DOCUMENTO TÉCNICO DE SOPORTE

DIAGNÓSTICO TERRITORIAL
DIMENSIÓN AMBIENTAL

PROCESO DE REVISIÓN Y AJUSTE AL PLAN BÁSICO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL MUNICIPIO DE CALDAS, ANTIOQUIA

caldasantioquia.gov.co

Alcaldía de Caldas Antioquia
Caldas, nuestro propósito

Área Metropolitana Valle de Aburrá

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIO MAYOR DE ANTIOQUIA

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 7

2.1. Marco normativo 9

2.1.1. Normatividad ambiental 10

2.1.2. Normatividad de gestión del riesgo 10

2.1.3. Cambio climático en el PBOT 10

2.1.4. Suelos de protección ambiental 11

2.1.5. Flora y Fauna 12

2.1.6. Calidad del Aire 12

2.1.7. Ruidos 13

2.2. Determinantes Ambientales 13

2.2.1. Distrito de Manejo Integrado de la Divisoria Valle de Aburrá Rio Cauca – DMI DVARC. 15

2.2.3. POMCA Rio Aburrá 20

2.2.4. POMCA directos Río Cauca – Río Amagá, Quebrada Sinifaná 22

2.2.5. El Plan de Manejo Ambiental del Acuífero y medidas de manejo – PMAA 24

2.2.6. Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico – PORH 25

2.2.7. Cambio Climático 27

2.2.8. Determinantes Metropolitanas 28

2.2.9. Flora y Fauna 31

2.2.10. Calidad del Aire 32

2.2.11. Ruido Ambiental 35

2.2.12. Olores Ofensivos. 38

2.2.13. Residuos Sólidos. 38

2.2.14. Gestión del Riesgo de Desastres. 39

2.3. Dimensión Ambiental 39

2.3.1. Contexto geográfico 40

2.3.2. Zonificación climática. 44

2.3.3. Cambio climático 45

2.3.4. Hidrología. 46

2.3.5. Zonas de vida 49

2.3.6. Pendientes 51

2.3.7. Geología 53

2.3.8. Geomorfología 56

2.3.8.1. Geomorfología en la Zona Urbana 56

2.3.8.2. Geomorfología en la Zona Rural 57

2.3.9. Coberturas 58

2.3.10. Minería 61

2.3.11. Conflictos usos del suelo. 63

2.4. GESTIÓN DEL RIESGO EN EL MUNICIPIO DE CALDAS – ANTIOQUIA. 68

2.4.1. Determinación de la amenaza por movimientos en masa 68
2.4.1.1. Insumos y análisis geológico – geotécnico Análisis de los insumos 68
2.4.1.1.1. Parámetros mecánicos del suelo 70
2.4.1.1.2. Propiedades hidráulicas del suelo 71
2.4.1.1.3. Profundidad del suelo 71
2.4.1.1.4. Nivel freático y tasa de infiltración (iniciales) 72
2.4.1.1.5. Tormenta de diseño 72
2.4.1.2. Modelación de la amenaza por movimiento en masa 73
2.4.2. Análisis de la amenaza por movimiento en masa 74
2.4.2.1. Zona Urbana y Zonas de expansión Urbana 75
2.4.2.1.1. Amenaza Alta 78
2.4.2.1.2. Amenaza Media 79
2.4.2.1.3. Amenaza Baja 79
2.4.2.2. Zona rural 79
2.4.2.2.1. Amenaza Alta 82
2.4.2.2.2. Amenaza Media 82
2.4.2.2.3. Amenaza Baja 82
2.4.3. Análisis de amenaza por inundación 83
2.4.3.1. Suelo Urbano y de Expansión 83
2.4.3.2. Suelo Rural 83
2.4.4. Análisis de amenaza por avenida torrencial 84
2.4.4.1. Suelo Urbano y de Expansión 84
2.4.4.2. Suelo Rural 85
2.4.5. Análisis comparativo de amenazas 86
2.4.5.1. Amenaza por movimientos en masa 86
2.4.5.2. Amenaza por inundación 89
2.4.5.3. Amenaza por avenida torrencial 92
2.4.6. Caracterización de los Centros Poblados 94
2.4.6.1. Centro poblado La Aguacatala 94
2.4.6.1.1. Geología Local 94
2.4.6.1.2. Geomorfología Local 96
2.4.6.1.3. Procesos morfodinámicos 97
2.4.6.1.4. Zonificación de amenaza por movimiento en masa 97
2.4.6.1.5. Zonificación de amenaza por inundación y avenida torrencial 98
2.4.6.2. Centro poblado La Chuscala 99
2.4.6.2.1. Geología Local 99
2.4.6.2.2. Geomorfología Local 100
2.4.6.2.3. Procesos morfodinámicos 103
2.4.6.2.4. Zonificación de amenaza por movimientos en masa 103
2.4.6.2.5. Zonificación de amenaza por inundación y avenida torrencial 104
2.4.6.3. Centro poblado La Clara 104
2.4.6.3.1. Geología Local 104
2.4.6.3.2. Geomorfología Local 107
2.4.6.3.3. Procesos morfodinámicos 109
2.4.6.3.4. Zonificación de amenaza por movimientos en masa 109
2.4.6.3.5. Zonificación de amenaza por inundación y avenida torrencial 110
2.4.6.4. Centro poblado La Corrala 112
2.4.6.4.1. Geología Local 112

2.4.6.4.2. Geomorfología Local 114
2.4.6.4.3. Procesos morfodinámicos 116
2.4.6.4.4. Zonificación de amenaza por movimientos en masa 116
2.4.6.4.5. Zonificación de amenaza por inundación y avenida torrencial 117
2.4.6.5. Centro poblado La Miel 118
2.4.6.5.1. Geología Local 118
2.4.6.5.2. Geomorfología Local 120
2.4.6.5.3. Procesos morfodinámicos 123
2.4.6.5.4. Zonificación de amenaza por movimientos en masa 123
2.4.6.5.5. Zonificación de amenaza por inundación y avenida torrencial 124
2.4.6.6. Centro poblado La Quiebra 126
2.4.6.6.1. Geología Local 126
2.4.6.6.2. Geomorfología Local 129
2.4.6.6.3. Procesos morfodinámicos 131
2.4.6.6.4. Zonificación de amenaza por movimientos en masa 132
2.4.6.6.5. Zonificación de amenaza por inundación y avenida torrencial 133
2.4.6.7. Centro poblado El Raizal 133
2.4.6.7.1. Geología Local 133
2.4.6.7.2. Geomorfología Local 135
2.4.6.7.3. Procesos morfodinámicos 137
2.4.6.7.4. Zonificación de amenaza por movimientos en masa 137
2.4.6.7.5. Zonificación de amenaza por inundación y avenida torrencial 138
2.4.6.8. Centro poblado La Raya 138
2.4.6.8.1. Geología Local 138
2.4.6.8.2. Geomorfología Local 141
2.4.6.8.3. Procesos morfodinámicos 143
2.4.6.8.4. Zonificación de amenaza por movimientos en masa 143
2.4.6.8.5. Zonificación de amenaza por inundación y avenida torrencial 144
2.4.6.9. Centro poblado La Salada Parte Baja 144
2.4.6.9.1. Geología Local 145
2.4.6.9.2. Geomorfología Local 147
2.4.6.9.3. Procesos morfodinámicos 148
2.4.6.9.4. Zonificación de amenaza por movimientos en masa 148
2.4.6.9.5. Zonificación de amenaza por inundación y avenida torrencial 149
2.4.6.10. Centro poblado La Tolva 149
2.4.6.10.1. Geología Local 150
2.4.6.10.2. Geomorfología Local 152
2.4.6.10.3. Procesos morfodinámicos 154
2.4.6.10.4. Zonificación de amenaza por movimientos en masa 154
2.4.6.10.5. Zonificación de amenaza por inundación y avenida torrencial 155
2.4.6.11. Centro poblado La Valeria 157
2.4.6.11.1. Geología Local 157
2.4.6.11.2. Geomorfología Local 160
2.4.6.11.3. Procesos morfodinámicos 162
2.4.6.11.4. Zonificación de amenaza por movimientos en masa 162
2.4.6.11.5. Zonificación de amenaza por inundación y avenida torrencial 163
2.4.6.12. Centro poblado Quiebrapatas 165
2.4.6.12.1. Geología Local 165
2.4.6.12.2. Geomorfología Local 167
2.4.6.12.3. Procesos morfodinámicos 168
2.4.6.12.4. Zonificación de amenaza por movimientos en masa 168
2.4.6.12.5. Zonificación de amenaza por inundación y avenida torrencial 169
2.4.6.13. Análisis comparativo de amenazas en centros poblados 169

2.4.7. Áreas de población limítrofes al perímetro urbano con tratamiento de escala urbana 172
2.5. BIBLIOGRAFÍA 175

INTRODUCCIÓN

Como sistema ambiental se entiende al conjunto de elementos naturales con relaciones de interacción e interdependencia que le confieren identidad propia para formar un todo unificado. Este sistema ambiental puede ser natural o artificial, siendo el natural el conformado por los elementos de la ecosfera, es decir, la parte de la tierra donde existe vida sin apoyo artificial, como lo son: atmósfera, hidrosfera, geosfera y biosfera. El sistema natural artificial son todos aquellos elementos que derivan de la acción humana, de su desarrollo y diversidad cultural, como lo son: sociosfera, tecnosfera y noosfera.

En el marco del Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) del municipio de Caldas, el sistema ambiental define, cuantifica y delimita los elementos que componen la estructura ecológica municipal, además, reglamenta los usos y tratamientos adecuados para las áreas donde se encuentran dichos elementos, buscando abastecer a la población municipal con los beneficios directos e indirectos de la biodiversidad y sus diferentes componentes, estructuras y funciones. La definición de la estructura ecológica de Caldas busca la conservación y sostenibilidad de los activos ambientales municipales a largo plazo, como estrategia para la adaptación al cambio climático y herramienta de prevención y mitigación de desastres naturales.

Los componentes del sistema ambiental se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Componentes físicos-químicos, terrestres y fuera de la tierra: minerales, suelos, clima, recursos hídricos y atmósfera. Son de gran importancia para conocer las características de los elementos que influyen en la vida en el planeta, incluyendo las características geográficas.
- Componentes de la flora y fauna: animales, bosques, plantas y microorganismos. Se estudia la capacidad de reproducción, las relaciones de dependencia entre los organismos, su posibilidad de propiciar alimentos y ser parte importante del hábitat para los animales.
- Componente humano: la infraestructura, el desarrollo económico, social, cultural e histórico. Es de gran importancia debido a su capacidad de influir en el resto de los componentes, debido a su desarrollo tecnológico y levantamiento de infraestructura, además del vínculo social y las relaciones económicas, políticas y culturales para su propio bienestar.

La sostenibilidad ambiental se define como un equilibrio entre la sociedad con su medio ambiente, de manera que la población pueda satisfacer sus necesidades de forma equitativa con una utilización apropiada de los recursos naturales, cuidando de ellos y permitiendo su regeneración, para no comprometer la vida de las generaciones futuras y las del resto de los seres vivos. Los recursos naturales son limitados y la sobreexplotación o mal manejo de ellos, puede generar que en mediano o largo plazo no existan fuentes importantes de abastecimiento de elementos esenciales, como lo es el recurso hídrico, los recursos energéticos, el suelo aprovechable, los recursos forestales, entre otros. La sostenibilidad ambiental permite mantener el patrimonio natural y la capacidad productiva del planeta a pesar del desarrollo económico y social del ser humano.

El desarrollo sustentable y sostenible, a pesar de su semejanza, tienen un enfoque diferente. El desarrollo sostenible busca satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones del futuro, contando con tres factores claves: sociedad, economía y medio ambiente. Es un método pensado a largo plazo y con beneficios progresivos, que se deberán llevar a cabo de manera permanente, trabajando en temas como la administración ambiental y el desarrollo económico. El desarrollo sustentable está enfocado exclusivamente en los recursos naturales y el medio ambiente, tratando de preservarlos, conservarlos y protegerlos, pensando en el futuro inmediato del entorno natural, con la finalidad de no afectar a las generaciones futuras, pero beneficiando a la sociedad actual.

Trabajar de la mano del desarrollo sostenible y el desarrollo sustentable es un proceso de mejoramiento equitativo, y una gran opción para las empresas, las industrias y los sectores gubernamentales que estén interesados en mejorar sus prácticas. Logrando un entorno en el que se pueda vivir con calidad y de una manera más responsable. Buscando el desarrollo sostenible y sustentable, el ordenamiento territorial

municipal se enfoca en la construcción de un sistema ambiental que permita la consolidación de estructuras ecológicas.

Normativamente, la estructura ecológica de un territorio es definida como el "Conjunto de elementos bióticos y abióticos que dan sustento a los procesos ecológicos esenciales del territorio, cuya finalidad principal es la preservación, conservación, restauración, uso y manejo sostenible y sustentable de los recursos naturales renovables, los cuales brindan la capacidad de soporte para el desarrollo socioeconómico de las poblaciones" (Decreto 3600 de 2007). Una definición alternativa considera estructura ecológica al "Conjunto de ecosistemas naturales y seminaturales que tienen una localización, extensión, conexiones y estado de salud tales que garantice el mantenimiento de la integridad de la biodiversidad, la provisión de servicios ambientales (agua, suelos, recursos biológicos y clima), como medida para garantizar la satisfacción de las necesidades básicas de los habitantes y la perpetuación de la vida" (Van der Hammen & Andrade, 2003).

Ordenar ambientalmente un territorio es plantear estrategias para manejar la problemática y las oportunidades ambientales: prevenir, mitigar, resolver y/o transformar. Ordenar ambientalmente destaca acciones propias en la relación sociedad-naturaleza, con el propósito de entender y regular la dinámica del sistema ambiental. Ordenar el territorio es darle sentido y dirección a la relación sociedad-territorio, procurando que las personas agrupadas en determinada zona acuerden bajo criterios políticos, sociales, administrativos y económicos la manera de como emplearán, utilizaran, aprovecharán y conservarán el territorio donde están asentadas. El ordenamiento ambiental del territorio es un instrumento del Estado para hacer efectiva la integración de las variables ambientales, sociales y económicas en pro del desarrollo sostenible y sustentable. Aplicándose por medio de un conjunto de acciones y herramientas destinadas a articular los usos del territorio y los servicios ecosistémicos que el mismo puede brindar.

