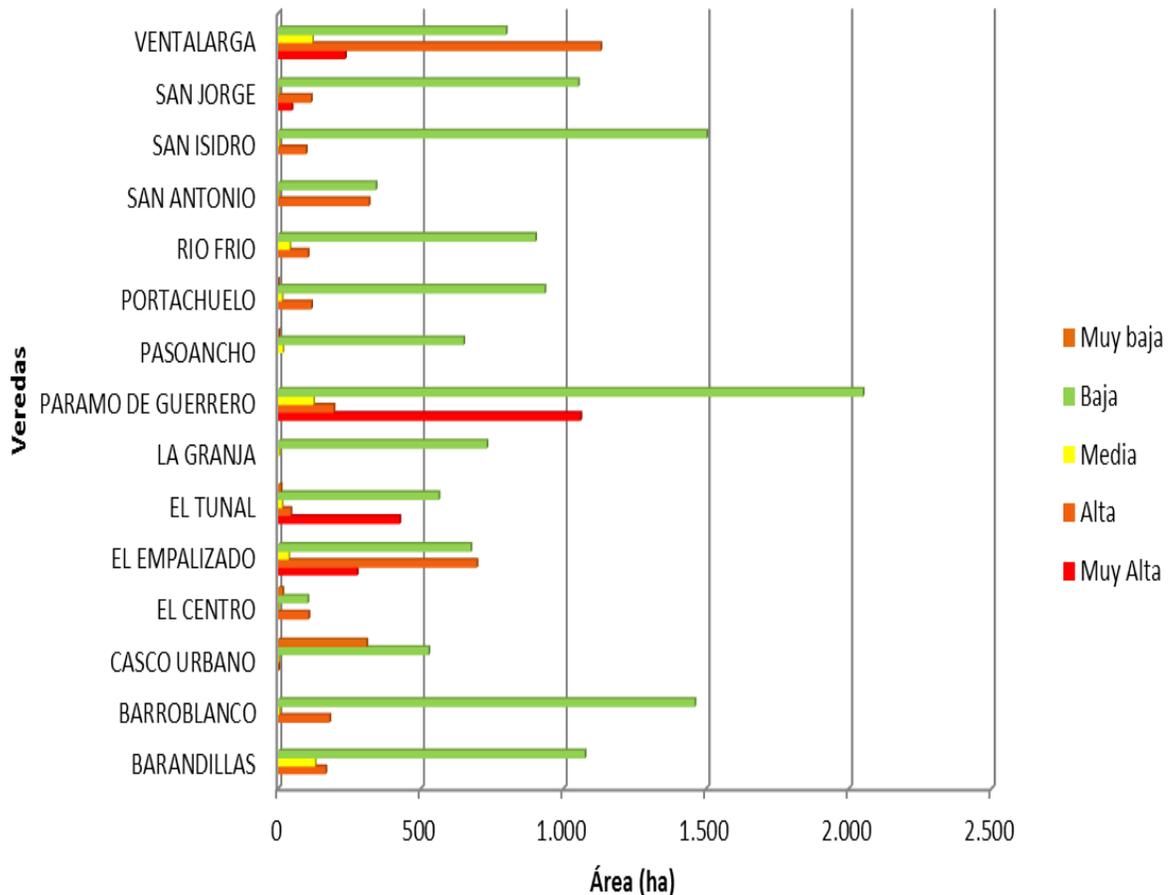
Fuente: UT AVR-CAR, 2014

De igual manera, si se suman las categorías altas, dan como resultado 27,2% del municipio, es decir, 5.308,6 Ha. Casi una tercera parte del municipio tiene una alta vulnerabilidad ecológica ante los incendios, probablemente, es una cobertura vegetal que corresponde a los bosques naturales, de galería, riparios, secundarios y a la vegetación de paramo que todavía se puede observar en el municipio, correspondientes principalmente a la vereda del Páramo de Guerrero existente en el municipio.

Con respecto a la categorización de las veredas por vulnerabilidad ecológica, en la **Figura 5.8**, se observa que en todas las veredas predomina la categoría de vulnerabilidad “baja”, a excepción de la vereda Ventalarga, donde si existe un área considerable en la categoría de vulnerabilidad ecológica “alta”. En esta vereda, 1.129,9 Ha, están en la categoría de vulnerabilidad “alta”, es decir, el 49,5% de la vereda y el 5,8% del municipio. Este valor, se justifica, debido a que en la vereda, existen áreas con bosques plantados, secundarios, y vegetación de paramo, que tienen una alta significancia ambiental, y generarían grandes pérdidas ambientales en caso de verse afectados por un incendio.

De igual manera, aunque en la vereda del Páramo de Guerrero predomina la categoría “baja”, la categoría de vulnerabilidad “muy alta” ocupa un área considerable, siendo esta de 1.059,7 Ha, que corresponden al 5,4% del área total del municipio. En esta región del Páramo de Guerrero, las coberturas que conforman esta vulnerabilidad ecológica alta, son bosque plantado, bosque secundario y vegetación de paramo, que en este lugar, se encargan de la regulación hídrica de los cursos de agua que nacen allí mismo.

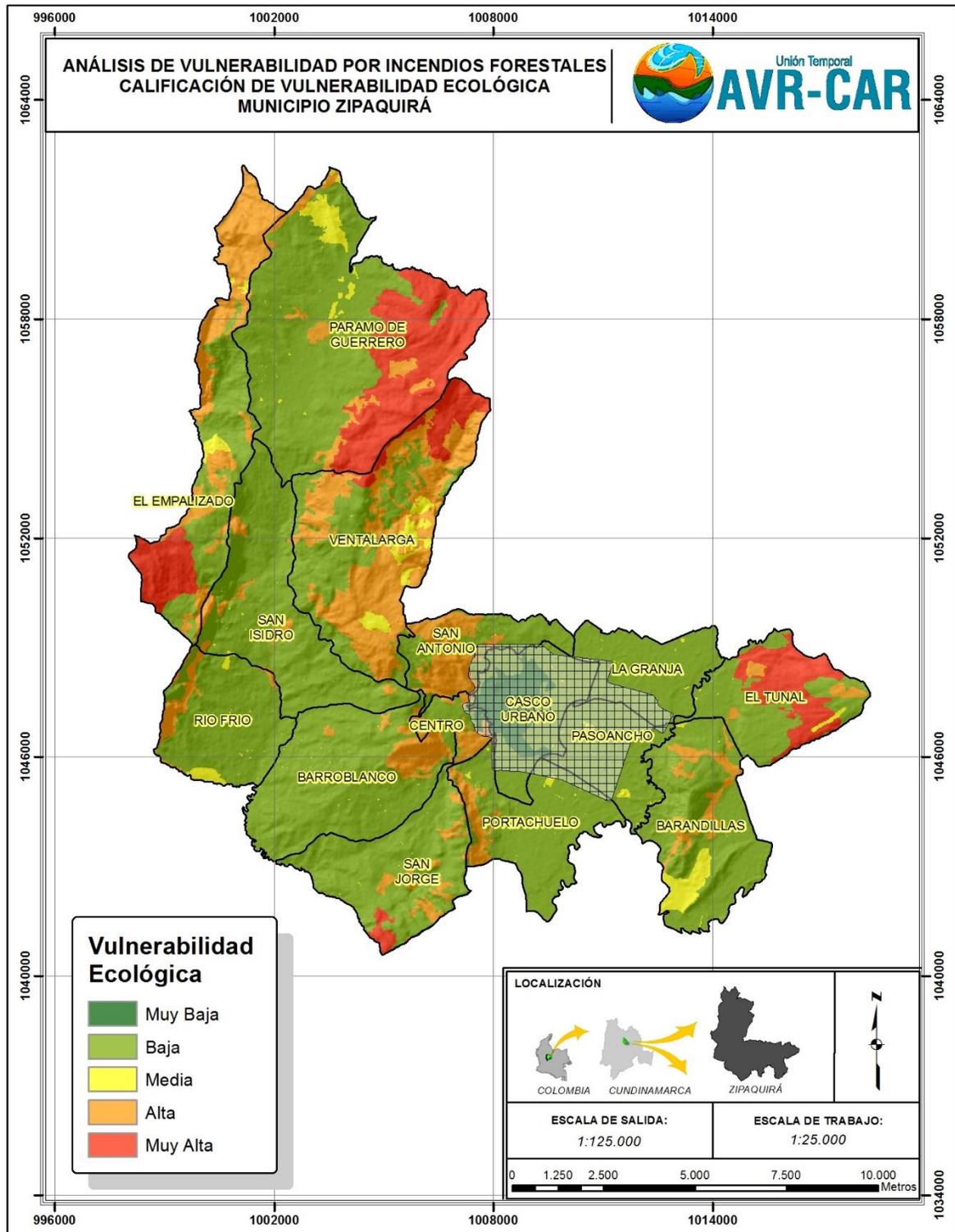
Figura 5.8. Áreas según categorías de vulnerabilidad ecológica en las veredas del municipio Zipaquirá.



Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

A partir de la categorización se generó el mapa de vulnerabilidad ecológica ante incendios forestales que se observa en la **Figura 5.9**.

Figura 5.9. Mapa de vulnerabilidad ecológica ante incendios forestales de las coberturas vegetales.



Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

5.4 VULNERABILIDAD ECONÓMICA

Este análisis consiste en la generación de cartografía a partir del mapa de uso actual de la tierra, el cual se reclasificó con el fin de calificar las áreas de importancia de producción de bienes y servicios que pueden ser afectadas por la incidencia de un incendio forestal, tales como, áreas de producción agrícola, ganadera, forestal, minera, etc.

De acuerdo a lo establecido en la metodología del IDEAM (2011), para la elaboración de mapas de riesgo por incendio forestal, se generaron cinco categorías como se muestra en la **Tabla 5.7.**

Tabla 5.7. Calificación de vulnerabilidad económica.