El ordenamiento ambiental del territorio como herramienta técnica de planeación se fundamenta en el análisis, evaluación y definición de soluciones a los problemas, conflictos y desequilibrios ambientales a corto, mediano y largo plazo, entendiendo que el territorio es un sistema complejo. El uso sostenible del territorio y sus bienes naturales exige que las actividades productivas suplan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras y minimizar los impactos negativos que podrán ocasionar los diversos usos del territorio, garantizando el derecho a gozar de un ambiente equilibrado y logrando mayor calidad de vida. El ordenamiento territorial como instrumento de gestión pública en el uso del suelo y de los recursos naturales, implica la operación simultánea y continua de diversas fases de interacción, en las que se define implícita o explícitamente, la conformación del territorio.

Uno de los principales componentes del sistema ambiental en el ordenamiento territorial, es la **gestión del riesgo de desastres**. La gestión del riesgo es el proceso de identificar, analizar y cuantificar las probabilidades de pérdidas y efectos secundarios que se desprenden de los fenómenos naturales, así como de las acciones preventivas, correctivas y reductivas correspondientes que deben emprenderse. El riesgo es función de la amenaza y la vulnerabilidad, definiéndose como la probabilidad de ser afectado, en un punto geográfico definido y dentro de un tiempo específico. Los sucesos naturales no son siempre controlables, la vulnerabilidad si lo es.

La gestión del riesgo definida por la Ley 1523 de 2012, "es un proceso social orientado a la formulación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas, estrategias, planes, programas, regulaciones, instrumentos, medidas y acciones permanentes para el conocimiento y la reducción del riesgo y para el manejo de desastres, con el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible".

El sistema ambiental y la gestión del riesgo son complementarios, por lo cual el papel de las diferentes autoridades, instituciones y demás actores, deben entenderse de dicha manera, adelantando procesos de planificación territorial en las regiones, en función a su desarrollo sostenible. El Sistema Nacional Ambiental (SINA), construye una estrecha relación con el Sistema Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (SNGRD), con el fin de realizar normas, políticas, y apoyar la toma de decisiones relacionadas con la gestión del riesgo y el sistema ambiental.

Con el fin de garantizar la preservación del Sistema Ambiental, es importante contemplar agentes como el del cambio climático, éste se entiende como un cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables o como resultado de las actividades humanas. La principal causa del cambio climático es el calentamiento global y tiene consecuencias negativas en el sistema ambiental, el aumento de la temperatura pone en peligro la supervivencia de la flora y fauna de la tierra, además el derretimiento de la masa de hielo en los polos, provocando el aumento del nivel del mar, lo que produce inundaciones y amenaza a los litorales costeros. El aumento de la temperatura del planeta es provocado, entre otros, por las emisiones a la atmósfera de gases de efecto invernadero.

Se estima que en Colombia y debido al cambio climático, la temperatura podría aumentar entre 1 y 4 °C y se generará una variación significativa entre el 15 – 30 % en la precipitación para el periodo 2070-2090. Las zonas y sectores más sensibles al cambio climático en Colombia serán: zonas costeras e insulares, ecosistemas de alta montaña, afectando la disponibilidad del recurso hídrico, la salud y los sectores transporte, energético y agropecuario.

Colombia es miembro de la Asociación Independiente de América Latina y el Caribe AILAC, que tiene por objeto el de "generar posiciones coordinadas, ambiciosas y progresistas que aporten positivamente al balance en las negociaciones multilaterales sobre cambio climático, considerando una visión coherente con el desarrollo sostenible y responsable con el medio ambiente y las futuras generaciones"[1]. El país participó también en las negociaciones que resultaron en la adopción del Acuerdo de París en 2015. El sistema ambiental municipal es sin duda, una oportunidad para que el municipio defina políticas y estrategias enfocadas a mitigar el posible impacto del cambio climático en su territorio a través de un ordenamiento territorial consciente e inteligente. La estructura ecológica permitirá la consolidación de un territorio con efectos mínimos por el cambio climático.

Dada las condiciones geográficas del Valle de Aburrá y particularmente del municipio de Caldas, como parte del mismo, uno de los elementos medio ambientales clave es el componente aire. En la última década se ha presentado múltiples contingencias ambientales debido a la calidad del aire, calidad que afecta directamente la calidad de vida y las condiciones medio ambientales del Valle de Aburrá y sus habitantes, el componente ambiental del presente PBOT considera el elemento aire y su gestión como un factor clave para determinar la capacidad de soporte territorial y en ultimas el ordenamiento territorial.

El Plan Básico de Ordenamiento Territorial del municipio de Caldas, como instrumento de planeación y planificación tiene la capacidad de considerar y ordenar la gestión del ruido en el municipio. Las zonificaciones de aprovechamientos, usos y la reglamentación específica para construcciones permite garantizar una buena calidad de vida para los habitantes del territorio a través de garantizar la no exposición a niveles de ruido nocivos o incomodos.

2.1.Marco normativo

El subsistema ambiental está compuesto, entre otros, por los factores Ambientales y de gestión de riesgo, los cuales son los principales constituyentes de la estructura ecológica principal y a su vez, son los componentes principales de la zonificación ambiental en el territorio. Adicionalmente y más allá de la materialización de la estructura ecológica principal, el sistema ambiental debe de considerar otros elementos medioambientales, tales como el ruido, el cambio climático, y otros. La normativa que reglamenta la incorporación del subsistema ambiental al PBOT considera cada una de las temáticas. A continuación, presentamos las normas específicas de cada uno de ellos.

[1] https://www.rree.go.cr/?sec=servicios&cat=prensa&cont=593&id=4902

2.1.1. Normatividad ambiental

A continuación, se enuncia la normativa nacional, ésta define los aspectos ambientales que deben hacer parte del ordenamiento territorial reglamentado por medio de los Planes de Ordenamiento Territorial:

- Ley 9 de 1989 (Ley 2 de 1991), ordena el inventario de asentamientos en riesgo.
- Ley 388 de 1997, "Ley de Desarrollo Territorial", que ordena la formulación del POT, y establece como una de las determinantes para la formulación de los Planes de Ordenamiento Territorial, "Las relacionadas con la conservación y protección del medio ambiente, los recursos naturales la prevención de amenazas y riesgos naturales".
- Decreto 3600 de 2007, dicta los determinantes de ordenamiento del suelo rural, y los parámetros para definir las áreas de protección.
- Decreto Ley 019 de 2012, que dicta los requisitos para la revisión del POT, y define la importancia de la gestión del riesgo en la formulación de estos Planes.
- Decreto 1807 de 2014, que establece las condiciones técnicas y el nivel de detalle de los estudios necesarios para la definición de los diferentes escenarios de riesgo, y su influencia en la planificación propia de los Planes de Ordenamiento Territorial
- Decreto 1077 de 2015, que compila el Decreto 1807 de 2014 y el Decreto 3600 de 2007.
- Decreto 1232 de 2020, que modifica el Decreto 1077 en lo relacionado con la planeación del ordenamiento territorial.

Adicionalmente, es de obligatoria incorporación en los POT las declaratorias de áreas protegidas, los planes de ordenamientos y manejo de cuencas hidrográficas (POMCAS) y las reglamentaciones y acuerdos expedidos por la Corporación Autónoma Regional con jurisdicción en el territorio, de acuerdo a lo establecido en el Decreto 019 de 2012.

2.1.2. Normatividad de gestión del riesgo

En cuanto a la integración de la gestión del riesgo en los POT, la normativa nacional que dicta disposiciones respecto acerca de dicha integración es la siguiente:

- Ley 1523 de 2012, creación del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.
- Decreto Ley 919 de 1989, prevención y atención de desastres.
- Decreto 1807 de 2014, compilado en el Decreto 1077 de 2015.
- Resolución 448 de 2014, inventario nacional de asentamientos en alto riesgo.

De conformidad a lo establecido en el Decreto 1807 de 2014, la zonificación del **riesgo** en el municipio debe comprender el estudio de amenaza, el cual debe de ser realizado en escala máxima de 1:10.000, en suelo Urbano, y 1:25.000 en suelo rural.

2.1.3. Cambio climático en el PBOT

La Ley 1931 del 27 de julio de 2018, "Por la cual se establecen directrices para la gestión del cambio climático" da orientaciones para que simultáneamente al conocimiento y gestión del riesgo, se trabaje desde el POT en la gestión del cambio climático, entendida dicha gestión como: "... el proceso coordinado de diseño, implementación y evaluación de acciones de mitigación de GEI16 y adaptación al cambio climático orientado a reducir la vulnerabilidad de la población, infraestructura y ecosistemas a los efectos del cambio climático. También incluye las acciones orientadas a permitir y aprovechar las oportunidades que el cambio climático genera."

La misma Ley da orientaciones para incorporar la gestión del cambio climático en los POT y establece en el "ARTÍCULO 9. INSTRUMENTOS MUNICIPALES Y DISTRITALES. Las autoridades, municipales y distritales deberán incorporar dentro de sus planes de desarrollo y planes de ordenamiento territorial, la gestión del cambio climático teniendo corno referencia los Planes Integrales de Gestión del Cambio Climático Territoriales: de su departamento y los Planes Integrales de Gestión del Cambio Climático Sectoriales. Asimismo, podrán incorporar la gestión del cambio climático en otros instrumentos de planeación con que cuente la respectiva entidad territorial."

2.1.4. Suelos de protección ambiental

Mediante la expedición del Decreto 622 de 1977, que reglamenta parcialmente el Decreto Ley 2811 de 1974, se define que el área protegida es "aquella con valores excepcionales para el patrimonio Nacional, que debido a sus características naturales y en beneficio de los habitantes de la Nación se reserva y declara dentro de alguno de los tipos de áreas definidas en el Artículo 329 del Decreto Ley 2811 de 1974".

En el año 2010, se acoge a nivel nacional el nuevo concepto de área protegida en el artículo 2 del Decreto 2372 del mismo año, y se define como el "área definida geográficamente que haya sido designada, regulada y administrada a fin de alcanzar objetivos específicos de conservación".

A partir de 1994 se crea en Colombia el Sistema Nacional de Áreas Protegidas SINAP, debido a que el país suscribió el convenio de Diversidad Biológica, a través de la Ley 165 de 1994, con base en la cual se formuló la Política Nacional de Biodiversidad y se adquirió el compromiso de conformar y consolidar un Sistema Nacional de Áreas Protegidas -SINAP.

Según el Artículo 3 del Decreto 2372 del 2010, el SINAP se concibe como "el conjunto de áreas protegidas, los actores sociales e institucionales y las estrategias e instrumentos de gestión que las articulan, que contribuyen como un todo al cumplimiento de los objetivos generales de conservación del país". Su objetivo principal consiste en asegurar la preservación, conservación y recuperación del medio natural y de las condiciones de la biodiversidad en general, mediante la gestión eficaz de las áreas protegidas, en un marco democrático, participativo, descentralizado y coordinado a todos los niveles y con el fin de contribuir al desarrollo humano sostenible del país.

El SINAP está compuesto por: i) las áreas protegidas en sus diversas categorías de manejo, y de los niveles de gestión nacional, regional y local; ii) los actores del Sistema Nacional Ambiental; iii) los tipos de gobierno; iv) las instancias de coordinación y articulación; v) las interacciones entre los elementos biofísicos, entre actores y entre los elementos biofísicos y actores; vi) los instrumentos: normativos, de planeación, económicos, financieros, organización, información, capacitación, educación, divulgación e investigación; y vii) los objetivos de conservación.

Con el Decreto Ley 2811 de 1974 – Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables – se definieron seis categorías del orden nacional bajo las cuales están constituidas en la actualidad las 56 áreas protegidas del Sistema de Parques Nacionales Naturales que están bajo la administración directa de la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales, UAESPNN. Esta entidad es la encargada de la coordinación y consolidación del SINAP mediante la reglamentación contenida en el Decreto 216 de 2003. Las categorías de áreas protegidas son: Parque Nacional Natural, Reserva Natural, Santuario de Fauna, Santuario de Flora, Área Natural Única y Vía Parque.

Con la entrada en vigencia del Decreto 2372 de 2010, las áreas protegidas del nivel regional y local empiezan a definirse y reglamentarse por Las Corporaciones autónomas regionales, que en el ejercicio de sus funciones reglamentarias están autorizadas para "Reservar, alinderar, administrar o sustraer, en los términos y condiciones que fijen la ley y los reglamentos, los distritos de manejo integrado, los distritos de conservación de suelos, las reservas forestales, parques naturales de carácter regional, y reglamentar su uso y funcionamiento. Administrar las Reservas Forestales Nacionales en el área de su jurisdicción", de conformidad a lo definido en la Ley 99 de 1993.

Las áreas protegidas de carácter regional que pueden declarar y manejar las Corporaciones Autónomas Regionales, CAR, están enmarcadas bajo las siguientes categorías: Distrito de Conservación de suelos, Distrito de Manejo Integrado, Reserva Forestales Protectora, Área de Recreación, Reserva Forestal Protectora-Productora, Reserva Forestal Productora, Coto de caza (declarada por particulares y administrada por el propietario –licencia CAR), Territorio Fáunico, Reserva de caza, Reserva de Pesca Artesanal, Zona de Protección el Paisaje.

2.1.5. Flora y Fauna

El PBOT debe aportar a la construcción de la Estructura Ecológica Principal – EEP - y a garantizar la conservación de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos, elementos esenciales para el desarrollo del Municipio y el bienestar de las poblaciones que lo habitan.

En este sentido y teniendo en cuenta la Resolución 1912 del 15 de septiembre de 2017, expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible "Por la cual se establece el listado de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana continental y marino costera que se encuentran en el territorio nacional, y se dictan otras disposiciones", es importante que en el diagnóstico se identifiquen las especies presentes en el territorio municipal, se caractericen y delimiten los hábitats de las mismas y en la formulación se prioricen acciones para su conservación. De igual manera, es importante tener en cuenta la Resolución 10194 de 2008, emitida por CORANTIOQUIA, que reglamenta el uso y aprovechamiento de la flora amenazada en su jurisdicción y definir cuáles de estas especies existen en el Municipio, estableciendo medidas para su fomento y conservación.

2.1.6. Calidad del Aire

Como parte importante del sistema ambiental, el componente aire, su incorporación en el ordenamiento territorial y la gestión de este, cuenta con una normativa específica que da las pautas de tratamiento.

Normatividad en calidad del aire:

- Decreto Ley 2811 de 1974. Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.
- Ley 1083 de 2006, Por medio de la cual se establecen algunas normas sobre planeación urbana sostenible y se dictan otras disposiciones.
- Decreto 1076 de 2015. Decreto Reglamentario Único del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Resolución 909 de 2008 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, por la cual se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas.
- CONPES 3943. Política para el mejoramiento de la calidad del aire.

- Acuerdo Metropolitano 16 de 2017. Por el cual se adopta el Plan Integral de Gestión de la Calidad del Aire para el Valle de Aburrá y se clasifica la cuenca atmosférica del valle con problemas de contaminación por PM2.5.
- Acuerdo Metropolitano 31 de 2019 (PEMOT).
- Acuerdo Metropolitano 23 de 2015 (construcción sostenible).

2.1.7. Ruidos

El municipio debe cumplir con la normativa y políticas vigentes referidas a la temática como son entre otras las Resolución 8321 de 1983 *Por la cual se dictan normas sobre Protección y Conservación de la Audición de la Salud y el bienestar* y la Resolución 627 de 2006 *Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental.*

- Ley 1083 de 2006. "*Por medio de la cual se establecen algunas normas sobre planeación urbana sostenible y se dictan otras disposiciones".* Artículo 2. Los alcaldes de los municipios y distritos de que trata el artículo anterior tendrán un plazo de dos (2) años contados a partir de la promulgación de la presente ley, para adoptar mediante Decreto los Planes de Movilidad en concordancia con el nivel de prevalencia de las normas del respectivo PBOT.
- Resolución 627 de 2006. Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental. Los estándares máximos permisibles tanto para emisión de ruido como para el ruido ambiental dependen de la zonificación de usos del suelo.
- Decreto 1076 de 2015. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Título 5 capítulo 1, Sección 3 de las emisiones contaminantes. Modificado parcialmente por el Decreto N° 50 de 2018.
- Ley 1801 de 2016 (Código Nacional de Policía) en sus artículos asociados a los requisitos de ruido para nuevas actividades económicas.
- Acuerdo Metropolitano No. 24 de 2019 mediante el cual se ha adoptado el Plan de Acción para la Prevención y Control de la Contaminación por Ruido del Valle de Aburrá, el cual contempla las estrategias a implementar para mitigar el impacto del ruido ambiental, a través de acciones diseñadas para gestionar los problemas y efectos del ruido, prevenir y preservar la calidad acústica, reducir progresivamente la contaminación por ruido del Valle de Aburrá y proteger la salud pública y el ambiente

2.2. Determinantes Ambientales

Las corporaciones autónomas regionales, como encargadas de velar por el medio ambiente y el ordenamiento territorial en su jurisdicción, determinan una serie de zonificaciones, áreas o elementos normativos que deben de ser incorporados al ordenamiento territorial municipal. Según la competencia de la autoridad ambiental que defina uno de los determinantes, estos pueden ser de orden nacional, regional o local. Debido a que el municipio de Caldas hace parte del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA), esta entidad también tiene funciones de Autoridad Ambiental en los suelos definidos como urbanos.

La Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia -CORANTIOQUIA, creada por la Ley 99 de 1997, es una entidad corporativa de carácter público y de orden nacional, con patrimonio propio, personería jurídica y autonomía administrativa y financiera, integrada por 80 municipios cuyos territorios se localizan en las vertientes y tierras tributarias del Cauca antioqueño y la cuenca del río Medellín, Porce, Nechí, así como parte del Magdalena antioqueño.

CORANTIOQUIA regula el municipio de Caldas y tiene como objeto la ejecución de las políticas, planes, programas y proyectos sobre medio ambiente y recursos naturales renovables, así como dar cumplida y

oportuna aplicación a las disposiciones legales vigentes sobre su disposición, administración, manejo y aprovechamiento, conforme a las regulaciones, pautas y directrices expedidas por el Ministerio de Medio Ambiente.

El Área Metropolitana del Valle de Aburrá – AMVA, es una entidad administrativa de derecho público que asocia los 10 municipios que conforman el Valle de Aburrá, dentro de los cuales se encuentra el municipio de Caldas , vinculados entre sí por dinámicas e interrelaciones territoriales, ambientales, económicas, sociales, demográficas, culturales y tecnológicas que para la programación y coordinación de su desarrollo sustentable, desarrollo humano, ordenamiento territorial y racional prestación de servicios públicos requieren un ente coordinador.

El Área Metropolitana del Valle de Aburrá actúa como autoridad de transporte público metropolitano y autoridad ambiental urbana. También funge como ente articulador planificador y de coordinación territorial, además de ser ente articulador en seguridad y convivencia.

Las Autoridades Ambientales (CORANTIOQUIA, AMVA), tienen una responsabilidad fundamental en el ordenamiento ambiental del territorio, entendido este como la función atribuida al estado de regular y orientar el proceso de diseño y planificación de uso del territorio y de los recursos naturales renovables de la nación, a fin de garantizar su adecuada explotación y su desarrollo sostenible. Los determinantes tienen doble función dado que se convierte en elementos articuladores del territorio al permitir conformar la Estructura Ecológica Principal y a su vez orientan los Modelos de Ocupación Territorial de los municipios, siendo competencia de la corporación verificar que, durante el proceso de concertación, se realice la correcta incorporación de estas determinantes en la formulación del proyecto de revisión y ajuste del POT.

Para lograr la relación entre el Ordenamiento Territorial Municipal y el Ordenamiento Ambiental Territorial, que permita un desarrollo en armonía con el medio ambiente, se han identificado unos asuntos y determinantes ambientales, expedidos por las entidades ambientales que hacen parte del Sistema Nacional Ambiental – SINA y que deben ser tenidos en cuenta por las administraciones municipales al momento de formular o revisar los Planes de Ordenamiento Territorial – POT. Así mismo, con el fin de garantizar la adecuada incorporación de los asuntos y determinantes ambientales en el POT, la ley define una instancia de concertación entre el municipio y la Corporación Autónoma Regional, o autoridad ambiental correspondiente, en lo concerniente a los asuntos exclusivamente ambientales del POT (Articulo1, Parágrafo 6 de la Ley 507 de 1999 que modifica la Ley 388 de 1997).

La Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia – CORANTIOQUIA expone los asuntos y determinantes ambientales para el ordenamiento territorial en jurisdicción del municipio de Caldas.

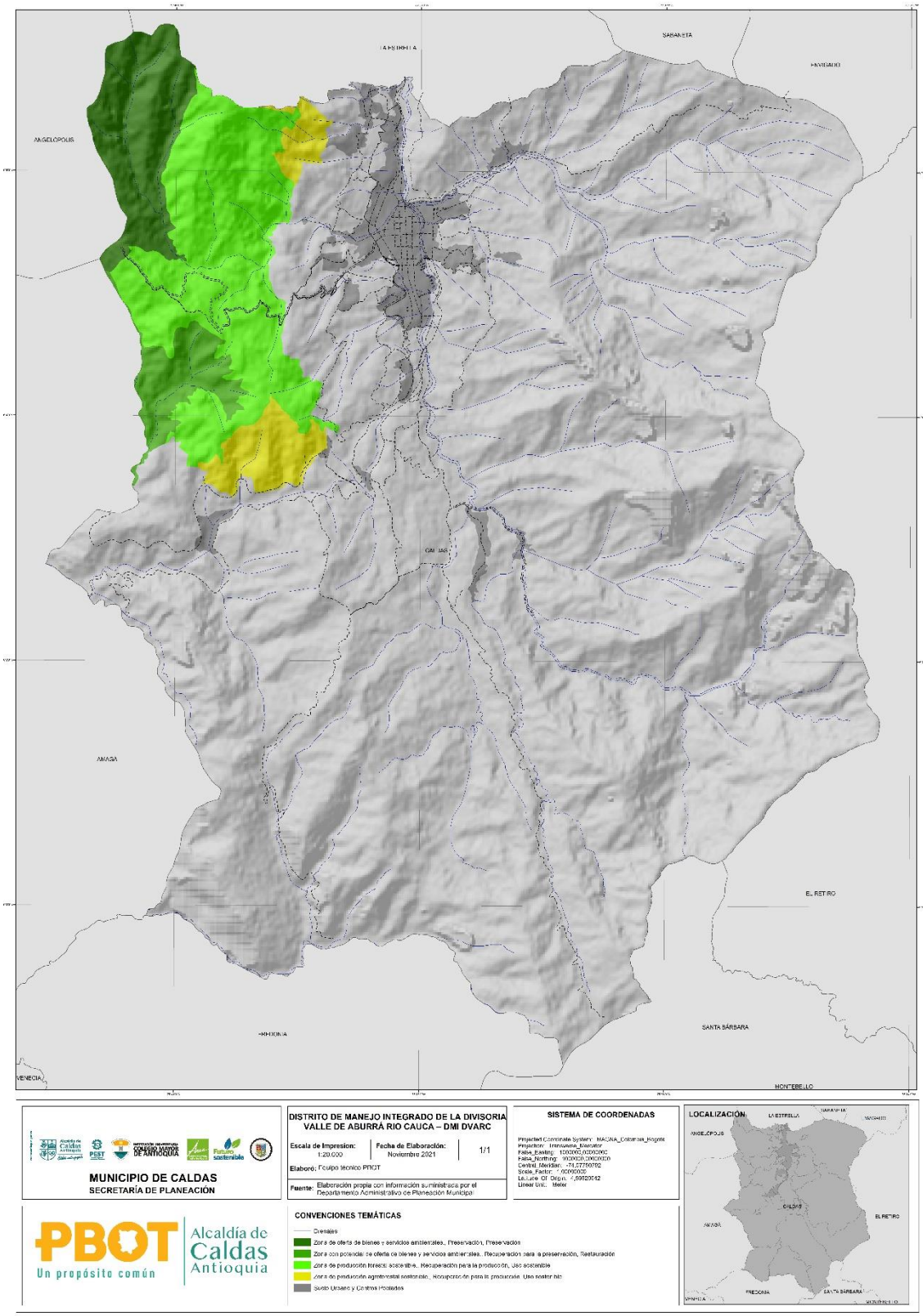
Tabla 1. Determinantes Ambientales para el Ordenamiento Territorial de Caldas.

ASUNTOS Y DETERMINANTES AMBIENTALES PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN LA JURISDICCIÓN DE CORANTIOQUIA PARA CALDAS		
Áreas protegidas	Regional	DMI- Divisoria Valle de Aburrá río Cauca
		Reserva Forestal Protectora Regional - RFPR
Áreas priorizadas por Biodiversidad	Ampliación Nare	
Zonas de recarga de acuíferos	Sistema valle de Aburrá	
Predios corporativos	San José	
Gestión del recurso hídrico	POMCA	POMCA río Aburrá
		POMCA río Amagá
	PORH	PORH río Aburra

ASUNTOS Y DETERMINANTES AMBIENTALES PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN LA JURISDICCIÓN DE CORANTIOQUIA PARA CALDAS		
		PORH río Amagá
		PORH quebrada la Sinifaná
Cambio climático	Plan Regional para el cambio climático para la jurisdicción de Corantioquia	

2.2.1. Distrito de Manejo Integrado de la Divisoria Valle de Aburrá Rio Cauca – DMI DVARC.

El Distrito de Manejo Integrado de la Divisoria Valle de Aburrá Rio Cauca – DMI DVARC (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), es una de las áreas protegidas reglamentadas por la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia – CORANTIOQUIA, en el marco de su función como administradora del medio ambiente y los recursos naturales renovables dentro del área de su jurisdicción. Su área es de 28.075 hectáreas se encuentra en jurisdicción de 11 municipios, localizados principalmente en la territoriales Aburra Norte y Aburra sur de la corporación, de los cuales el municipio de Caldas hace parte de dicha jurisdicción.



Mapa 1. : Zonificación ambiental del Distrito de Manejo Integrado de la Divisoria Valle de Aburrá Rio Cauca – DMI DVARC..

La reglamentación de su delimitación proviene del Acuerdo 267 de septiembre de 2007, antes denominada Área de Reserva del Occidente del Valle de Aburrá – AROVA. Posteriormente el Consejo directivo de la Corporación adopta el Plan Integral de Manejo, mediante Acuerdo 327 de septiembre 30 de 2009, cambiando su nombre a la denominación Distrito de Manejo Integrado de la Divisoria Valle de Aburrá Río

Cauca – DMI DVARC. A partir de las directrices del Decreto 2372 de 2010, en su artículo 23, la Corporación realizó la homologación de las denominaciones de las figuras de protección existentes de sus áreas protegidas para integrarse como áreas protegidas del SINAP, mediante el Acuerdo 387 de junio de 2011.

El Acuerdo 267 de 2007, reconoce la oferta de bienes y servicios ambientales que el área presta a la región, tales como el recurso hídrico, al nacer gran cantidad de fuentes de agua, muchas de las cuales abastecen la población de los municipios que lo conforman. También la conservación de la diversidad biológica y de los recursos naturales que además aportan a mantener la estabilidad del clima regional. El potencial para fomentar las actividades turísticas, proveer espacios para la investigación y facilitar procesos de educación ambiental.

El acuerdo de declaratoria define siete objetivos de conservación, los cuales, en la actualización del plan de manejo, se propone su modificación, agrupándolos y actualizándolos en tres objetivos como se presenta a continuación:

- Mantener la oferta de servicios ecosistémicos, especialmente los de regulación y abastecimiento hídrico, depuración del aire, conservación de la biodiversidad y servicios culturales; para la población del DMI DVARC y municipios vecinos, incluyendo los del Área Metropolitana del valle de Aburrá.
- Promover sistemas productivos sostenibles en el DMI DVARC, que se articulen con la conservación de la biodiversidad, de manera que se reconozcan integrados en un paisaje cultural, para fortalecer el arraigo de la comunidad y su protección, como estrategias para garantizar su permanencia en el territorio.
- Generar conectividad entre los relictos de boque andino y entre los elementos del sistema orográfico presentes en el DMI DVARC, en la búsqueda de la conservación de su biodiversidad, y de los paisajes que ofrecen los espacios naturales, asociados a la geodiversidad del territorio.