Importancia económica	Categoría	Calificación
Muy baja producción de bienes y servicios.	Muy baja	1
Baja producción de bienes y servicios.	Baja	2
Moderada producción de bienes y servicios.	Media	3
Alta producción de bienes y servicios.	Alta	4
Muy alta producción de bienes y servicios.	Muy alta	5

Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

En cuanto a la vulnerabilidad económica en el municipio, se puede observar su categorización en la **Tabla 5.8,** donde se observa claramente que las categorías “media” y “alta”, son las que dominan en el municipio, con 7.583,5 Ha (38,9%) y 6.376,55 Ha (32,6%) respectivamente. Esta categoría media, corresponde a coberturas de pastos, que en caso de verse afectados por un incendio, no tomaran mucho tiempo en volver a germinar, y continuar así con la actividad ganadera a la que están destinados. En cambio, sería más difícil y demorado, que una cobertura de cultivos agrícolas que se destruyó por las llamas del fuego, vuelva a surgir, cumpliendo con sus objetivos económicos.

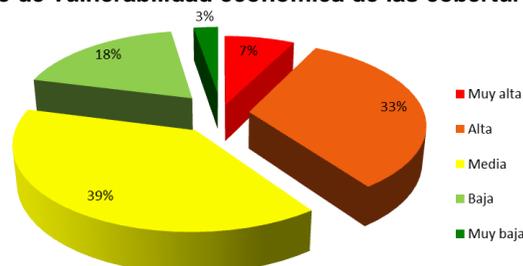
Tabla 5.8. Resultados de la categorización vulnerabilidad económica en las coberturas vegetales.

Categoría	Área (ha)	Área (%)
Muy alta	1.456,86	7,5
Alta	6.367,55	32,6
Media	7.583,50	38,9
Baja	3.578,54	18,3
Muy baja	516,22	2,6
Total	19.502,68	100,0

Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

Se muestra en la **Figura 5.10,** de manera gráfica la categorización mencionada anteriormente de la vulnerabilidad económica en el municipio. Se observa que tan solo las categorías “media” y “alta”, conforman el 72% del municipio. En estas dos categorías, están distribuidas las diferentes clases y manejos de pastos en el municipio, como lo son los pastos limpios, enmalezados, sabanas herbáceas, pastos enrastrados, arbolados y manejados, presumiblemente para actividad pecuaria como se ha venido analizando. Así mismo, los cultivos agrícolas, aportan un área considerable en estas categorías altas de vulnerabilidad económica, ya que en caso de que sucumban ante las llamas de un incendio, causaran grandes pérdidas económicas, debido a que en un área considerable del territorio de Zipaquirá, es la principal actividad económica.

Figura 5.10. Porcentaje de vulnerabilidad económica de las coberturas vegetales presentes

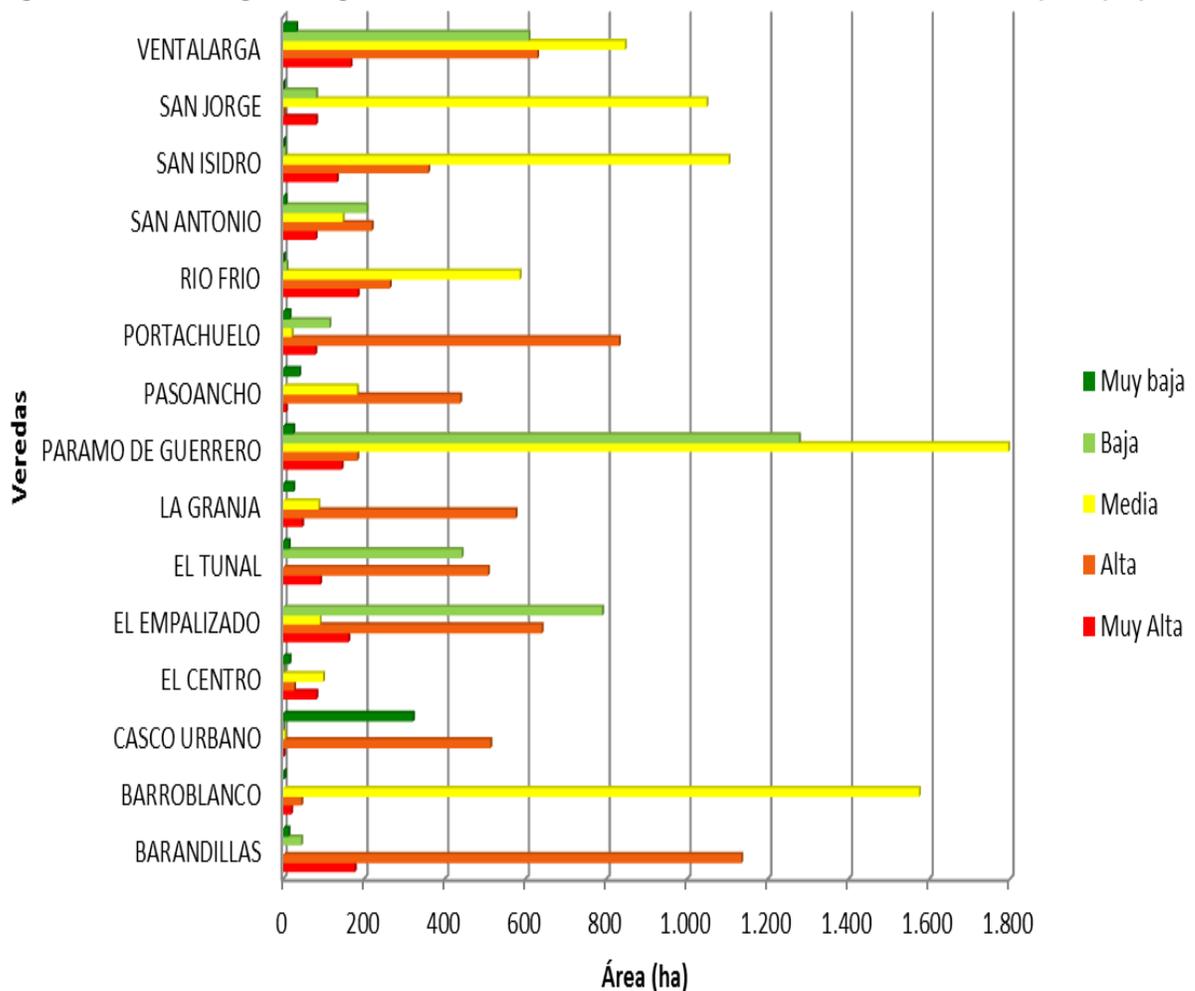


Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

En la **Figura 5.11**, se observa que la región del Páramo de Guerrero, es la que tiene una mayor área en la categoría de vulnerabilidad económica “media”. Esta vulnerabilidad económica “media” responde a la vegetación de pastos que se encuentra en el páramo, la cual ha reemplazado a la vegetación de paramo nativa, con fines de expansión económica. El área del Páramo de Guerrero con vulnerabilidad económica media, es de 1.795,5 Ha, que son el 52,4% del área del páramo en el municipio, y 9,2% del total del área del municipio.

A su vez, vale la pena resaltar la vereda de Barandillas, como la vereda con una mayor área en la categoría de vulnerabilidad económica “muy alta”. Del total de esta vereda, el 82,9%, que son 1.134,4 Ha, tienen una vulnerabilidad económica alta. Esta área es el 5,8% del municipio. Esta vulnerabilidad económica alta en la vereda, es el resultado de los cultivos confinados (viveros, flores) y cultivos de pastos con espacios naturales, que económicamente son muy importantes para el municipio.

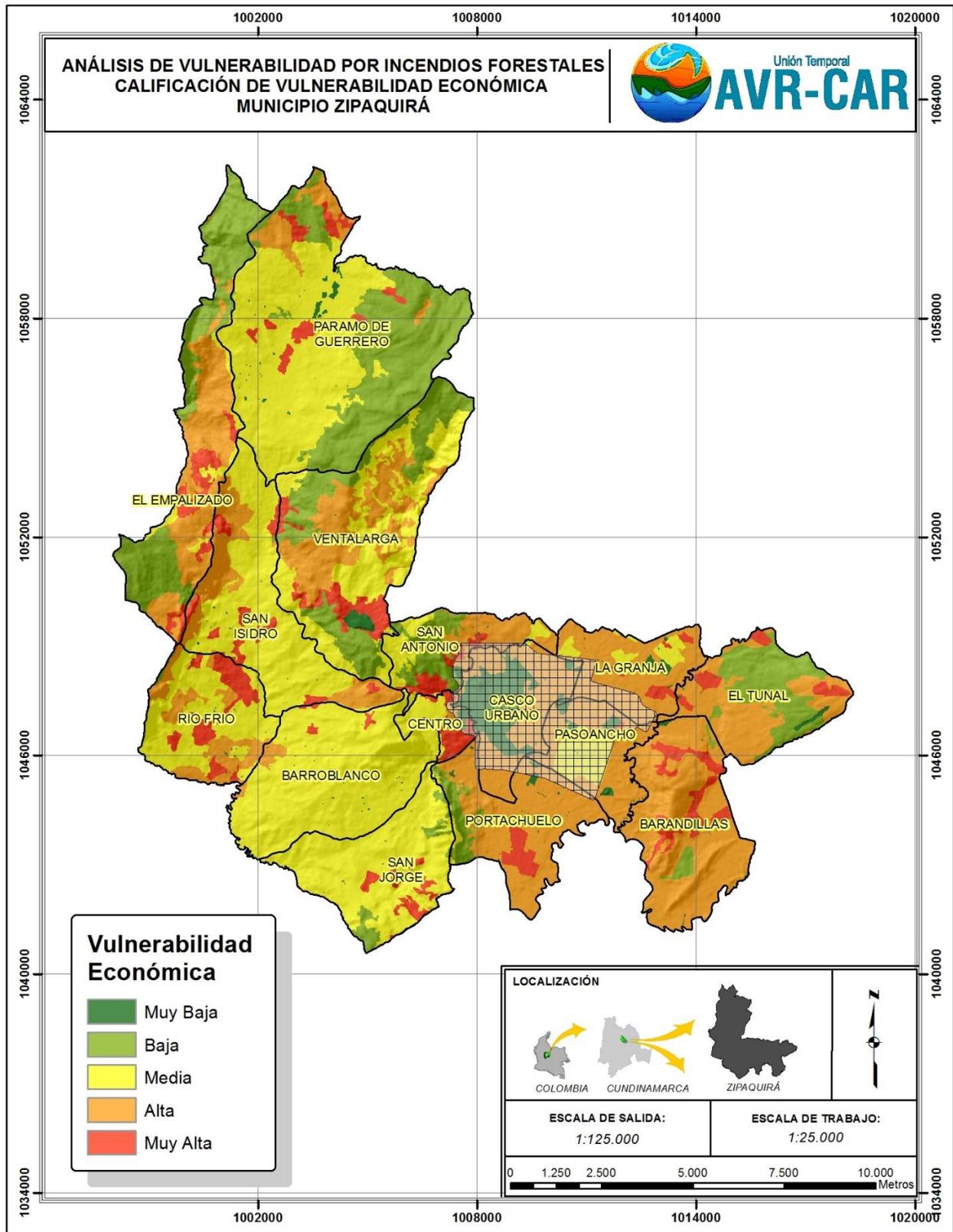
Figura 5.11. Áreas según categorías de vulnerabilidad económica en las veredas del municipio Zipaquirá.



Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

A partir de la categorización se generó el mapa de vulnerabilidad económica ante incendios forestales que se observa en la **Figura 5.12**.

Figura 5.12. Mapa de vulnerabilidad económica ante incendios forestales de las coberturas vegetales presentes.



Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

5.5 VULNERABILIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA

Este análisis consistió en la zonificación de los posibles peligros que existen sobre las instalaciones, edificaciones e infraestructuras que influyen en la mayor o menor gravedad potencial que puede alcanzar un incendio forestal; en donde la presencia o no de elementos tales como vías férreas, aeropuertos, helipuertos, instalaciones de comunicaciones, poliductos, líneas eléctricas, zonas de recreación, entre otras, permite identificar, según la cartografía disponible, la cantidad de infraestructura expuesta.

Para el municipio de Zipaquirá, la información espacializada de infraestructura solo estuvo disponible para elementos tales como torres eléctricas, escuelas y algunas casas que se identificaron mediante la interpretación de imágenes aéreas.

Dado que estos elementos se encuentran a lo largo de toda el área rural del municipio y los efectos del fuego sobre estas dependerán en gran medida del material de construcción y el tiempo de exposición al fuego, su vulnerabilidad se analizó de forma espacial generando buffer cada 50 m, como se muestra en la **Tabla 5.9**

Tabla 5.9. Calificación de vulnerabilidad por infraestructura.

Buffer (m)	Categoría	Calificación
150	Baja	1
100	Media	2
50	Alta	3

Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

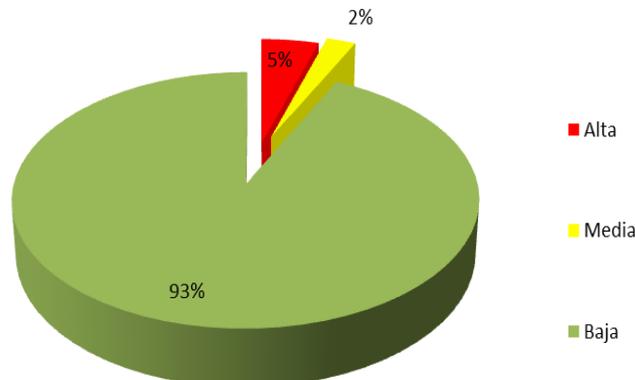
En la **Tabla 5.10**, se presentan los resultados de la categorización del municipio de Zipaquirá, ante la vulnerabilidad a infraestructura. En esta tabla, se puede apreciar que la categoría que ocupa una mayor área en el municipio, es la categoría de vulnerabilidad “baja”, ocupando el 93% del municipio, es decir 18.130,57 ha. En la **Figura 5.13**, se puede apreciar que la categoría “alta” de vulnerabilidad de infraestructura a incendios, en el municipio, corresponde a 4,6%, que equivalen a 905,64 ha.

Tabla 5.10. Resultados de la categorización vulnerabilidad de la infraestructura.

Categoría	Área (ha)	Área (%)
Alta	905,64	4,6
Media	466,47	2,4
Baja	18.130,57	93,0
Total	19.502,68	100

Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

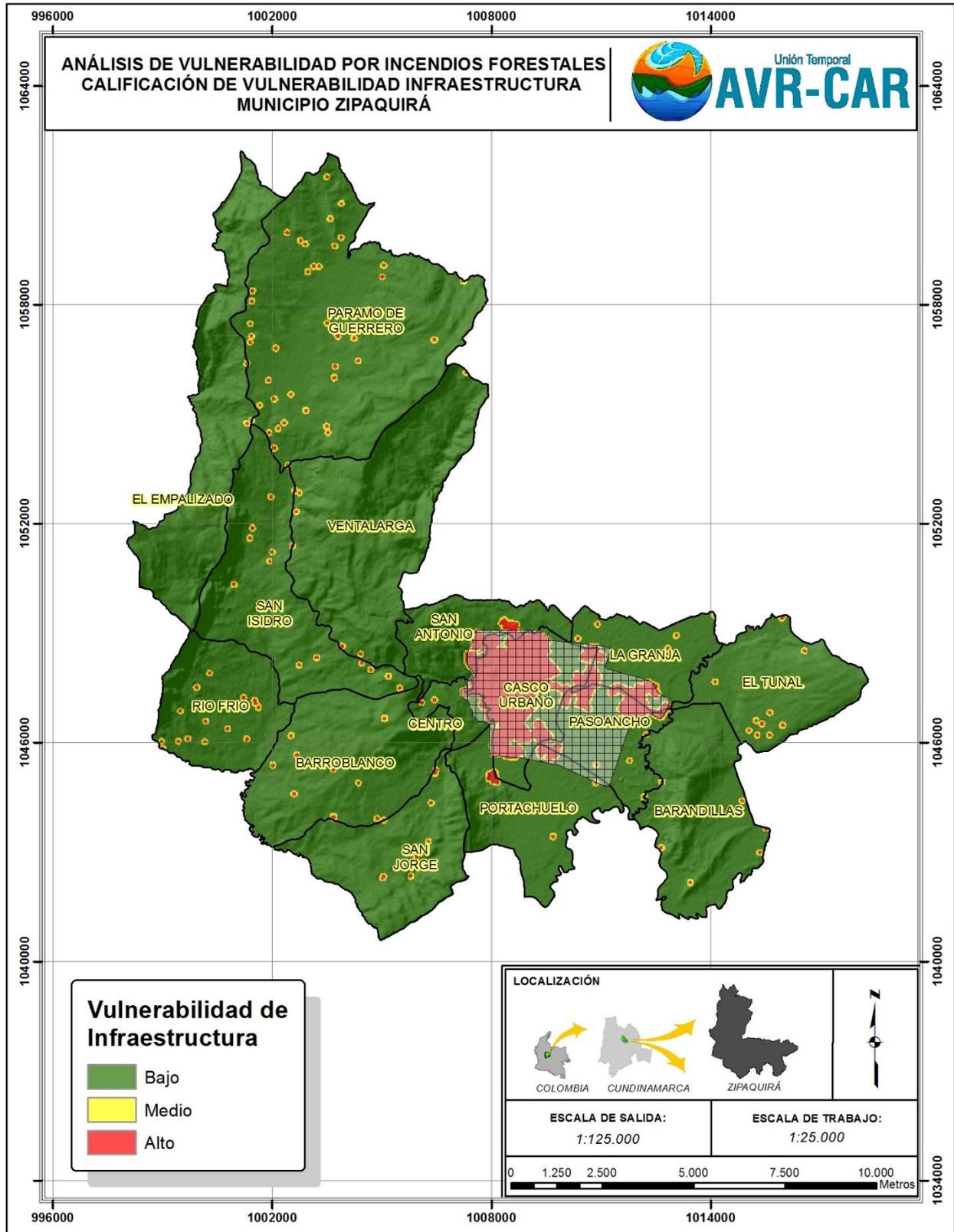
Figura 5.13. Porcentaje de vulnerabilidad por infraestructura de las coberturas vegetales presentes



Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

A partir de la categorización se generó el mapa de vulnerabilidad de infraestructura ante incendios forestales que se observa en la **Figura 5.14**.

Figura 5.14. Mapa de vulnerabilidad de la infraestructura ante incendios forestales de las coberturas vegetales



Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

5.6 VULNERABILIDAD PATRIMONIAL

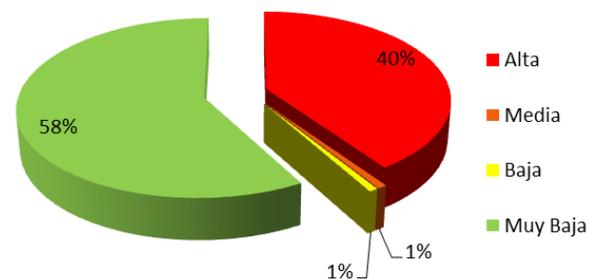
Con respecto a la vulnerabilidad patrimonial, la cual puede definirse como la afectación que pueden sufrir los bienes patrimoniales tangenciales, presentes en el municipio, a la propagación de un incendio. Se puede observar en la **Tabla 5.11** que esta presencia de patrimonios en el municipio, representa el 40,3% (7.859,58 ha) del total de la superficie del municipio. Esta es un área que debe protegerse por su alto valor ambiental.

Tabla 5.11. Resultados de la categorización vulnerabilidad patrimonial.