Las veredas del municipio de Caldas que se encuentran en jurisdicción del área de reserva son: Vereda El Raizal, La Aguacatala, La Chuscala, La Raya, La Valeria, Poterillo, Salinas y El Cano. El área del DMI al interior del municipio de Caldas es de 163 km^2, lo cual corresponde al 12,2 % del municipio de Caldas.

Si bien la zonificación del DMI, está constituida por 5 zonas, en el municipio de Caldas solo tienen aplicación cuatro (4) de ellas: Zona de Oferta de Bienes y Servicios Ambientales, Zona con Potencial de Oferta de Bienes y Servicios Ambientales, Zona de Producción Forestal Sostenible y Zona de Producción Agroforestal Sostenible.

La Zona de Oferta de Bienes y Servicios Ambientales, es aquella que contiene los ecosistemas en mejor estado de conservación de biodiversidad. El área de la zona es de 335.97 Ha, el cual corresponde al 2,53 % de la zona con relación al área del municipio.

La Zona con Potencial de Oferta de Bienes y Servicios Ambientales, agrupa las áreas cubiertas de vegetación natural en diferentes estados sucesionales, desarticuladas entre sí y con tendencia al encogimiento y al progreso de la fragmentación de los relictos de bosque natural allí localizados, debido al desarrollo de la actividad ganadera y en algunos casos a la existencia de plantaciones forestales productoras, con tendencia a su expansión hacia las zonas donde aún existen condiciones naturales con bajo nivel de intervención, se incluye en esta zona las franjas en los nacimientos y fuente de agua donde no existe la cobertura vegetal natural. El área de la zona es de 156.38 ha, el cual corresponde al 1.18 % de la zona con relación al área del municipio.

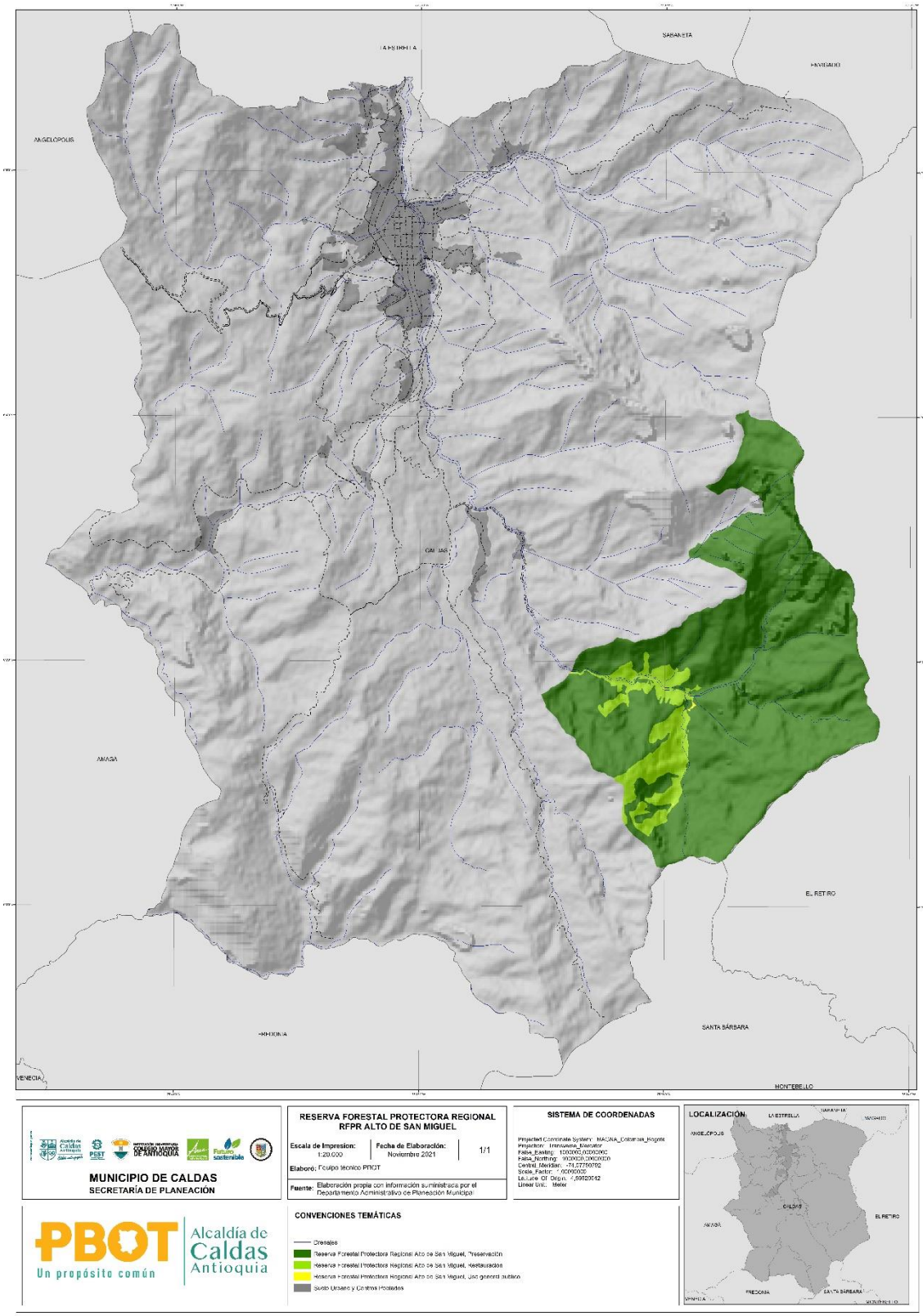
La Zona de Producción Forestal Sostenible, en esta zona se busca establecer prácticas de manejo y conservación de suelos en áreas con potencial de erosión o con procesos consolidados y, desarrollar prácticas de control a los procesos de expansión de la frontera agrícola y pecuaria. El área de la zona es de 887,67 Ha, el cual corresponde al 6,68 % de la zona con relación al área del municipio.

La Zona de Producción Agroforestal Sostenible corresponde a los sectores donde se deberá desarrollar las actividades productivas con medidas que aseguren la protección de los recursos naturales renovables, para poder atribuir a la seguridad alimentaria local y a la oferta de alimentos regional, de acuerdo a las aptitudes del territorio, también se debe implementar prácticas de manejo y conservación de suelos para el control de procesos erosivos. El área de la zona es de 210.46 Ha, el cual corresponde al 1,58% de la zona con relación al área del municipio.

Las condiciones ambientales del municipio de Caldas permiten el desarrollo de zonas de producción forestal sostenible, producción agropecuaria, zona de bienes y servicios ambientales, por lo cual se deben gestionar estrategias de desarrollo sostenible, que permitan el crecimiento socio económico del municipio y ser atractivo para la inversión público y privada.

2.2.2. Reserva Forestal Protectora Regional – RFPR Alto de San Miguel

Para el caso del municipio de Caldas, dentro de las categorías de Áreas Protegidas de SINAP, como áreas protegidas públicas, también le aplica la **Reserva Forestal Protectora Regional – RFPR Alto de San Miguel** (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), fue declarada, delimitada y alinderada, en el municipio de Caldas, por medio del Acuerdo del Consejo Directico de Corantioquia N° 476 de 22 de septiembre de 2016.



Mapa 2.Zonificación ambiental de la Reserva Forestal Protectora Regional – RFPR Alto de San Miguel.

Se destaca la importancia de la protección y conservación de dicha área protegida con el fin de asegurar en el tiempo la presencia de bosques naturales, en aras de garantizar su destinación al establecimiento, mantenimiento y utilización sostenible. La RFPR es una estrategia de protección dada la importancia de los recursos naturales asociados y la prestación de servicios ecosistémicos, no solo para el municipio de Caldas sino para la región del Valle de Aburrá y su interrelación con otras regiones circundantes.

La Reserva Forestal Protectora Regional – RFPR Alto de San Miguel constituye un importante corredor biológico que se conecta con zonas de bosque en el municipio de Sabaneta, Envigado y el Retiro. Además, contiene principalmente coberturas de bosque natural de protección que alberga innumerables nacimientos de agua, promoviendo el desarrollo eco turístico en esta zona, ya que es contemplado como espacio de altas calidades ambientales y paisajísticas.

Para el municipio de Caldas es de gran importancia ejecutar programas de educación ambiental permitiendo que las comunidades locales reconozcan la biodiversidad con la que convive en su entorno, sensibilizándolos sobre la importancia de proteger este patrimonio natural. Es por esto que se deben desarrollar actividades y talleres que involucren a la comunidad local en este proyecto de conservación, convirtiéndolos en embajadores que viven en armonía con su entorno.

2.2.3. POMCA Rio Aburrá

El municipio deberá incorporar en su PBOT los instrumentos de planificación del recurso hídrico, como determinantes ambientales de superior jerarquía, para ello se cuenta con la actualización del POMCA (año 2018), el PORH (2019), el Plan de Manejo Ambiental del Acuífero PMAA y el Plan de Ordenación y Manejo de la Microcuenca de La Quebrada LA Valeria.

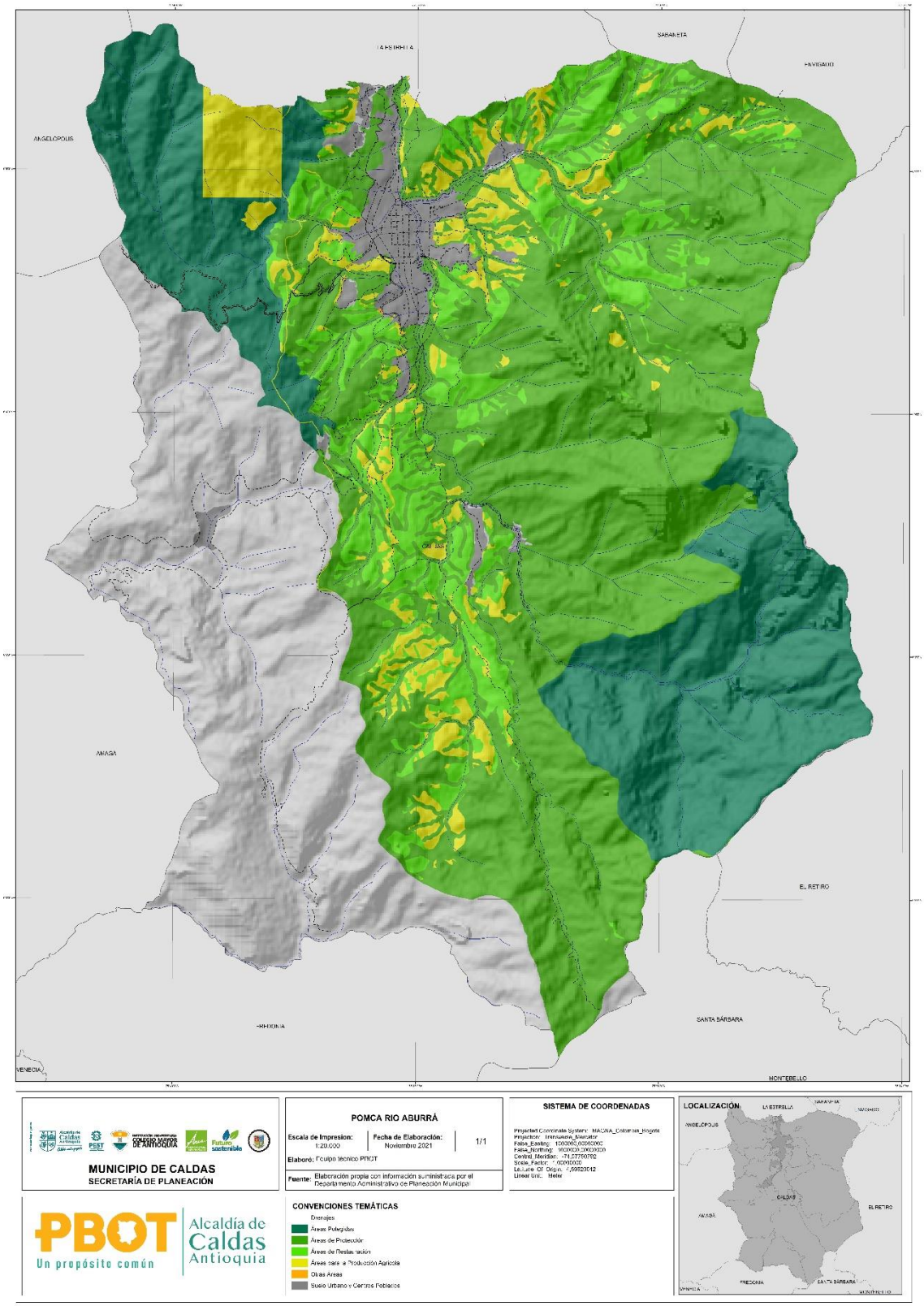
El POMCA es un instrumento para planear el uso coordinado del suelo, del agua, de la flora y la fauna y el manejo de la cuenca, entendido como la ejecución de obras y tratamientos, en la perspectiva de mantener el equilibrio entre el aprovechamiento social y económico de tales recursos y la conservación de la estructura fisicobiótica de la cuenca y particularmente del recurso hídrico.

Las autoridades ambientales de la cuenca del rio Aburrá - Medellín, el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, CORANTIOQUIA y CORNARE, formularon el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río Aburrá – Medellín Este fue aprobado mediante la Resolución 040 –RES1811-6712 de 20 de noviembre de 2018; Resolución 112-5007-2018-CORNARE 2018. El plan describe la situación ambiental de la cuenca para cada uno de los subsistemas y variables que componen la unidad de planificación de la región de estudio en el diagnóstico, cada uno con un análisis de la información base y metodológica de trabajo con los principales resultados. La situación ambiental y una apuesta de futuro (prospectiva) se consolidan en la zonificación ambiental de la cuenca que reúne proceso de largo y corto plazo.

La cuenca hidrográfica del Río Aburrá con código 2701-01 está ubicada en el departamento de Antioquia, en catorce municipios, entre estos se encuentra Caldas. El Río Aburrá – Medellín en su nacimiento en el sector de San Miguel, presenta una condición buena respecto a calidad de agua, que se mantiene hasta el sector de primavera, ambos en el municipio de Caldas.

El POMCA Aburrá 2018 dentro del municipio de Caldas, tiene varias implicaciones las cuales se describen a continuación:

El POMCA Río Aburrá reglamenta en el municipio de Caldas 101.8 km^2, lo cual corresponde al 76,5% del área del municipio. Dentro de esta existe la categoría de protección con un área de 53,69 7,38 km^2, la categoría de Restauración con un área de 11,73 7,38 km^2, la categoría de Producción Agrícola con un área de 7,38 7,38 km^2, el Área urbana con 3,67 7,38 km^2 y 0,02 7,38 km^2 en otras áreas. Esta zonificación implica que una parte importante del área municipal se encuentra reglamentada por las autoridades ambientales y las posibles intervenciones o actividades que se desarrollen en las mismas estarán condicionadas.



Mapa 3.Zonificación ambiental del POMCA Rio Aburrá..

El POMCA río Aburrá comprende 8 veredas del municipio de Caldas, las cuales son: El Raizal, La Aguacatala, La Chuscala, La Corrala, La Miel, primavera, La Raya y La Valeria, toda la zona urbana y los 11 polígonos delimitados en el Acuerdo 014 de 2010.

El POMCA del Rio Aburrá y su zonificación ambiental consideran una gran parte del municipio de Caldas como zonas de importancia ambiental, y por lo tanto, con altas restricciones en cuanto a sus posibles usos y aprovechamientos. El desarrollo territorial del municipio requerirá que dicha zonificación ambiental sea entendida correctamente y adaptada a la normativa local, de tal manera que se puedan identificar las actividades y usos adecuados para esta parte del territorio, garantizando que se puedan mantener los procesos de conservación ambiental requeridos, al mismo tiempo que se garantiza el desarrollo económico y la calidad de vida de las comunidades asentadas en estas zonas.

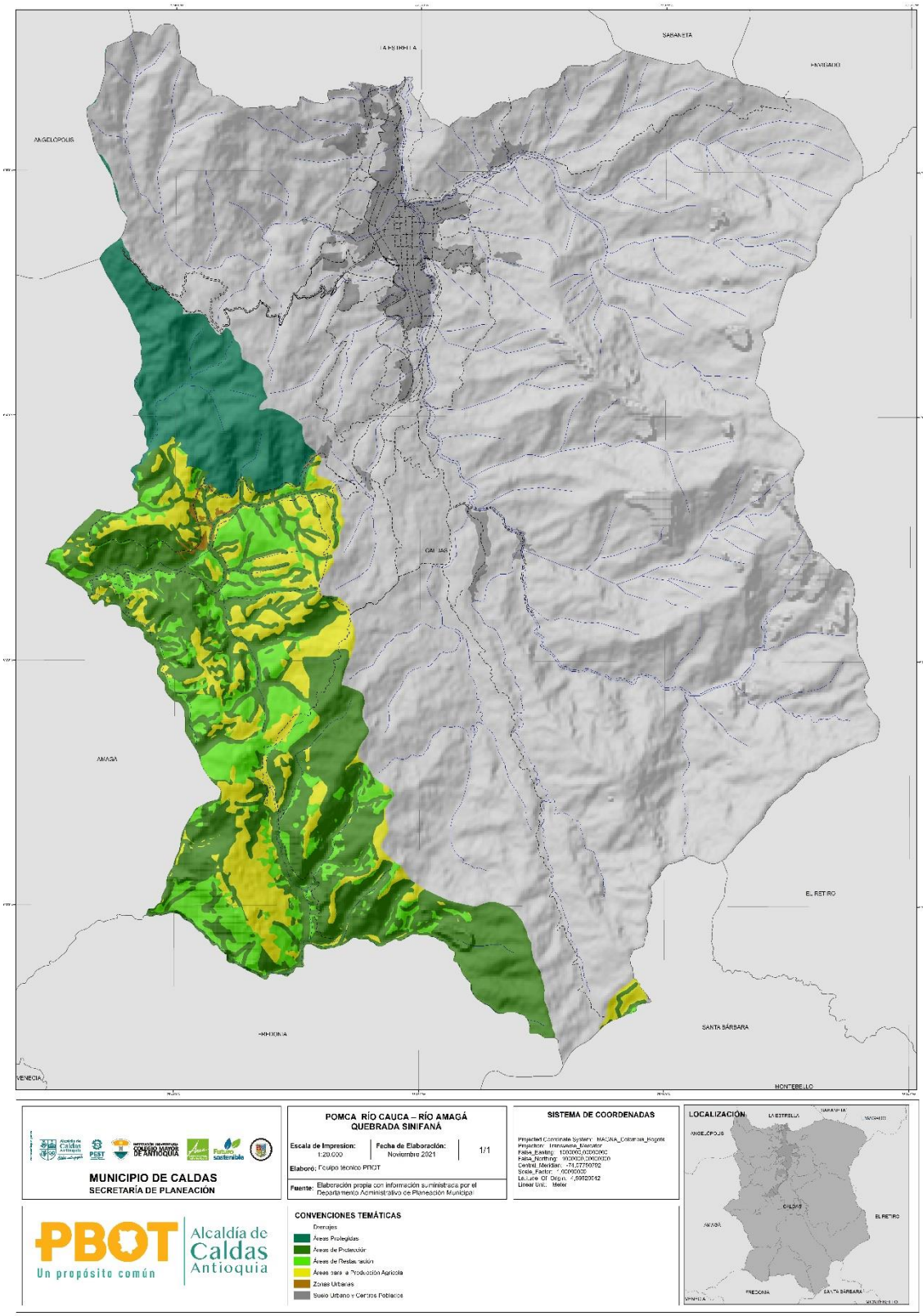
2.2.4. POMCA directos Río Cauca – Río Amagá, Quebrada Sinifaná

La Formulación del **POMCA Río Cauca – Río Amagá Quebrada Sinifaná**, está sujeta y da cumplimiento a lo establecido en el Título IV "De Los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas" del Decreto 1640 de 2012 expedido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), compilado en el Decreto 1076 de 2015, y sigue los criterios, procedimientos y lineamientos de la Guía Técnica para la formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas y sus anexos, expedida por la Resolución 1907 de 2013.

La cuenca hidrográfica de los Directos Río Cauca – Río Amagá y Quebrada Sinifana está ubicada en el Departamento de Antioquia, abracando 11 municipios, limitada al sur y occidente por el rio cauca, hacia el oriente principalmente por el sistema de fallas de Romeral y al norte por la divisoria de aguas del sector las cuchillas (Ebéjico), dentro de la cuenca se encuentra el municipio de Caldas, al cual le corresponde 3248,82 ha de la cuenca hidrografía (distribución territorial de la cuenca para Caldas).comprende las veredas Potrerillo, Salinas, Salada Parte Baja, Sinifaná y Cardalito.

Se incluye distintos tipos de vegetación que van desde pastizales hasta las áreas cubiertas por bosques naturales, además de las coberturas vegetales inducidas o seminaturales que son el resultado de la acción humana como son las áreas de cultivos. También se cuentan los cuerpos de agua, afloramientos rocosos, suelos desnudos y degradados, áreas urbanas y zonas industriales y carreteras.

El POMCA Rio Cauca – Rio amaga quebrada Sinifana reglamenta en el municipio un área de 31.0 km^2, el cual corresponde a un 23,3 % de la extensión del municipio, dentro de esta existe la clasificación de áreas protegidas con un área de 5,28 km^2, la categoría de área de protección con un área de 14,78 km^2, la categoría de Restauración con un área de 5,19 km^2y la categoría de producción agrícola con un área de 5,61km^2, y del área urbana 0.13 km^2.



Mapa 4.Zonificación ambiental de POMCA Rio Cauca. Rio Amagá Quebrada Sinifaná.

2.2.5. El Plan de Manejo Ambiental del Acuífero y medidas de manejo – PMAA

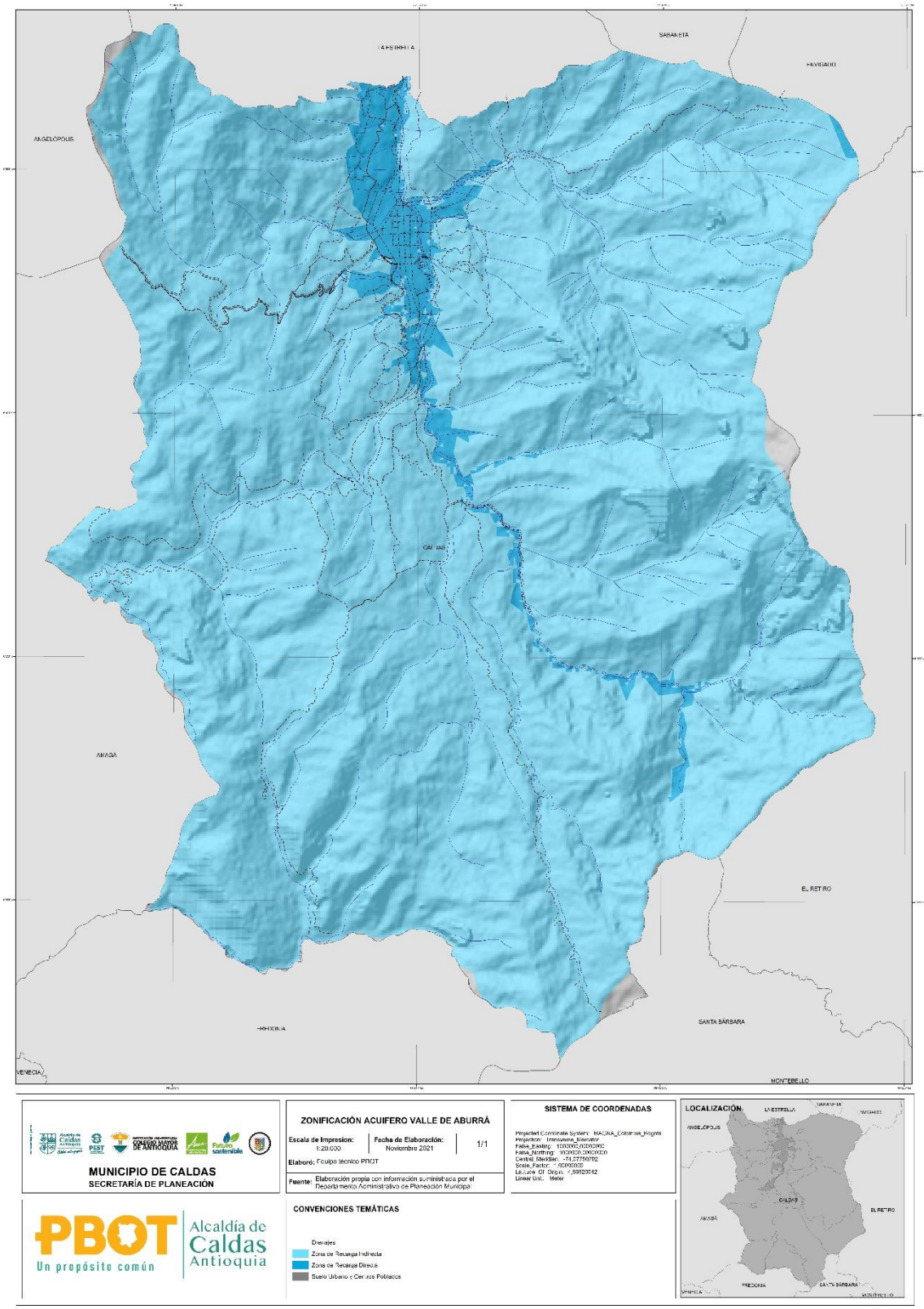
Debido a las condiciones geológicas del Valle de Aburrá, este desarrolla un acuífero libre, el cual es actualmente explotado por parte de los habitantes del valle. De forma general, en el valle de Aburrá, y particularmente el municipio de Caldas, las zonas bajas del valle presentan un alto potencial hidrogeológico. Estas zonas presentan dos características importantes, primero, son las zonas donde el nivel freático del acuífero libre no confinado se encuentra más cerca de la superficie y es fácilmente aprovechable para el abastecimiento de recurso hídrico, además, son las zonas de recarga directa del mismo acuífero.

Entendiendo la importancia del acuífero del valle de Aburrá y particularmente, de las zonas planas del fondo del valle, estas zonas fueron delimitadas y reglamentadas a través del plan de manejo ambiental del acuífero. Dicha reglamentación es incorporada al presente PBOT, buscando garantizar la conservación y el aprovechamiento sostenible del acuífero.

El PMAA es una herramienta de planeación formulada en cabeza del Área Metropolitana del Valle de Aburrá y deberá ser incorporado en el PBOT del municipio de Caldas, considerando especialmente las medidas de manejo para las zonas de recarga del sistema acuífero y la sostenibilidad del agua subterránea del valle de Aburrá, este hace parte de los documentos adoptados en el Plan de Manejo del Acuífero, medida que se articulan a la zonificación del POMCA Rio aburra.

La principal problemática asociada al acuífero se debe precisamente a la ubicación de sus unidades más importantes en la zona baja y relativamente plana del valle de Aburrá, toda vez que son esas mismas zonas las que son ocupadas y se encuentran urbanizadas. Esta relación geográfica entre el acuífero y la ocupación urbana configura un conflicto pues las actividades humanas, dependen del abastecimiento de recurso hídrico brindada por el acuífero, pero al mismo tiempo, ponen en riesgo de contaminación y sobreexplotación el acuífero.

El presente PBOT debe, como instrumento de planificación territorial, garantizar la conservación y adecuado manejo del acuífero, al mismo tiempo que permite el desarrollo de las actividades humanas sobre y en dependencia con el mismo. Esto se deberá de garantizar a través de la norma específica para garantizar que las actividades y usos del suelo, no afecten el acuífero, de tal manera que la zonificación ambiental, pueda efectivamente conservar, mientras se concreta desarrollo sostenible y sustentable.



Mapa 5.Zonificación del Plan de Manejo Ambiental de Acuífero del Valle de Aburrá.