Categoría	Área (ha)	Área (%)
Alta	7.859,58	40,3
Media	136,52	0,7
Baja	136,52	0,7
Muy Baja	11.370,06	58,3
Total	19.502,68	100,0

Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

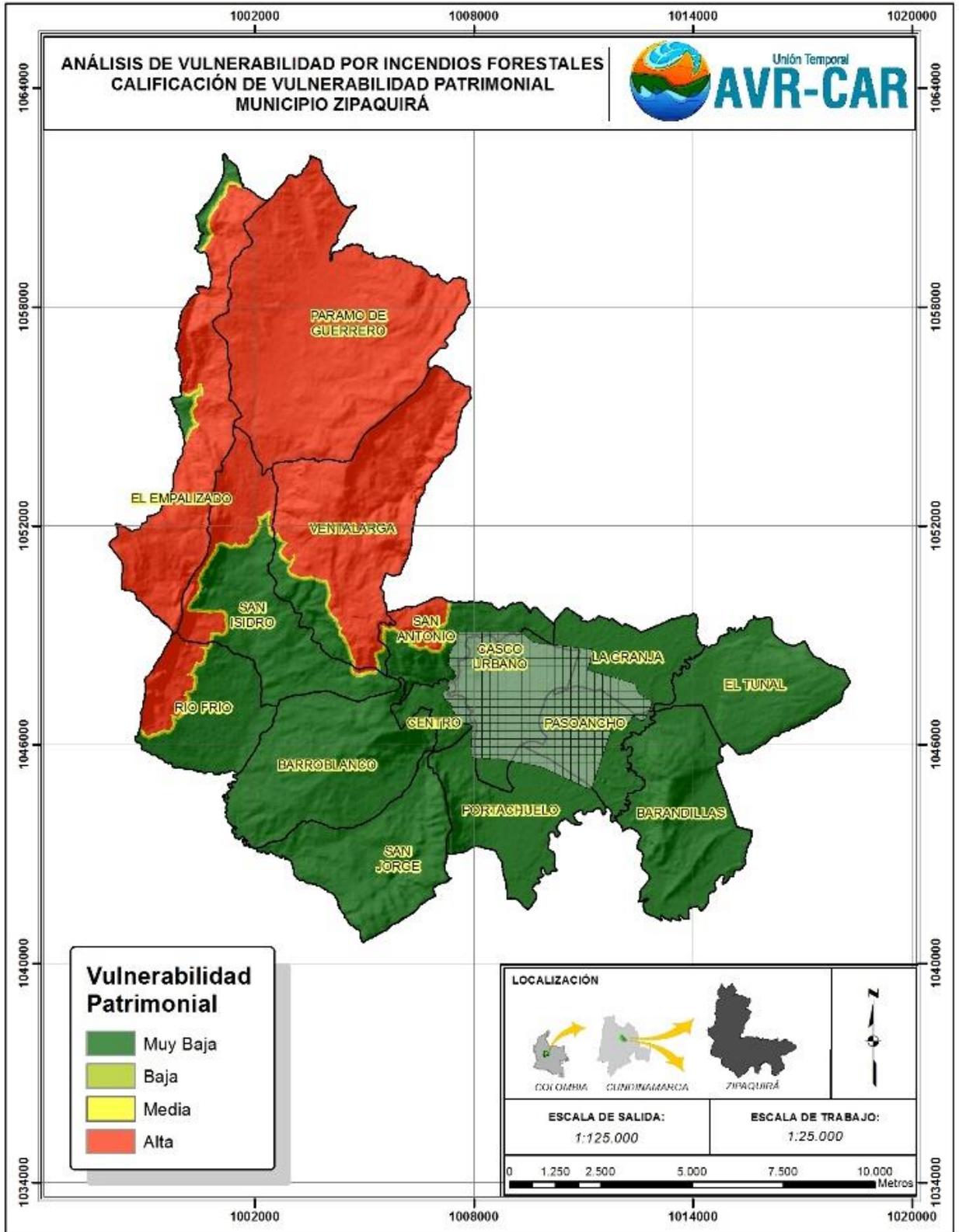
Figura 5.15. Porcentaje de vulnerabilidad patrimonial.



Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

Esta área de alta vulnerabilidad patrimonial corresponde al Distrito de Manejo Integrado del Páramo de Guargua, Laguna Verde y Páramo de Guerrero, además también se encuentra parte de la Reserva Forestal Protectora de Pantano Honfo y Nacimiento del Río Susaga. Así mismo, estas son áreas que deben priorizarse en los programas de prevención, y contingencia a incendios, ya que su valor ecosistémico, por los que son reconocidos como patrimonios, es irremplazable.

Figura 5.16. Mapa de vulnerabilidad patrimonial



Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

5.7 MAPA DE VULNERABILIDAD TOTAL A INCENDIOS FORESTALES

De esta forma, siguiendo la metodología descrita por el IDEAM (2011), y las observaciones hechas por conocedores de la región, la ponderación que se presenta para los diferentes factores que componen la vulnerabilidad, se resume en la siguiente fórmula:

$$V = (0,2)Vp + (0,15)Vf + (0,2)VE + (0,1)VInf + (0,2)Ve + (0,15)VPat$$

Donde,

V: Vulnerabilidad total

Vp: Vulnerabilidad poblacional.

Vf: Vulnerabilidad física.

VE: Vulnerabilidad ecológica

VInf: Vulnerabilidad de infraestructura.

Ve: Vulnerabilidad económica.

VPat: Vulnerabilidad patrimonial.

A partir de los mapas de los factores de vulnerabilidad calificados y categorizados según grados de vulnerabilidad (Muy bajo, Bajo, Moderado, Alto, Muy alto) se procedió a aplicar la fórmula y realizar la suma ponderada de los factores para realizar una nueva normalización y categorización de los resultados y así reagrupar los datos en los cinco rangos definidos de calificación (Tabla 5.12), el mapa resultante representa la vulnerabilidad total ante incendios forestales del área de estudio.

Tabla 5.12. Calificación de la vulnerabilidad total por incendios forestales.

Rangos de vulnerabilidad total	Categoría	Calificación
1.0 – 1.7	Muy baja	1
1.71 – 2.4	Baja	2
2.41 – 3.1	Media	3
3.11 – 3.8	Alta	4
3.81 – 4.5	Muy alta	5

Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

En la Tabla 5.13 se aprecian los resultados de la categorización de la vulnerabilidad total a incendios en el municipio de Zipaquirá. Recordando que esta vulnerabilidad total, es el resultado del análisis en conjunto de variables como la vulnerabilidad física, poblacional, económica, ecológica, de infraestructura, y en el caso de Zipaquirá, existe vulnerabilidad patrimonial, debido a la Catedral de Sal, se identificó que la categoría de vulnerabilidad que predomina en el municipio, es la categoría “baja”, que ocupa el 41,6% del municipio, es decir 8.108,27 Ha. Las categorías de vulnerabilidad altas, se relegan a unas pequeñas proporciones del territorio, que se analizarán más adelante.

Tabla 5.13. Resultados de la categorización por vulnerabilidad total ante incendios forestales.

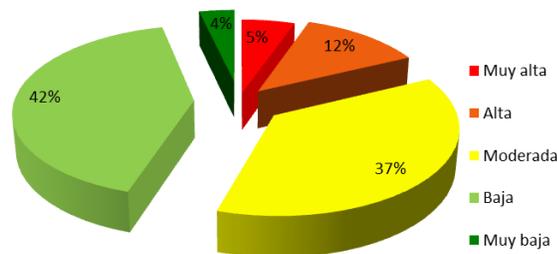
Categoría	Área (ha)	Área (%)
Muy alta	1.052,44	5,4
Alta	2.433,00	12,5
Moderada	7.196,69	36,9
Baja	8.108,27	41,6
Muy baja	712,28	3,7
Total	19.502,68	100,0

Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

En la Figura 5.17, se puede apreciar la distribución porcentual de las categorías de vulnerabilidad total a incendios, en el municipio de Zipaquirá. En este caso, y con respecto a las categorías que resultan alarmantes en el municipio, se identificó, que la categoría de vulnerabilidad “muy alta”, ocupa el 5,4% del municipio, correspondientes a 1.052,44 Ha, mientras que la categoría de vulnerabilidad “alta”, ocupa el 12,5% del municipio, equivalentes a 2.433,00 Ha. En términos generales, se puede afirmar que en el municipio, la vulnerabilidad total a incendios, se da en el 17,9% del territorio, específicamente en 3.485,44 Ha, que son el resultado de algunas áreas con alta vulnerabilidad

económica y física, por coberturas vegetales para producción económica, como cultivos de arveja, avena, cebada, habichuela, entre otros.

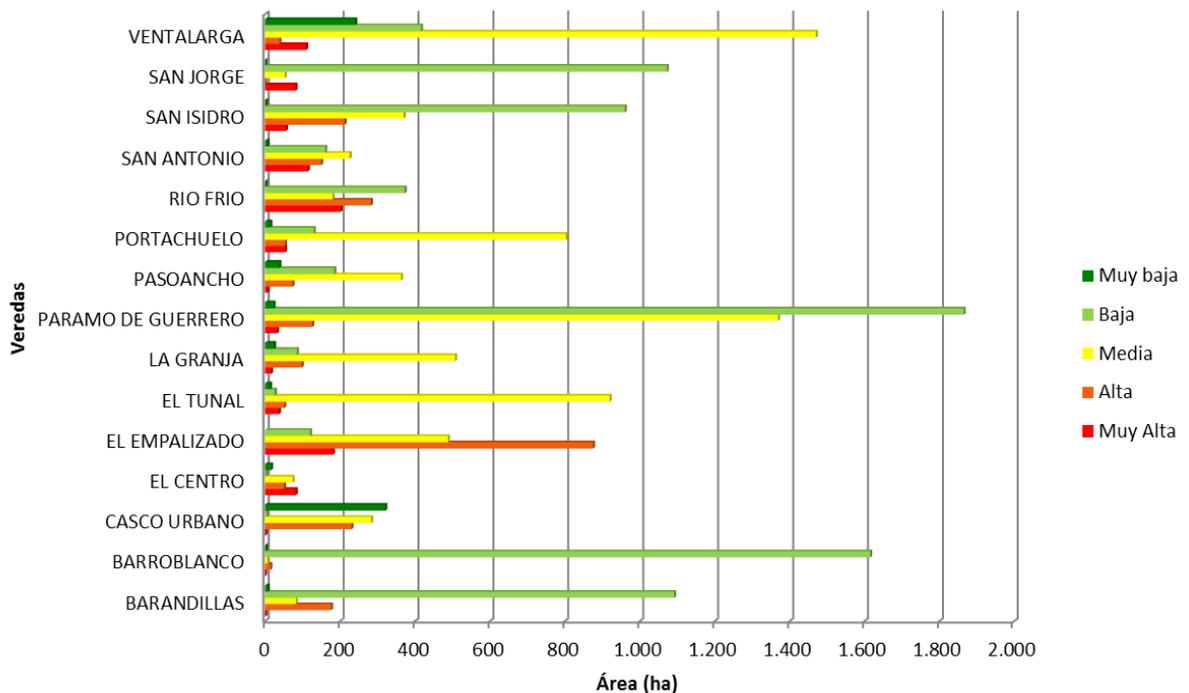
Figura 5.17. Porcentaje de la vulnerabilidad total ante incendios en el municipio.



Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

Al realizar la categorización por veredas de la vulnerabilidad a los incendios, las cuales se pueden observar en la **Figura 5.18**, se pudo identificar una tendencia, en la que predominan la vulnerabilidad baja y media, aparentemente sin presentar peligro latente alguno. Sin embargo, algunas veredas como El Empalizado, que tiene 875,62 Ha en la categoría de vulnerabilidad “alta”, lo que significa el 52,6% de la vereda y el 4,5% del municipio, representan un tipo de preocupación, por lo que debería ser una vereda que debe priorizarse en los programas de prevención, control y seguimiento a los incendios. El hecho de que esta vereda, tenga un área considerable en vulnerabilidad total a los incendios alta, se debe a las coberturas vegetales de producción económica que se encuentran en esta vereda, siendo específicamente, asociaciones de cultivos de clima frío, pasto y espacios naturales, cultivos de pastos con espacios naturales, cultivos de papa, pastos enmalezados o en rastrojados, pastos limpios, pastos naturales y sabanas herbáceas, que tienen como fin, una actividad económica.

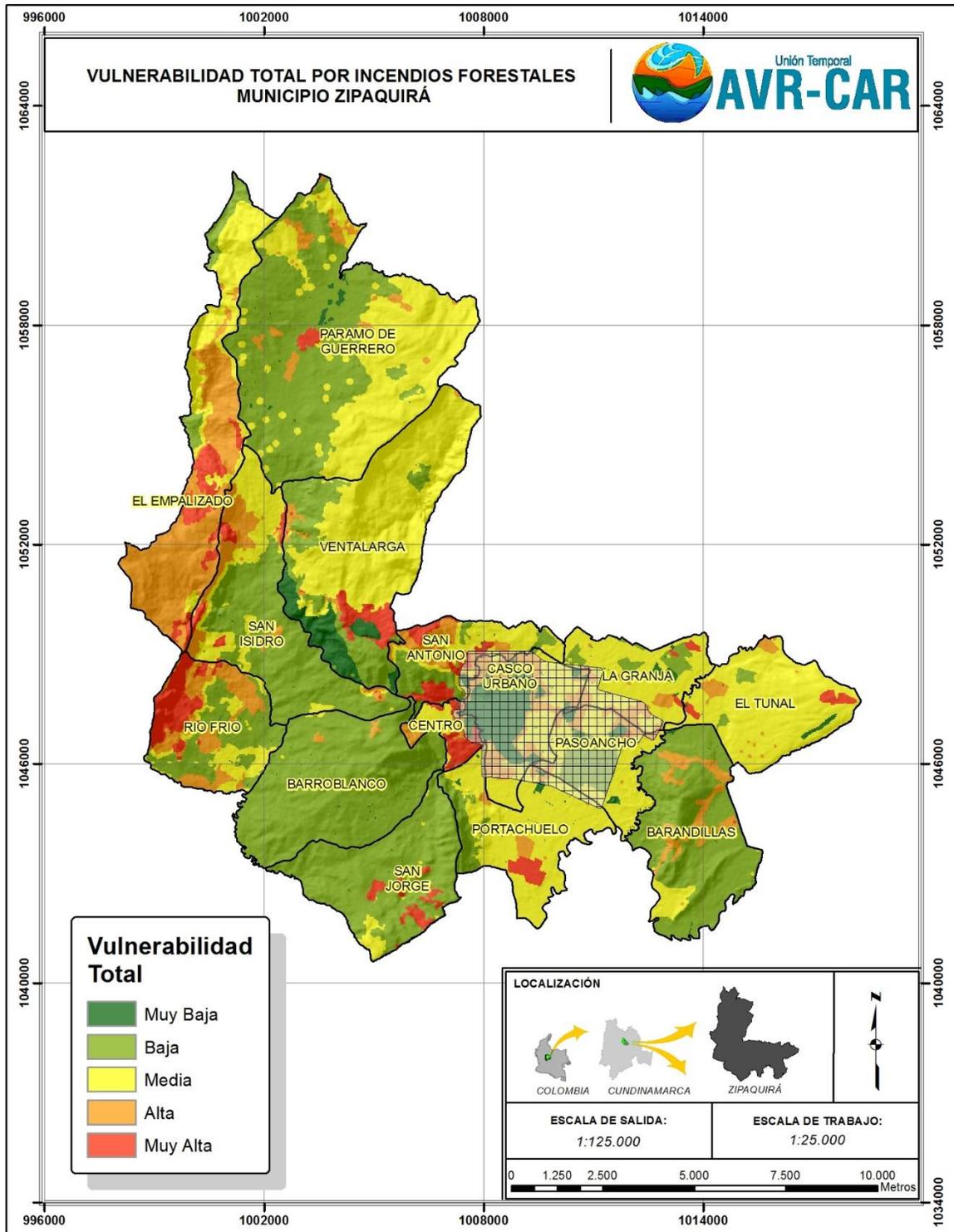
Figura 5.18. Áreas según categorías de vulnerabilidad total de las coberturas vegetales ante incendios forestales.



Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

A partir de la suma ponderada de las variables de vulnerabilidad poblacional, física, ecológica, de infraestructura y económica, se genero el mapa de vulnerabilidad total por incendios forestales que se observa en la Figura 5.19.

Figura 5.19. Mapa de vulnerabilidad total ante incendios forestales el municipio.

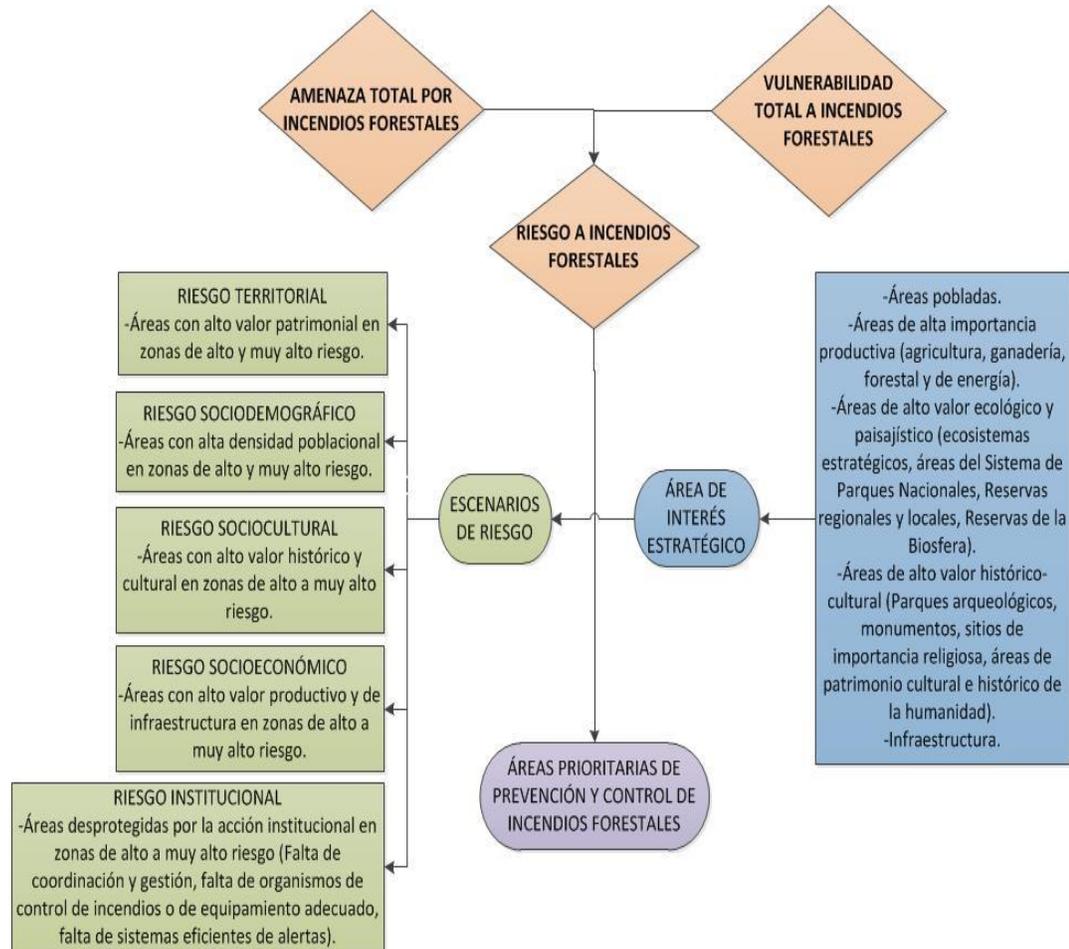


Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

6 DETERMINACIÓN Y ZONIFICACIÓN DEL RIESGO

El riesgo es la probabilidad de ocurrencia de consecuencias o de daños producto de la interacción de los elementos dinámicos y cambiantes que constituyen la amenaza y la vulnerabilidad. Por tal razón, para entender el comportamiento del riesgo es necesario expresarlo en el territorio a través de diferentes escenarios, como se muestra en la **Figura 6.1**.