2.2.6. Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico – PORH

En el Decreto 1076 de 2015, se desarrolló la figura del ordenamiento del recurso hídrico como un instrumento de planificación mediante el cual se fija la destinación y usos de los cuerpos de agua

continentales superficiales y marinos, se establecen las normas, las condiciones y el programa de seguimiento para alcanzar y mantener los usos actuales y potenciales y conservar los ciclos biológicos y el normal desarrollo de las especies. (Artículo 3 del Decreto 050 de 2018)

Para el municipio de Caldas, hay tres cuencas que cuentan con un Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico – PORH – en la Quebrada Sinifaná, Río Aburrá – Medellín, y los tramos 1 y 2 del Río Amaga:

El **PORH del rio Aburra – Medellín**, es el instrumento de planificación, adelantado por la comisión conjunta que integra la cuenca: Bajo resoluciones del año 2015 de CORNARE (Resolución N° 112 – 4479), AMVA (Resolución Metropolitana N°01739) y CORANTIOQUIA (Resolución N° 040 – 1509 – 21328) se dictamina: "Por medio de la cual se declara en ordenamiento el recurso hídrico del Río Aburrá, perteneciente a la Cuenca Hidrográfica del nivel subsiguiente Río Aburrá - NSS (2701-01), en jurisdicción del Área Metropolitana del Valle de Aburrá - AMVA, la Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare - CORNARE- y la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia - CORANTIOQUIA". De acuerdo con el Mapa zonificación Hidrográfica de Colombia, expedido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en el mes de octubre del 2013, la cuenca hidrográfica del Río Aburrá se identifica con código NSS (2701-01) y está ubicada en el departamento de Antioquia.

Actualmente se tiene formulado por EPM el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertientes formulado – PSMV, cuya última modificación fue aprobada mediante la Resolución metropolitana No. 03338 de 2018, en la cual se incluyen unas obras de infraestructura para captar las aguas residenciales del municipio de Caldas, con la construcción del interceptor sur, para ser transportadas y tratadas en la PTAR San Fernando.

El PORH del rio Aburra – Medellín cuenta con un área dentro del municipio de 18,77 km^2, la cual corresponde al 14,1 % de la extensión del Municipio.

El **Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico de la quebrada Sinifaná** se adopta según resolución de Corantioquia en el 2018. Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico de la Quebrada La Sinifaná perteneciente a la Cuenca Hidrográfica del Magdalena - Cauca, zona hidrográfica Cauca, Subzona hidrográfica Directos Río Cauca entre río San Juan y Puerto Valdivia y nivel subsiguiente Directos Río Cauca entre Río Amaga y Quebrada La Sinifaná (2620-01), que discurre por los municipios de Titiribí, Amaga, Caldas, Fredonia y Venecia.

La cuenca de la quebrada Sinifaná se encuentra situada al sur del departamento de Antioquia. Abarca un área total de 204,5 km2, con alturas que varían entre los 527 y los 2.690 m.s.n.m). La cuenca se localiza, en jurisdicción de los municipios de Amaga, Titiribí, Caldas, Venecia y Fredonia. La cuenca de la quebrada Sinifaná y su sistema hídrico asociado, no sólo abastece las veredas que se encuentran en su territorio, sino muchas de las veredas de los cinco municipios a los que pertenece y que se encuentran por fuera de su área.

La cuenca de la quebrada Sinifaná está conformada por una red de drenajes compuesta por 159 cuerpos de agua, según la información cartográfica disponible y suministrada por Corantioquia para la formulación del PORH en esta cuenca. Esta quebrada nace en el alto de San Miguel del municipio de Caldas, y desemboca en el río Cauca; cruza un área rica en recursos minerales como el carbón, que es altamente explotado en estos municipios. También en sus orillas se explota el material de playa que se usa en la construcción. La quebrada Sinifaná recibe las aguas de las quebradas Piedra Verde, La Sabaletas, Cajones, La Sucia, San Agustín, La Tigre, La Taparo, Sabaleticas, La Pita, La Cascajosa, El Guamo, La Candela, entre otras.

Los principales usos del recurso hídrico en esta cuenca son: consumo humano, agrícola, pecuario, acuícola e industrial; este último representando principalmente por la minería (explotación de materiales para la construcción en la parte baja de la cuenca). El área de la cuenca en el municipio de caldas es de 13,1 km2 y su % es de 6,4% de la participación del municipio en la cuenca. Y las veredas pertenecientes son Maní del Cardal con un área de 1,46 km^2, Sinifaná con un área de 5,89 km^2, Cardalito con un área de 5,46 km^2 y La Salada con un área de 0,24 km^2.La situación de Caldas obedece al proceso de expansión que

está sufriendo la cuenca del Aburrá, que ha propiciado el crecimiento de proyectos urbanísticos en los municipios de sus extremos, como respuesta a la densidad poblacional de su centro urbano

La principal actividad económica en la cuenca Sinifaná es la agricultura en su parte alta, seguido por la recreación en su parte media y minería en su parte baja. En la zona de influencia de la cuenca se desarrollan actividades económicas tales como la siembra de café, plátano, caña, pancoger, frutales y flores; igualmente está ganando gran importancia las actividades pecuarias, asociadas con la ganadería vacuna, las avícolas y en menor proporción la piscicultura. Las malas prácticas en el uso del suelo, para el sostenimiento de estas actividades, ha generado la degradación de este, poniendo en riesgo la sostenibilidad de algunos recursos.

El **Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico – PORH - del Río Amagá**, se adopta bajo la Resolución 040 – 1812 – 7442 del 2018. La cuenca del río Amagá se encuentra en su totalidad en la región Aburrá Sur, sobre la vertiente occidental de la Cordillera Central en el suroeste de Antioquia, abarcando un área total de 25.779 ha, conformada por los municipios de Titiribí, Amagá, Angelópolis, Armenia, Caldas y Heliconia, subdivididos en 67 veredas.

Al municipio de Caldas, le corresponden los tramos definidos tramo 1 (Nacimiento de la quebrada La Salina – Confluencia con la quebrada La Cardala) y tramo 2 (Confluencia entre las quebradas La Cardala y La Salina – Confluencia con la quebrada La Maní del Cardal), en una extensión aproximada de 7,3 km^2.

La demanda del recurso sobre la cuenca del río Amagá presenta un requerimiento elevado para el consumo humano y doméstico, seguido del consumo piscícola e industrial, tanto en escenarios futuros como actuales, generando una presión importante directamente sobre el río Amagá y sus tributarios. En lo concerniente al municipio de Caldas, los usos actuales son: en el tramo 1, Uso Doméstico con el 86,71%; Uso Pecuario con el 12,83% y para el tramo 2 el uso Agrícola con un 0,46%.

Existen 3 tramos que corresponden al municipio de Caldas, el tramo 1A (Q. La Salina desde nacimiento hasta punto captación acueducto JAC La Quiebra) y los tramos 1 (Nacimiento de la quebrada La Salina – confluencia con la quebrada La Cardala) y el tramo 2 (confluencia entre las quebradas La Cardala y La Salina – confluencia con la quebrada La Maní del Cardal), en el tramo 1A se identificaron usos del suelo asociados a la actividad agrícola y pecuaria, sin embargo, este tramo comprende la captación del acueducto de la vereda La Quiebra, por lo tanto, el uso potencial proyectado es el de consumo humano y doméstico, en el tramo 1, el uso actual es el agrícola y pecuario, que, en el mediano y largo plazo, deberá ser sólo para consumo humano y doméstico para garantizar la calidad del agua del Río Amagá, mientras que, en el tramo 2, no existe conflicto entre el uso actual y los usos potenciales proyectados a corto, mediano y largo plazo.

2.2.7. Cambio Climático

Según la Ley 1931 del 2018, la Gestión del Cambio Climático debe ser incorporada como determinante ambiental de los planes de ordenamiento territorial, dicha ley genera orientaciones para que simultáneamente al conocimiento y gestión del riesgo, se trabaje desde el PBOT en la gestión del cambio Climático, entendida dicha gestión como: “el proceso coordinado de diseño, implementación y evaluación de acciones de mitigación de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y adaptación al cambio climático orientado a reducir la vulnerabilidad de la población, infraestructura y ecosistemas a los efectos del cambio climático. También incluye las acciones orientadas a permitir y aprovechar las oportunidades que el cambio climático genera”.

Las autoridades municipales y distritales deberán incorporar dentro de sus planes de desarrollo y planes de ordenamiento territorial, la gestión del cambio climático teniendo como referencia los Planes Integrales de Gestión del Cambio Climático Territoriales: de su departamento y los Planes Integrales de Gestión del

Cambio Climático Sectoriales. Asimismo, podrán incorporar la gestión del cambio climático en otros instrumentos de planeación con que cuente la respectiva entidad territorial".

El Municipio de Caldas, deberá incorporar en todos sus componentes, la gestión del cambio climático Conforme con la normatividad vigente. Adicionalmente, deberá contener los siguientes aspectos:

- Medidas habilitantes establecidas en el PAC&VC.
- Medidas/acciones que contribuyan a la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y a la gestión del riesgo a través de la adopción de programas de adaptación al cambio climático, incorporadas en el componente estratégico y de inversión y que estén articuladas desde el ordenamiento con los Planes Integrales de Gestión del Cambio Climático Territoriales y Sectoriales (PICCA, PRCC y PAC&VC).
- Proyectos de ciencia, tecnología e innovación referentes a la acción del cambio climático.
- Esquemas de formación, sensibilización y divulgación de la gestión del cambio climático en las diferentes instancias de la educación.
- Fortalecimiento de sistemas de alerta y detección temprana en articulación con el Área Metropolitana y su Proyecto SIATA.
- Medidas para mitigar los efectos de las islas de calor identificadas en el municipio y con ello los impactos generados sobre el territorio y los habitantes, lo anterior amparado bajo proyectos asociados al sistema de espacio público, la estructura ecológica principal y complementaria.
- Acciones acordes con los escenarios presentes y futuros de cambio climático identificados en la síntesis del clima y el IDEAM.
- Acciones desde el ordenamiento territorial para contribuir con el cumplimiento de los compromisos y metas pactados por Colombia en los diferentes convenios y tratados internacionales, P.E. (la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático –CMNUCC, los objetivos del milenio –ODM, etc.); además de la política y lineamientos nacionales.
- Programas y proyectos de corto, mediano y largo plazo en temas que ayuden a mitigar los impactos ambientales, el efecto invernadero y el cambio climático y sus efectos.

2.2.8. Determinantes Metropolitanas

El numeral 4, del artículo 10 de la Ley 388 de 1997 en su numeral d, define que también son determinantes "*Los componentes de ordenamiento territorial de los planes integrales de desarrollo metropolitano, en cuanto se refieran a hechos metropolitanos, así como las normas generales que establezcan los objetivos y criterios definidos por las áreas metropolitanas en los asuntos de ordenamiento del territorio municipal, de conformidad con lo dispuesto por la Ley 128 de 1994 y la presente ley".*

El municipio de Caldas hace parte del Área Metropolitana del valle de Aburrá, definida en función de la Ley 1625 de 2013 que expide el Régimen para las Áreas Metropolitanas. El Área Metropolitana del Valle de Aburrá –AMVA-, es un esquema asociativo territorial que tiene entre sus competencias:

- Programar y coordinar el desarrollo armónico, integrado y sustentable de los municipios que la conforman.
- Establecer en consonancia con lo que dispongan las normas sobre ordenamiento Territorial, las directrices y orientaciones específicas para el ordenamiento del territorio de los municipios que la integran, con el fin de promover y facilitar la armonización de sus Planes de Ordenamiento Territorial.

El papel del Área Metropolitana es verificar que en los Planes de Ordenamiento Territorial se incluyan los componentes de ordenamiento del Plan Integral de Desarrollo Metropolitano, referido a los Hechos Metropolitanos y las normas obligatoriamente generales adoptadas por el Área Metropolitana, en los asuntos de ordenamiento territorial. Las determinantes que tiene la Entidad están referidas básicamente a:

Tabla 2. Determinantes Metropolitanas

DETERMINANTES METROPOLITANAS	El componente de ordenamiento territorial del Plan Integral del Desarrollo Metropolitano – PIDM
	El Plan Estratégico Metropolitana de Ordenamiento Territorial - PEMOT
	Los hechos metropolitanos referidos al ordenamiento territorial
	Directrices Metropolitanas de ordenamiento territorial

El **Plan Integral de Desarrollo Metropolitano-PIDM Aburrá 2021-2032** "Consolidación de la Región Metropolitana", fue adoptado mediante el Acuerdo Metropolitano No. 25 de 2020. El componente estratégico del PIDM debe tenerse en cuenta al momento de adoptarse los Planes de Ordenamiento Territorial, tal como lo establece en el artículo 7 de la Ley 1625 de 2013. El Acuerdo Metropolitano 25 de 2020, realizó en el título II la armonización entre el PIDM y el PEMOT para el Plan Estratégico Metropolitano de Ordenamiento Territorial.

De acuerdo con lo anterior, el PIDM 2021-2032, en los artículos 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11 del Acuerdo Metropolitano 25 de 2020, acoge algunos contenidos normativos necesarios para su correcta formulación e implementación que han sido previamente adoptados en el PEMOT. De manera adicional, el Municipio de Caldas deberá revisar el componente estratégico del PIDM, definido en el artículo 3 "Del Componente Estratégico", en el cual se definen las cinco (5) líneas estratégicas:

1. Aburrá Resiliente.
2. Aburrá Sostenible y Sustentable.
3. Aburrá Habitable.
4. Aburrá Cohesionada e Incluyente.
5. Aburrá Competitiva e Inteligente.

Se deberá tener en cuenta principalmente las Directrices Generales establecidas en las líneas estratégicas 2 y 3, haciendo un énfasis especial en las determinantes relacionadas con los componentes de ordenamiento territorial y referido a los hechos metropolitanos.

Directrices Generales asociadas a la Línea Estratégica Aburrá Sostenible y Sustentable (L2)

- Directrices generales en materia de espacios verdes, áreas protegidas, y estrategias de conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos (L2).
- Directrices generales en relación con el río Medellín-Aburrá como hecho metropolitano (L2).
- Directrices generales en materia de zoonosis, bienestar animal y salud ambiental como hechos metropolitanos (L2).

Directrices Generales Asociadas a la Línea Estratégica Aburrá Habitable (L3).

- Directrices en relación con el modelo de ocupación (L3)
- Directrices en relación con el hecho metropolitano Formulación y desarrollo del Sistema Metropolitano de Vivienda de Interés Social (AM 40/2007) (L3).
- Directrices en relación con movilidad (L3).
- Directrices en relación con el Hecho Metropolitano la construcción sostenible y se establecen lineamientos básicos para formular una Política pública de construcción sostenible (L3).
- Directrices en relación con el espacio público y equipamientos de escala metropolitana (L3).