Figura 6.1. Integración de la amenaza y la vulnerabilidad para la determinación de escenarios de riesgo por incendios forestales.



Fuente: UT AVR-CAR adaptado de IDEAM, 2011.

El análisis integral del riesgo al considerar los diferentes escenarios y realizando la superposición con las áreas que se consideran de interés estratégico para el municipio, en donde conforme a la información recolectada las áreas prioritarias para la prevención y control de incendios son las que representa el centro poblado, las áreas de alta importancia productiva (económica), las áreas de alto valor ecológico y las áreas con presencia de infraestructura estratégica identificada como las torres de energía, las escuelas y casas distribuidas en toda el área rural.

Estos escenarios deberán ser generados y analizados por el municipio de acuerdo a su interés y priorización de áreas de interés estratégico, el presente estudio genera para tal fin las herramientas necesarias propuestas por el IDEAM (2011), para lograr la descripción de los mismos y su interpretación conforme a las necesidades del municipio.

6.1 MAPA DE RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES

La cartografía de riesgo define los escenarios que aportan de forma diferente a la gestión urbana y rural del riesgo por incendio forestal, donde el riesgo está en función de la amenaza y la vulnerabilidad, siguiendo la expresión:

$$Riesgo = f(Amenaza * Vulnerabilidad)$$

$$Riesgo = (0,5 * Amenaza) * (0,5 * Vulnerabilidad)$$

El riesgo total para el municipio se analizó en función de la calificación del riesgo de acuerdo a los valores que se obtienen para el total del municipio siguiendo la calificación de la **Tabla 6.1**, donde conforme al menor y mayor valor, 0,25 y 6,25 respectivamente, se agruparon los resultados que determinaron las categorías para la calificación de las áreas de riesgo por incendios forestales del municipio Zipaquirá.

Tabla 6.1. Calificación del riesgo total por incendios forestales.

Rangos de riesgo total	Categoría	Calificación
0,25 – 1,45	Muy baja	1
1,46 – 2,65	Baja	2
2,66 – 3,85	Media	3
3,86 – 5,05	Alta	4
5,06 – 6,25	Muy alta	5

Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

Siguiendo la metodología propuesta, y compilando las variables que conforman el riesgo total a incendios, como lo son la susceptibilidad de la vegetación, amenaza por factores climáticos, de relieve y accesibilidad y vulnerabilidad poblacional, física, económica, ecológica, y de infraestructura, se categorizó el municipio por riesgo total a incendios, resultados que pueden observarse en la **Tabla 6.2**. En esta tabla, se puede identificar, que la categoría de vulnerabilidad que más ocupa territorio en el municipio, es la categoría “media”, ocupando casi la mitad del territorio, específicamente 48,5%, correspondientes a 9.467,18 Ha. Las categorías de riesgo altas, ocupan más del 30% del municipio.

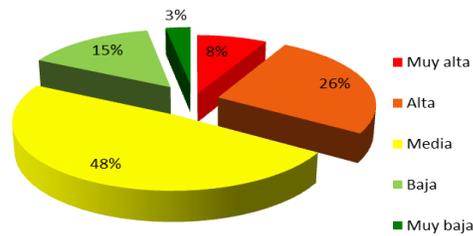
Tabla 6.2. Resultados de la categorización por riesgo total ante incendios forestales.

Categoría	Área (ha)	Área (%)
Muy alta	1.541,86	7,9
Alta	5.051,80	25,9
Media	9.467,18	48,5
Baja	2.884,41	14,8
Muy baja	557,42	2,9
Total	19.502,68	100,0

Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

De manera gráfica, en la **Figura 6.2**, se aprecia la categorización del riesgo a incendios en el municipio de Zipaquirá, Cundinamarca. Con respecto a las categorías de riesgo altas, que son las que finalmente generan un grado de alerta con respecto a los incendios, se identificó, que ocupan una tercera parte del municipio, específicamente 33,8% que corresponden a 6.593,66 Ha. Este porcentaje de riesgo alto en el municipio, se debe al tipo de cobertura vegetal en el municipio, que al ser en gran porcentaje, de cultivos agrícolas y producción de pastos para ganado, son muy susceptibles a los incendios por las características de este tipo de vegetación. Así mismo, otros factores como los climáticos, específicamente el brillo solar, el relieve y la accesibilidad, contribuyen a este riesgo alto en esta porción del territorio. Otros factores, como la alta vulnerabilidad física y económica, que se relacionan entre sí, debido a las coberturas con fines económicos, contribuyen al riesgo alto a incendios en este porcentaje del municipio.

Figura 6.2. Áreas en porcentaje de riesgo en el municipio de Zipaquirá.

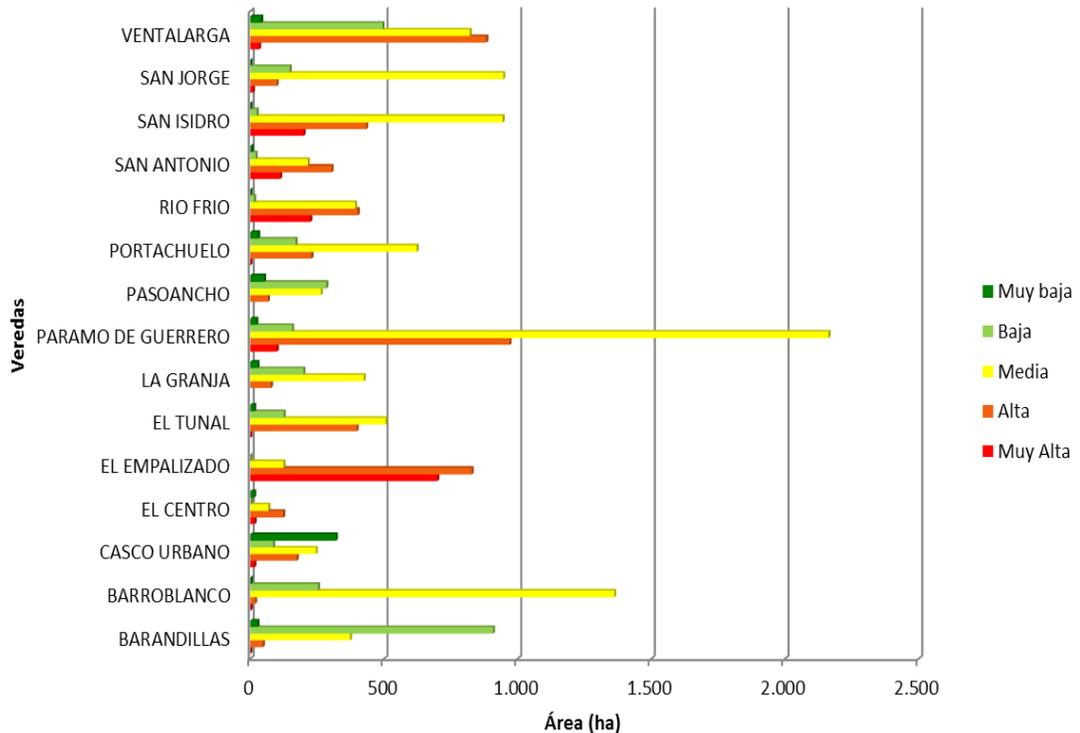


Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

En la **Figura 6.3**, se pueda apreciar la categorización del riesgo a incendios, en las veredas que conforman el municipio. Como se había mencionado anteriormente, al ser la categoría de riesgo “media”, la que predomina en el municipio, se puede observar en esta figura, que es precisamente esta categoría la que predomina en cada vereda, a excepción de unas pocas. La vereda El Empalizado, es la que tiene un mayor riesgo a los incendios, ya que del total de su territorio, el 42,4%, correspondientes a 699,8 Ha, están en la categoría de riesgo “muy alta”, mientras que el 50,1% de su territorio se encuentra en la categoría de riesgo “alta”. En total, el riesgo alto en la vereda EL Empalizado, representa el 7,9% del total del municipio.

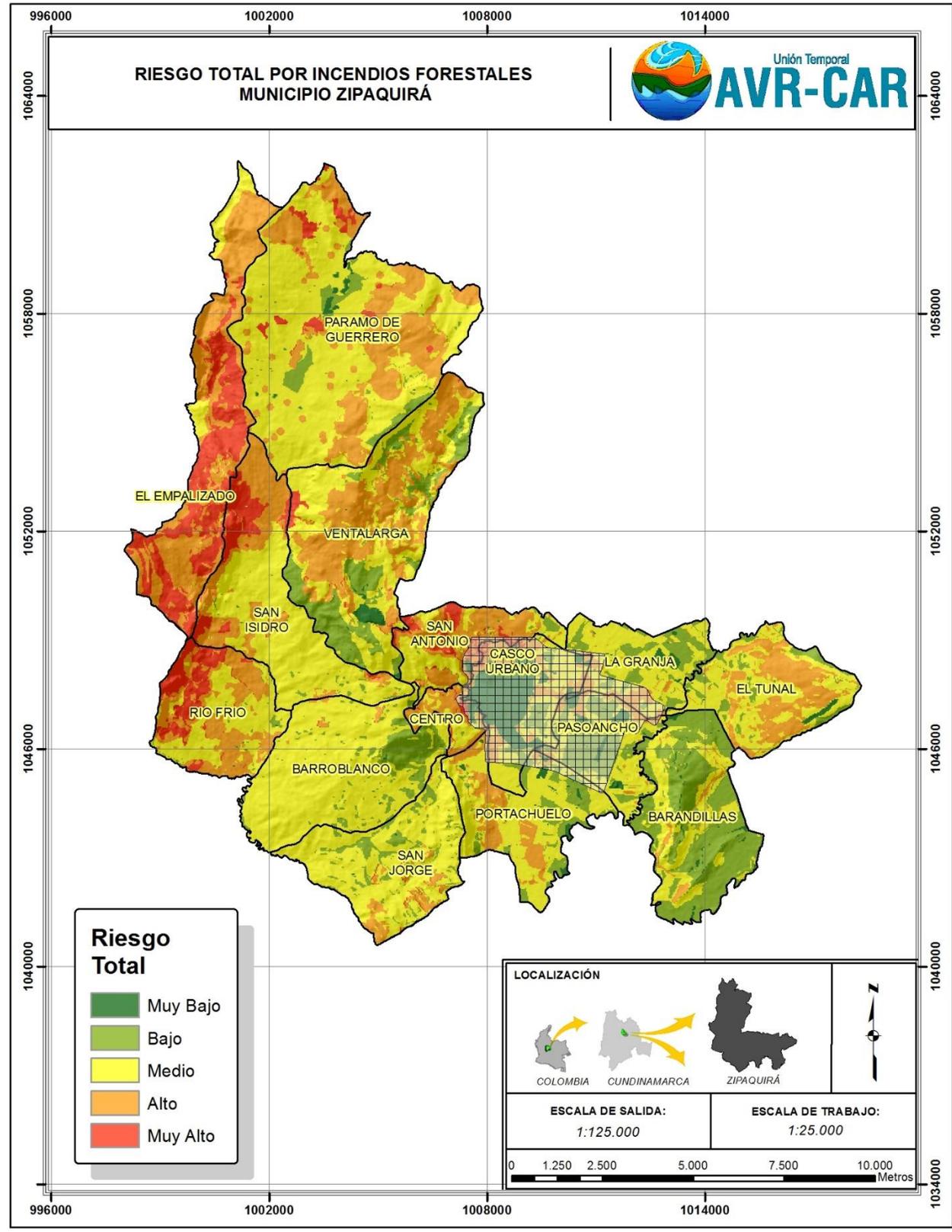
Otras veredas como Ventalarga y la región del Páramo de Guerrero en el municipio, son áreas de alto riesgo a los incendios. EN la primera, existen 882,5 Ha en la categoría de riesgo “alta”, mientras que en la región del páramo, existen 969,8 Ha en esta misma categoría. Estas son regiones que deben priorizarse en cuanto a la prevención de incendios, por su alta susceptibilidad a sufrir de incendios. Así mismo, la región del Páramo de Guerrero, al ser un área ecológicamente tan importante, debe ser contemplada como un área sensible con respecto a los incendios, y deben establecerse puntos de control y seguimiento, de modo que se evite una catástrofe ambiental, perdiendo toda la significancia e importancia ecológica de esta región.

Figura 6.3. Áreas según categorías de riesgo total de las coberturas vegetales ante incendios forestales.



Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

Figura 6.4. Mapa de riesgo total por incendios forestales del municipio de Zipaquirá en Cundinamarca.



Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

Finalmente, en la **Tabla 6.3**, se presentan de forma detallada los valores en hectáreas que de acuerdo a los resultados obtenidos para la zonificación del riesgo corresponden a las diferentes categorías de riesgo dentro de las veredas del municipio. Esto confirma la importancia de las veredas El Empalizado, Páramo de Guerrero, Ventalarga, San Isidro y Río Frío, las cuales, de acuerdo a lo que representan espacialmente con respecto al área del municipio resultan ser de gran importancia ya que son las que mayor área dentro de las categorías muy alta y alta presentan, lo que en conjunto equivale al 24.5% (4.773 ha) del área total del municipio.

Tabla 6.3. Áreas en hectáreas por vereda según categorías de riesgo.

VEREDA	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy baja	Total general
BARANDILLAS	0,11	46,91	372,73	907,71	27,21	1.354,65
BARROBLANCO	131,01	18,31	1.361,11	253,21	1,91	1.765,53
CASCO URBANO	15,31	173,66	245,01	85,11	320,41	839,48
EL CENTRO	15,96	123,31	67,21	2,91	15,01	224,38
EL EMPALIZADO	699,81	828,31	123,91	0,31		1.652,32
EL TUNAL	0,61	397,91	506,11	125,41	14,41	1.044,43
LA GRANJA		77,11	424,61	199,01	27,31	728,02
PARAMO DE GUERRERO	99,41	969,81	2.162,41	156,41	22,71	3.410,73
PASOANCHO		66,21	263,91	284,51	51,31	665,92
PORTACHUELO		228,61	622,21	169,51	29,51	1.049,82
RIO FRIO	224,21	402,21	392,01	14,61	0,61	1.033,63
SAN ANTONIO	112,11	304,41	214,81	20,01	5,11	656,43
SAN ISIDRO	199,91	433,51	943,81	24,31	0,31	1.601,83
SAN JORGE	10,21	99,11	946,11	147,21	0,61	1.203,23
VENTALARGA	33,23	882,51	820,91	494,41	41,21	2.272,25
Total general	1.541,84	5.051,84	9.466,81	2.884,59	557,59	19.502,68

Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

Según el área por vereda, se obtuvo que las veredas que más territorio poseen dentro de las categorías de muy alto y alto riesgo son El Empalizado, San Antonio, El Centro y Río Frío, las cuales tienen más del 60% de su área con alto riesgo de incendios forestales. Es importante considerar estas veredas como de gran importancia ya que al ser su área poco representativa con respecto al área total los esfuerzos de prevención en estas áreas resultan ser más fáciles y por ende se contribuye de manera más eficiente a la gestión del riesgo por incendios forestales en el municipio.

7 CONCLUSIONES

La ocurrencia de incendios forestales responde principalmente al acelerado proceso en los cambios de uso del suelo, considerando que en general las coberturas que se encuentran en el municipio corresponde a actividades agrícolas y ganaderas que implican una constante practica de quemas, las cuales no deberán llevarse a cabo durante temporadas secas y deberán contar con la máxima experiencia para evitar que salgan de control.

Los resultados de susceptibilidad de las coberturas indican que aproximadamente el 87.8% del territorio es altamente susceptible a la ocurrencia de incendios debido a la abundancia de coberturas donde predominan los pastos limpios, cultivos (arveja, habichuela, maíz) y arbustales, material vegetal que dada sus condiciones de baja densidad, alta abundancia y rapidez para perder humedad, resulta estar constantemente predispuesto a incendiarse.

Estas características de susceptibilidad se hacen más favorables al relacionarse con las condiciones climáticas del municipio donde la región noroccidental del municipio resultan ser de mayor amenaza dado que representa áreas con valores bajos de precipitación y humedad relativa en conjunto con áreas de alta temperatura y brillo solar.

El relieve es uno de los factores que determina el comportamiento y la velocidad de propagación del fuego, así, los lugares de alta pendiente con condiciones de clima propicias y coberturas vegetales muy susceptibles resultan ser áreas muy propensas a la ocurrencia de incendios. Esto se evidencia en los límites de las veredas Rio Frio y Sn Isidro.

Los reportes históricos de incendios ofrecidos por la CAR y el análisis de densidad de puntos corresponden a eventos ocurridos durante 2002 Y 2014 donde las veredas de importancia son El Empalizado, San Isidro, Venta Larga, Rio Frio, San Antonio, El Centro, Casco Urbano, San Jorge, Portachuelo, Barandillas, Páramo de Guerrero y El Tunal. Las cuales coinciden con los resultados de susceptibilidad, amenaza y riesgo total en donde se hace especial énfasis para la vereda El Empalizado la cual tiene categorías altas y muy altas en todos los análisis.

En general, las causas de los posibles eventos ocurridos dentro del municipio tienen una relación directa con la acción antrópica, por lo que las vías se convierten en un factor de accesibilidad que indica el grado o probabilidad que tiene la población de acceder a puntos de mayor susceptibilidad y amenaza para generar focos de incendio. De acuerdo a los resultados el 79.5% del área rural del municipio está amenazado por el posible acceso de personas que por negligencia, descuido o piromanía, pueden ocasionar incendios y afectar las coberturas vegetales presentes y adyacentes.

A partir del análisis individual, de cada uno de los factores mencionados anteriormente, se obtuvo el mapa de amenaza por incendios forestales del municipio, donde se observa que el conjunto de factores favorables para la acción del fuego que generan la amenaza se encuentra en las veredas Páramo de Guerrero, San Isidro y El Empalizado.

La evaluación de los elementos vulnerables dio como resultado la importancia que tiene la acción del fuego cuando se encuentra cercano a áreas con una alta densidad poblacional, la población no solo es un factor de amenaza, también es el principal agente amenazado y por ende, sobre el cual deben existir las principales acciones para evitar los efectos adversos que genera el fuego, las veredas más pobladas (Centro y Casco Urbano), deberán ser contempladas dentro del plan de contingencias como las primeras en recibir capacitación para la prevención, control y mitigación de incendios.

Las coberturas, cumplen una doble función en la acción del fuego, no solo aportan el material combustible durante un incendio convirtiéndose en un elemento de la amenaza (como ya fue analizado), sino que además son altamente vulnerables al ser un elemento amenazado y del cual las pérdidas son casi irrecuperables. La vulnerabilidad en las coberturas es analizada desde tres puntos de vista: lo físico, que hace referencia a las condiciones propias de la cobertura y su que tienen con las prácticas de quema; lo ecológico, que refiere la importancia ecológica de las coberturas y su respuesta a la acción del fuego; y por último, lo económico, que representa el nivel de producción de bienes y servicios que puede ofertar una cobertura.