El Plan Estratégico Metropolitano de Ordenamiento Territorial – PEMOT, fue adoptado mediante el Acuerdo Metropolitano N°31 de 2019, y es un instrumento que según la Ley 1625 de 2013, es el marco bajo el cual deberán acogerse cada uno de los municipios que conforman el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, al adoptar los planes de ordenamiento territorial. El modelo de ocupación del PEMOT, es un determinante de los planes de ordenamiento territorial.

En el Modelo Estratégico de Ocupación Territorial Metropolitano, deberán tenerse en cuenta su definición, objetivos y condiciones, además sus componentes que contienen directrices y los proyectos estratégicos de urbanismo metropolitano. En cuanto a los componentes del modelo están definidos a partir de las relaciones entre el soporte natural y los 6 componentes territoriales:

- Corredores y nodos metropolitanos.
- Conjunto de centralidades Regionales y Metropolitanas.
- Sistema de Movilidad Metropolitana.
- Grandes espacios metropolitanos: Espacios Públicos y Equipamientos.
- Áreas de interrelación y dependencia regional.
- Territorios de transformación.

A la hora de concretar el Modelo Estratégico de Ocupación Territorial Metropolitano, el municipio de Caldas deberá considerar los siguientes proyectos estratégicos:

- Centralidad Metropolitana Primavera.
- Sistema Férreo Multipropósito.
- Frente de Agua La Tablaza (La Estrella y Caldas).
- Parque de Las Tres Aguas.
- Cinturón Verde Metropolitano.

El PIDM 2021-2032 en su artículo 16 estableció que los 6 hechos metropolitanos declarados en vigencia de Acuerdo 40 de 2007 PIDM 2008-2020, mantienen su condición de hecho metropolitano.

Hecho 1. Ordenamiento territorial de ámbito metropolitano:
Basados en las Directrices Metropolitanas de Ordenamiento Territorial – DMOT adoptadas mediante el Acuerdo Metropolitano 15 de 2006 aún vigentes, se estructuran en 3 hechos metropolitanos:

- La base natural.
- A los elementos estructurantes transformados.
- Lo estructurado espacio privado.

Hecho 2. El diseño y puesta en marcha de un sistema metropolitano de reparto de cargas y beneficios de carácter regional.
No se ha desarrollado, pero el PEMOT en su estrategia de desarrollo territorial 6 define directrices.

Hecho 3. Políticas y estrategias de movilidad metropolitana, tanto se refiere a los componentes de infraestructura como los componentes móviles.
Desarrollado mediante el Plan Maestro de Movilidad para la Región Metropolitana del Valle de Aburrá adoptado por el Acuerdo Metropolitano N°042 de 2997, el Plan Maestro Metropolitano de la Bicicleta del Valle de Aburrá (PMB2030) y la actualización del Plan Maestro de Movilidad 2020.

Hecho 4. La formulación y desarrollo del Sistema Metropolitano de Vivienda de Interés Social.
Desarrollado mediante el Plan Estratégico Metropolitano de Vivienda y Hábitat PEMHVA adoptado por medio del Acuerdo Metropolitano No. 13 del 2012.

Hecho 5. La formulación de políticas y estrategias para la red de espacios públicos y Equipamientos metropolitanos y el desarrollo de proyectos estratégicos de urbanismo derivados de la misma.

Hecho 6. La formulación de directrices de mínimo nivel respecto al desarrollo económico y social para el Valle de Aburrá en coordinación con las escalas regionales, departamentales y nacionales.

Las Directrices Metropolitanas de Ordenamiento Territorial- DMOT adoptadas mediante Acuerdo 15 de 2006 se estructuran en 3 hechos metropolitanos referidos a:

- La base natural.
- A los elementos estructurados transformados.
- Lo estructurado espacio privado.

Hecho metropolitano referido a la base natural: bordes de protección ambiental, el rio Medellín – Aburrá como estructurarte natural y los ejes de conexión transversal a partir de los elementos naturales.

- La Gestión del espacio público verde urbano y espacio público general: el Área Metropolitana del Valle de Aburrá cuenta con el Plan Maestro de Espacios Públicos Verdes Urbanos del Valle de Aburrá, el cual se adoptó por medio del Acuerdo Metropolitano N° 16 de 2006 y el Acuerdo Metropolitano N°19 de 2017, por los cuales se acogen lineamientos y determinantes en torno a la gestión del espacio público verde urbano, y se crea el Fondo Verde Metropolitano y se reglamente la reposición por tala autoriza de árboles en el are urbana del Valle de Aburrá.
- El Plan director BIO 2030 (2011): Se adoptó mediante el Acuerdo Metropolitano N° 13 de 2011. Siendo el complemento a directrices metropolitanas de ordenamiento territorial en articulación con el PEMOT y las directrices 2006.
- Cinturón Verde Metropolitano del Valle de Aburrá: la formulación de la estrategia de planificación del cinturón verde metropolitano (2014), fue adoptado en el PEMOT y en el POMCA.

Hecho Metropolitano referido a los elementos estructurantes transformados:

- Sistema de movilidad metropolitano.
- Plan Maestro Metropolitano de la Bicicleta del Valle de Aburrá – PMB2030.
- Sistema de servicios públicos domiciliarios.
- Proyectos Estratégicos de Urbanismo Metropolitano-PEUM.
- Sistemas asociados a la implementación de los PGIRS.
- Criterios para la localización de equipamientos en el valle de Aburrá con PGIRS.
- Patrimonio cultural.

Hecho Metropolitano referido a lo estructurado espacio privado:

- Usos y densidades en el suelo urbano.
- Suelo rural metropolitano
- Criterios para la localización de vivienda.

El Área Metropolitana del Valle de Aburrá establece determinantes ambientales para el manejo y control de la calidad del aire, ruido ambiental, residuos sólidos, olores ofensivos, y la gestión de desastres en el valle de Aburrá y los municipios que la componen. A continuación, se presenta las determinantes ambientales que se deben considerar en el PBOT en el municipio de Caldas.

2.2.9. Flora y Fauna

El municipio de Caldas cuenta con variedad de recursos naturales, la fauna silvestre es uno de los recursos más representativos. Algunas especies de fauna afrontan un grave riesgo de desaparición, debido a la destrucción y alteración de sus hábitats, principalmente por deforestación, contaminación y comercio ilegal.

La fauna de mamíferos silvestres presente en el municipio de Caldas, principalmente en la microcuenca de la quebrada La Valeria y la Reserva Forestal Protectora Regional – RFPR Alto de San Miguel, son los siguientes: Perro de monte, Puma, el Ocelote, el Olinguito, el Tigrillo, la Tayra, el Armadillo, la Guagua, Perezoso de doble uña, Ardillas, Zarigüeyas, Alacranes, Serpiente de coral, La Culebra de Pantano, Tarantula, Serpiente juetiadora y el Cangrejo de agua dulce.

Debido a las condiciones geográficas, climáticas y áreas priorizadas por biodiversidad ecológica presente en el municipio de Caldas, permite la existencia de una amplia y variada gama de formaciones vegetales y zonas de vida.

De la flora presente en el Municipio de Caldas, vale la pena destacar las siguientes especies forestales como son : Comino Crespo *(Aniba perutilis sp)* especie en peligro crítico (CR) por su uso maderable; Magnolio *(Magnolia Espinalii sp*), el Árbol Endémico de Colombia también está en peligro crítico (CR), se encuentra además en la zona el Cedro de Montaña, (*cedrela montana sp*) el Amarrabollos, (*Meriania nobilis sp)* Sietecueros (*Tibouchuina lepidota sp*), Camargo (*Smallanthus pyramidalis sp*), Uvito de Monte (*cavendishia pubecens sp*), carboneros (*Calliandra sp*), Sauces (*sallix humboltidiana sp*) Manzanillos (*Hippomane mancinella sp*) Yarumo Blanco, Yarumo Común,(*Cecropia sp*) Mano de León, Oreja de Elefante y numerosas especies de Helechos Arbóreos.

Adicionalmente, se reportan aproximadamente 687 especies, de las cuales 42 (el 6.1%) se consideran como elementos de alta valoración ecológica por su vulnerabilidad a la extinción local. Treinta y siete (37) especies corresponden a elementos de sucesión avanzada, algunas de estas son : *Alfaroa colombiana, Aniba coto, Billia columbiana, Brunellia goudoti, Brunellia sibundoya, Brunellia subsessilis, Cecropia telealba, Cedrela montana, Ceroxylon vogelianum, Chamaedorea linearis, Chamaedorea pinnatifrons, Clethra resoluta, Couepia platycalyx, Cyathea caracasana, Daphnopsis caracasana, Drymis granadensis, Dussia colombiana, Eschweilera antioquensis, Geonoma jussieuana, Geonoma linearis, Geonoma undata, Gordonia fruticosa, Hedyosmum bonplandianum, Hedyosmum translucidum, Licania cabrerae, Maytenus macrocarpa, Morus insignis, Ormosia antioquensis, Perrottetia calva, Prunus integrifolia, Retrophyllum magnifolius, Roupala obovata, Schefflera multiflora, Spirotheca rosea, Stephanopodium aptotum, Styrax pseudargyrophyllus, Ternstroemia meridionalis* (POMCA 2007).

Además, existe una alta diversidad de plantas ornamentales, muchas de ellas cultivadas entre las que se destacan: Anturios, Orquídeas, Heliconias, Helechos, Coleos, Begonias, entre otras. Las especies alimenticias también son abundantes en la zona, siendo cerca de 70 (PEGAM 2017).

Además Caldas cuenta con amplia especies de aves, las cuales son: el Trogón Enmascarado, el Barranquero, el Tapaculo de Stiles, el Carriquí de Montaña, la Tucaneta Esmeralda, La Tangara, Silgas, Azulejos, Mirlas, Altinote,Mochileros, Mariposa Morpho Azul, Greta Oto y el Cacique Candela.

Estudios de fauna para la región de Aburra Sur muestran que en aves se reporta 354 especies, de mamíferos no voladores se reportan 44, mamíferos voladores 57, con 3 familias (*Phyllostomidae, Vespertilionidae y Molossidae*) representativas, reptiles 13 especies y anfibios 39 especies, con 5 y 23 especies endémicas respectivamente (Área Metropolitana Valle de Aburrá, 2010).

Según el CIDEAM (La Estrella), en la Reserva El Romeral se reportan 126 especies de aves, de las cuales por lo menos tres especies son endémicas para Colombia con algún grado de amenaza: *Habia cristata* (habia copetona) *Chloropipo flavicapilla* (saltarín dorado) *Ramphocelus flammigerus* (Asoma candela, Toche pico de plata), además, se presentan otras cuatro especies registradas en el Libro Rojo, (especies de fauna y flora en amenaza del Municipio de Caldas) por su creciente disminución, debido a la destrucción de sus hábitats naturales.
En la reserva Alto de San Miguel, se registran 440 especies de aves con 286 especies, distribuidas en 22 familias Dendroica, Tangara, Taupis y Turdus, 21 aves migratorias. Mamíferos se reportaron 72 especies con algún grado de amenaza y endémicas (PEGAM 2017). Se reportan igualmente un total de 16 especies de pequeños mamíferos, voladores y no voladores y 19 especies de mamíferos medianos y grandes, entre los que se destacan el del venado Mazama (cf) rufina, si se toma en cuenta que es una especie amenazada (PEGAM 2017).

2.2.10. Calidad del Aire

La calidad del aire es determinante ambiental de la Ley 388 de 1997, asociada a la gestión ambiental, conforme normas de superior jerarquía "…relacionadas con la conservación y protección del medio ambiente, los recursos naturales y la prevención de amenazas y riesgos naturales", Ítem b) del artículo 10. El Área Metropolitana del Valle de Aburrá ha adoptado diferentes instrumento y reglamentaciones frente a la calidad del aire, tales como: PIGECA, POECA, ZUAP (Zonas Urbanas de Aire Protegido) y Pacto por la Calidad del Aire, que deben ser incorporados en el PBOT.

Plan Integral de Gestión de la Calidad del Aire 2017 -2030 (PIGECA): Adoptado mediante Acuerdo Metropolitano N°16 de 2017; además, este Acuerdo clasifica la cuenca atmosférica del valle de Aburrá, como área fuente de contaminación por material particulado menor de 2.5 micrómetros (PM2.5). El PBOT debe aplicar y concretar las medidas del PIGECA en el ordenamiento territorial con criterios de sostenibilidad, asociadas al modelo de ocupación, a la movilidad sostenible y a la movilidad activa, a espacios públicos verdes, a la zonificación de usos del suelo y criterios de ubicación, entre otros, que posibiliten un mejoramiento de la calidad del aire en el municipio y la región. Para ello se deberá articular con las directrices y normas obligatoriamente generales del PEMOT.

Las estrategias ambientales integradas que se proponen para mejorar la calidad del aire en relación con la prevención y reducción de contaminantes criterio de efecto local también son aplicables a la prevención, y mitigación de gases de efecto invernadero causantes del cambio climático, dado que las principales fuentes de emisión de ambos tipos de contaminantes en la zona urbana del Valle de Aburrá son las fuentes móviles y las fuentes fijas. El Plan ha sido diseñado para reducir de manera gradual y sostenida las concentraciones de material particulado menor de 2.5 micrómetros - PM2.5, material particulado menor a 10 micrómetros - PM10 y Ozono.

El PIGECA contempla objetivos, metas y ejes estratégicos, con acciones ambientales integradas, que permiten en el corto, mediano y largo plazo, la reducción de emisiones y mejoras a la calidad del aire. A continuación, se presentan los ejes temáticos que deben ser consideradas en el Plan Básico de Ordenamiento Territorial del municipio de Caldas.

Tabla 3. Medidas mínimas a incorporar en el PBOT de Caldas.

EJE TEMÁTICO	MEDIDAS
Eje temático 1: Fortalecimiento generación del conocimiento científico y la tecnología	A5. Política de ciudad - Metrópoli inteligente
Eje temático 2: Planeación y ordenamiento territorial con criterios de sostenibilidad	B1. Establecimiento de lineamientos de zonificación con criterios de calidad del aire. B2. Incorporación en el PEMOT de lineamientos para una planeación integral del uso del suelo y el transporte dirigido a favorecer una movilidad sostenible en el Valle de Aburrá. B4. Planeación para una movilidad activa. B5. Construcción sostenible y Ecoeficiente. B6. Incorporación de una estrategia de mejora logística en la planeación territorial.
Eje temático 3: Reducir el impacto sobre la calidad del aire de los modos motorizados	C3/C4. Expansión, fortalecimiento, fomento y modernización de transporte público. C6. Políticas para reducir el impacto ambiental de carga y volquetas. C13. Obras de infraestructura con alto y positivo impacto ambiental y en la movilidad.