Bajo este contexto y de forma independiente, la respuesta de las coberturas es diferente dependiendo el punto de vista desde el cual sea analizado, físicamente las veredas Páramo de Guerrero, Barroblanco y San Isidro son las más vulnerables por la abundancia de territorios agrícolas. Ecológicamente, Páramo de Guerrero y Ventalarga, son más vulnerables debido a la presencia de importantes áreas de páramo pertenecientes al Páramo de Guerrero, estas áreas también se representan en análisis de vulnerabilidad patrimonial por ser áreas de importancia ecológica. A nivel económico, las veredas Barandillas y Portachuelo son altamente vulnerables ya que allí se concentra la mayor cantidad de actividades económicas que definen al municipio.

Finalmente, la evaluación de los elementos de infraestructura expuestos fue analizada a partir de la información de redes y estructura disponible, de la cual solo se contó con algunas torres eléctricas, escuelas y viviendas que se identificaron a partir de la interpretación de fotografías aéreas, y se consideraron muy vulnerables a un incendio desde 50 metros a su alrededor, ya que no solo es la probabilidad de que el incendio alcance la estructura sino de que las emisiones lleguen a importantes estructuras como lo son las escuelas, en donde los niños resultan ser gravemente afectados por afecciones respiratorias que genera el humo proveniente de la quema de vegetación debido a la alta producción de dióxido de carbono.

La vulnerabilidad total del municipio, evidencia aquellas áreas que debido a la presencia de uno o varios elementos de alta vulnerabilidad requieren de importante atención antes, durante y después de posibles eventos de incendio forestal que puedan presentarse, en donde se destacan las veredas El Empalizado y Rio Frío.

El riesgo para el municipio dio como resultado el alto riesgo en el que se encuentran las veredas El Empalizado, Páramo de Guerrero, Ventalarga, San Isidro y Rio Frío, que dadas sus condiciones de amenaza por susceptibilidad de la vegetación, factores climáticos, de relieve y de accesibilidad y condiciones de vulnerabilidad de la población, las coberturas y la infraestructura requieren de especial atención.

La definición de las áreas de muy alto, alto y medio riesgo por incendio forestal, no disminuye la probabilidad de ocurrencia de incendios en los lugares de bajo o muy bajo riesgo, ya que como se observó en el análisis de susceptibilidad de las coberturas podría considerarse que todo el territorio es susceptible y por ende las condiciones del material combustible y su probabilidad para incendiarse dependerán en gran medida del conocimiento de la población y las causas que puedan relacionarse. Adicionalmente, el tiempo de respuesta que puedan tener los organismos de atención de emergencias deberá ser considerado, para prevenir que el fuego se propague a estas áreas.

8 RECOMENDACIONES

El estudio de la amenaza por incendios forestales requiere de especial atención en la distribución de las coberturas vegetales presentes en los municipios a niveles más detallados que permitan determinar a ciencia cierta las características propias de la vegetación que define a las coberturas. Este es un trabajo propio y delegado a los municipios de los cuales depende generar documentos que permitan conocer y valorar las condiciones de la vegetación del municipio. Para el municipio, estos estudios son necesarios ya que ni el Esquema de Ordenamiento Territorial, presenta información pertinente que permita conocer mejor la vegetación del municipio. La caracterización de la vegetación permitiría definir mejor las condiciones de los materiales combustibles dominantes por unidad de cobertura y por ende mejorar la calificación de los mismos.

Los vientos son agentes determinantes en el comportamiento del fuego no solo para su predicción sino también para su control, por lo que es necesario contar con estaciones que permitan acceder a esta información que dotaría de dinámica el análisis de los factores climáticos que hacen parte de la amenaza en la definición del riesgo por incendios forestales. Dado el nivel de escala al que se realiza el presente estudio, se imposibilita ajustar los datos que se tienen a nivel departamental.

Se debe contar y hacer énfasis en el reporte de todo tipo de evento que haya requerido la atención y acción de la población y el cuerpo de bomberos para el control de conatos y/o incendios forestales, ya que estos reportes hacen parte fundamental del análisis de ocurrencia y posiblemente permiten determinar la causalidad de los eventos y generar medidas de prevención más radicales.

Es importante comprender que en la amenaza por incendios forestales, algunos elementos que en general, dentro de la gestión del riesgo, son considerados como vulnerables, pasan a ser elementos de amenaza. Tal es el caso de las vías, las cuales dejan de ser elementos expuestos y se convierten en amenazantes debido a la posibilidad de acceso que dan a la población para posibilitar la generación de focos de incendios. Algo similar sucede con las redes eléctricas, de las cuales el municipio requiere generar la cartografía asociada y determinar como elemento de amenaza el área de influencia de las mismas, que no solo pueden generar la chispa que dé inicio a un incendio, sino que se verían altamente afectadas si son alcanzadas por las llamas durante un incendio, aumentando el nivel de peligrosidad durante el control del fuego.

El análisis de los elementos vulnerables, está en función de la disponibilidad y veracidad de la información suministrada y manejada, por tal razón es responsabilidad de los municipios contar con la información actualizada que permita priorizar tales elementos y generar escenarios de riesgo conforme a sus prioridades. La vulnerabilidad patrimonial corresponde a todas aquellas de importancia social, histórica o natural a nivel local, regional o nacional que estén representadas en el municipio, sin embargo aún hacen falta archivos cartográficos que permitan espacializar muy bien estos atributos.

Es de gran importancia dotar a la población de los conocimientos necesarios para prevención, el control, manejo y mitigación de incendios forestales, lo cual es parte fundamental de la institucionalidad presente en el municipio. Las capacitaciones teóricas y prácticas, así como, la dotación de equipos y material apropiado son fundamentales para reducir el riesgo por incendio forestal en el municipio.

9 FUENTES DE CONSULTA

- Arce, C. (2005). *Propuesta metodologica para evaluar los impactos y/o efectos ambientales causados por incendios forestales en el parque recreacional del Embalse del Neusa de jurisdicción de la CAR*. Bogotá: Universidad de La Salle, Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria.
- CAR. (2015). *Mapa histórico de incendios forestales en los municipios de la jurisdicción CAR*. Bogotá D.C.: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. Dirección de Gestión del Ordenamiento Ambiental y Territorial.
- CORPOCALDAS. (2009). *Plan de Prevención, Mitigación y Contingencias de Incendios Forestales del Departamento de Caldas*. Manizales: Fundación Biodiversa.
- CORPOCESAR. (2011). *Mapa De Riesgo Por Incendios Forestales En El Departamento Del Cesar*. Cesar: INGCORMAP LTDA.
- CORTOLIMA. (2011). *Plan de contingencia para incendios forestales municipio de Ibagué - Tolima*. Ibagué: Cuerpo Oficial de Bomberos de Ibagué.
- CRQ - CONIF. (2011). *Plan de ordenación forestal del Quindío*. Quindío: Corporación Autónoma Regional del Quindío. Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal.
- Denham, M. (2007). *Predicción de Incendios Forestales Basada en Algoritmos Evolutivos Guiados por los Datos*. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona, Escuela Técnica Superior de Ingeniería.
- Fernández, V. (2009). *Aplicación de SIG y modelos de propagación a la identificación de áreas de riesgo de incendios forestales en la zona costera*. Uruguay: Laboratorio de Técnicas Aplicadas al Análisis del Territorio. Departamento de Geografía. Facultad de Ciencias. Universidad de la República.
- IDEAM - CAR. (2014). *Mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal para la Corporación Autónoma de Cundinamarca. Escala 1:100.000*. Bogotá D.C. Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM-. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca -CAR-.
- IDEAM. (2011). *Protocolo para realización de mapas de zonificación de incendios forestales de la cobertura vegetal escala 1:100.000*. Bogotá D.C.
- IGAC. (2006). *Levantamiento de la cobertura vegetal y uso actual del suelo del área de jurisdicción CAR*. Bogotá D.C.: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- MAVDT & CONIF . (2008). *Guía para la formulación de planes de contingencia en incendios forestales*. Bogotá D.C.
- MAVDT & CONIF. (2008). *Guía para la formulación de planes de contingencia en incendios forestales*. Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal.
- MMA. (2001c). *Manual del jefe de brigadas forestales*. Bogotá D.C. : Ministerio de Medio Ambiente, Agencia Española de Cooperación.
- Morfin-Ríos, J., P., E. J., C., E. A., & Michel-Fuentes., J. (2012). *Caracterización y cuantificación de combustibles forestales*. Jalisco, México.: Comisión Nacional Forestal-Universidad de Guadalajara.
- Paramo, G. (2008). *DESARROLLO DEL MAPA NACIONAL DE ZONIFICACIÓN DE RIESGO A INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL, Y PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA REALIZACIÓN DEL MAPA DE RIESGOS A INCENDIOS A MAYOR ESCALA*. Bogotá D.C. : IDEAM - MAVDT.
- Parra, A. (2011). *Incendios de la cobertura vegetal en Colombia*. Cali: Universidad Autónoma de Occidente.
- POT. (2000). *Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Zipaquirá (Acuerdo No. 12 de 2000)*. Zipaquirá: Alcaldía Municipal de Zipaquirá.

- POT. (2013). *Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Zipaquirá (Acuerdo No. 12 de 2013 . Por el cual se modifica y se dictan otras disposiciones)*. Zipaquirá: Alcaldía Municipal de Zipaquirá - Cundinamarca.
- Rodriguez, A. (1996). *Incendios Forestales*. Mexico: Universidad Autónoma Chapingo, Mundi-Prensa.
- SDP. (2010). *DIAGNOSTICO DE LAS AREAS RURALES DE BOGOTA D.C.* Bogotá D.C.: Secretaria Distrital de Planeación, Secretaria Distrital de Ambiente, Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos, Secretaria Distrital de Hábitat y Universidad Distrital.
- Téllez, M. (2004). *Construcción de un Modelo de Riesgo de Incendios de la Cobertura Vegetal para el área de los Cerros Orientales de Bogotá D.C.* Bogotá D.C.: Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Ingeniería Forestal. IDEAM.