	C15. Política de gestión de la demanda. C16. Gestión integral de la logística de transporte de carga y volquetas en el Valle de Aburrá
Eje temático 4: Transformar el modelo de movilidad hacia la promoción y priorización de modos de transporte activos y de bajas emisiones	D1. Políticas y programas orientados a mejorar las condiciones de caminabilidad del Valle de Aburrá. D2. Ampliación, conectividad e interacción de la red de infraestructura para la bicicleta.
Eje temático 5: Industria y servicios competitiva y de bajas emisiones	E4. Mejora del desempeño ambiental y energético de la industria. E6. Restringir la instalación de nuevas fuentes fijas en zonas sensibles.
Eje temático 6: Incremento de espacios verdes y arbolado urbano y protección de ecosistemas regionales	F1. Protección y ampliación de arbolado urbano. F2: Espacio público verde, corredores y cinturones verdes. F3: Ampliación del perímetro urbano para efectos ambientales. F4. Parque Central de Antioquia. F5. BANCO2 Metropolitano protección del medio ambiente, a través de la compensación económica a familias vinculadas, por medio del pago por servicios ambientales.
Eje temático 9: Protección y transformación de zonas sensibles a la contaminación	I1. Creación de zonas de baja emisión y zonas de circulación restringido en áreas estratégicas del Valle. I2. Creación de zonas protegidas para reducir la exposición a la contaminación atmosférica.
Eje temático 10: Sistemas de cargas y beneficios a agentes en función de su aporte positivo o negativo a la calidad del aire	J1. Establecimiento de beneficios y cargas sin incentivos tributarios

El Área Metropolitana del Valle de Aburra tiene como principal herramienta para la gestión del riesgo, el Sistema de Alerta Temprana del Valle de Aburrá – SIATA, un proyecto de Ciencia y Tecnología, que cuenta con el apoyo y los aportes de EPM e ISAGEN. Actualmente el proyecto es ejecutado bajo el contrato de Ciencia y Tecnología 871 de 2020, firmado entre el Área Metropolitana y del Valle de Aburrá y la Universidad EAFIT. Desde el proyecto SIATA se garantiza la continua y correcta operación de la Red de Monitoreo de variables de contaminación del aire y de otras variables atmosféricas que permiten el análisis holístico del comportamiento de la calidad del aire y el diagnostico de las potenciales fuentes externas que afectan este recurso natural, en la región metropolitana.

La red de monitoreo de la calidad del aire del valle de Aburra está acreditada por el IDEAM, mediante la Resolución 159 del 14 de febrero de 2019. Durante el año 2020 operaron 39 estaciones de calidad de aire (contaminantes químicos) distribuidas en los 10 municipios del área metropolitana del Valle de Aburrá. En estas estaciones funcionaron equipos tanto automáticos como manuales, los cuales permitieron hacer seguimiento de los contaminantes criterios definidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), así como de los niveles de Black Carbón (Carbón negro) y BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno).

Las estaciones de la red son clasificadas según el tipo de zona donde se encuentren ubicadas y el tipo de fuentes de emisión predominantes en su área de influencia. La clasificación de las estaciones ubicadas en el municipio de Caldas se presenta a continuación:

Tabla 4. Estaciones de monitoreo de la calidad del aire en Caldas.

CLASIFICACIÓN	ESTACIÓN	SIGLA	MUNICIPIO
Urbana de Fondo	Escuela Joaquín Aristizábal	CAL-JOAR	Caldas
Suburbana de Fondo	Corporación Universitaria La Sallista	CAL-LASA	Caldas

Las concentraciones de PM2.5 y PM10 durante el año 2020 en las estaciones ubicadas en el municipio de Caldas, se clasificaron en las diferentes categorías del Índice de Calidad del Aire (ICA), donde la estación CAL – LASA y la estación CAL – JOAR presentaron una calidad del aire **ACEPTABLE** (ICA amarillo), cumpliendo con los niveles máximos permisibles para PM10 entre 55-154 µg/m y para PM 2.5 entre 13 -37 µg/m.

El Área Metropolitana del Valle de Aburrá cuenta adicionalmente con la red de Ciudadanos Científicos, en el entendimiento de que la educación es la herramienta fundamental para crear una ciudadanía que se preocupe por su territorio. El programa de ciudadanos científicos está vigente desde el año 2015, cuando algunos ciudadanos aceptaron tener en sus hogares o lugares de trabajo una "nube", o sensor de bajo costo, desarrollado con ingeniería local, para la medición de la calidad del aire, que permite obtener datos puntuales, minuto a minuto, de temperatura, humedad y PM 2.5, en Caldas se encuentran instalados a la fecha 7 sensores de ciudadanos científicos, los cuales están distribuidos hacia la zona norte del municipio.

Zonas Urbanas de Aire Protegido – ZUAP: son las zonas debidamente delimitadas en las cuales, por los antecedentes de excedencia de la norma nacional de la calidad del aire, se presentan altos índices de contaminación atmosférica que pueden perjudicar a los habitantes metropolitanos en general, y por tanto se establecen medidas de control ambiental por parte de las entidades competentes para mejorar las condiciones preexistentes en las mismas.

El ZUAP se adoptó bajo la Resolución Metropolitana N°2231 de 2018 "por medio de la cual se declaran unas Zonas Urbanas de Aire Protegido – ZUAP – dentro de la jurisdicción del Área Metropolitana del Valle de Aburrá". Dentro de esta resolución, no se incluye ZUAP en jurisdicción del municipio de Caldas, sin embargo, el municipio podrá proponer en el PBOT nuevas zonas urbanas de aire protegido, de manera que se pueda regular el uso del suelo con criterios que conlleven al mejoramiento de la calidad del aire.

Es muy importante aclarar que el área metropolitana del Valle de Aburrá presenta periódicamente y en determinadas épocas del año, crisis medioambientales asociadas a la calidad del aire. Aunque estas crisis de calidad del aire se desarrollan principalmente en el sector centro del valle y el municipio de Caldas se ve afectado por las mismas en una medida relativamente baja, no es ajeno a la problemática. Las condiciones geográficas del municipio, y particularmente del casco urbano, ubicado al interior de un valle estrecho y limitado por montañas altas, favorecen la acumulación de gases contaminantes. El municipio requiere la toma de medidas que permitan garantizar una calidad del aire adecuada para sus habitantes y a lo largo de todo el año.

2.2.11. Ruido Ambiental

El Plan de Acción para la Prevención y Control de la Contaminación por Ruido en el Valle de Aburrá (2020 – 2030) fue adoptado mediante el Acuerdo Metropolitano N° 24 de 2019, cuyo objetico es establecer un enfoque estratégico para mitigar el impacto del ruido ambiental, a través de acciones diseñadas para gestionar los problemas y efectos del ruido, prevenir y preservar la calidad acústica, reducir progresivamente la contaminación por ruido del Valle de Aburrá y proteger la salud pública y el ambiente.

En el PBOT se deben incluir las líneas de actuación del Plan de Acción para la Prevención y Control de la Contaminación por ruido del Valle de Aburrá que tienen injerencia en el ordenamiento del territorio que están enmarcadas en los siguientes ejes temáticos:

Eje Temático 2: Planeación y Ordenamiento territorial con criterios de sostenibilidad.

Eje Temático 5: Industrias y comercios competitivos con bajas emisiones de ruido.

Eje Temático 6: Edificabilidad y obras públicas con menor impacto acústico.

El ruido se valora en términos de porcentaje de población urbana expuesta a ruido por encima del nivel de referencia (%PUAR), el cual son 65 dB (A), correspondiente al cálculo del Nivel equivalente de ruido ambiental día – noche (LAeq, dn), el cual es recomendado por la Organización Mundial de la Salud.

Para el cálculo del Porcentaje de población urbana expuesta a ruido ambiental se adoptó la metodología del Índice de Calidad Ambiental Urbana (ICAU) del Ministerios de Ambiente y Desarrollo Sostenible. El % PUAR del municipio de Caldas se presenta a continuación:

Tabla 5. Porcentaje de población urbana expuesta al ruido ambiental en Caldas.

MUNICIPIO	TOTAL POBLACION (CABECERA URBANA) *CENSO 2018	POBLACIÓN EN CONFLICTO	% PUAR DIURNO - NOCTURNO (65 Dba)	% PUAR DIURNO (65 dB)	% PUAR NOCTURNO (55dB)
Caldas	61,504	57,66	9,4	13,3	44,8

El municipio cuenta con un %PUAR por encima del 4%, lo que indica que tiene **mala calidad acústica**, por lo que se debe tomar acciones efectivas para controlar este contaminante. Lo anterior considerando que el plan establece como meta reducir el % PUAR de 9,4 % al 8,0 % en el año 2030 para el municipio de Caldas.

Indicadores grupales de ruido, índice de contaminación acústica per cápita e indicadores de molestia:

- El índice de contaminación acústica per cápita (A TNEM): estima el efecto acumulado que el ruido tiene en las personas dependiendo del sector urbano donde estas se encuentren.
- Índice grupal de ruido (G dn y G dnight): agrupa datos y distribuciones de exposición en un solo valor facilitando su análisis. Son útiles para identificar áreas de contaminación acústica que tengan un alto número de habitantes.
- Indicadores de molestia: permite correlacionar el grado de molestia de la población respecto al ruido para el periodo diurno y nocturno. Donde él %A (porcentaje de personas molestas), %HA (porcentaje de personas muy molestas), % SD (porcentaje de personas perturbadas durante el sueño) y %HSD (porcentaje de personas altamente perturbadas durante el sueño).

A continuación, se presentan los índices calculados para el municipio de Caldas, es de resaltar que estos indicadores se calcularon a nivel de barrio, los cuales se presentan a continuación:

Tabla 6. Indicadores de Ruido para los barrios de Caldas.

N°	BARRIO	Gdn (Dba)	Gnight (dbA)	%SD	%HSD	NS %A	NS %HA	ATNEM Día	ATNEM Noche
1	Centro	67	67	31,2	16,8	39,29	18,9	0,4	0
2	Barrios Unidos	66,9	66,3	29,6	15,7	38,96	18,7	2,86	0
3	Cristo Rey, El Socorro Y Sector Locería	66,8	66,6	30,1	16,1	38,29	18,3	2,63	0,11
4	Ciudadela Real	65,4	69,7	29,4	15,8	32,21	15,8	8,58	4,65
5	Bellavista Y Buena Esperanza	63,1	61	21,8	10,7	29,86	12,9	1,33	0
6	Andalucía y san judas	62,8	59,5	21,1	10,2	28,58	12,3	0	0
7	Felipe Echavarría (I y II), juan XXIII	62,4	63,8	25,8	13,2	29,93	12,7	1,11	0
8	la Aguacatala, el cano y el Pombal	60,5	60,4	21	10,2	24,51	10	1,06	0

N°	BARRIO	Gdn (Dba)	Gnight (dbA)	%SD	%HSD	NS %A	NS %HA	ATNEM Día	ATNEM Noche
9	el cano, la raya - Cr 50	60	56,2	18,3	8,5	22,9	9,2	0	0
10	el porvenir	59,7	61,7	21,3	10,4	23,18	9,3	0	0
11	la docena y Goretti	57,5	68,6	33,3	18,2	21,31	8,1	5,73	2,69
12	la corrala parte baja	57,3	63,9	22,8	11,4	20,92	8	0	0
13	la chuscala	55,7	51	16,2	7,2	16,74	6	0	0
14	la corrala, el hoyo	52,6	52,6	15,3	6,7	14,15	5	0	0
15	locería colombiana	52,5	71	35,5	19,6	14,03	4,9	2,08	0
16	la planta, villacapari y la chuscala	52,5	66,4	27,1	14,2	14,03	4,9	4,99	1,58
17	Olaya herrera	52,5	65,6	28,1	14,8	14,03	4,9	1,32	0
18	la inmaculada 1	52,5	65,2	28	14,7	14,03	4,9	2,08	0
19	las margaritas y fundadores	52,5	64,8	27,7	14,4	14,03	4,9	1,37	0
20	la Salle	52,5	64,1	26,9	13,9	14,03	4,9	2,23	0
21	zona industrial sur	52,5	63,8	27	14	14,03	4,9	0	0
22	los cerezos y centenario	52,5	63,7	26,1	13,4	14,03	4,9	1,63	0
23	la raya norte	52,5	63,1	22,7	11,3	14,03	4,9	0,8	0
24	mandalay parte media y baja	52,5	61,6	23,9	12	14,03	4,9	1,02	0
25	la inmaculada 2	52,5	60,7	21,6	10,5	14,03	4,9	0	0
26	la rivera y la acuarela rio	52,5	60,3	22,6	11,1	14,03	4,9	0	
27	Primavera	52,5	59,9	19,5	9,3	14,03	4,9	0	0
28	zona de desarrollo tres aguas	52,5	59,7	20,9	10,1	14,03	4,9	0	0
29	mandalay parte alta y la mansión	52,5	59,4	19,1	9	14,03	4,9	0	0
30	la playita	52,5	57,5	20,1	9,6	14,03	4,9	4,9	0
31	los cerezos y la bombonera	52,5	57,5	20,1	9,6	14,03	4,9	0	0
32	la gitana	52,5	52,5	15,2	6,6	14,03	4,9	0	0
33	Victua	52,5	52,5	15,2	6,6	14,03	4,9	0	0

El análisis del indicador G_{dn} indica que 29 de los 33 barrios del municipio de Caldas cuentan con buena calidad acústica, los demás exceden los valores recomendados, en el periodo nocturno el indicador G_{night} solo se encuentra por debajo de los 55 dBA en 3 barrios.

Acorde al indicador A_{TNEM}, para el periodo diurno, 14 de los 33 de los barrios se encuentran en un nivel II de calidad del ambiente acústico que corresponde a una contaminación ligera, 16 barrios se clasifican en nivel I (sin contaminación) y 3 barrios en nivel III (levemente contaminado). En el periodo nocturno, 5 barrios se clasifican en nivel II (contaminación ligera) y 28 barrios en nivel I (sin contaminación).

En términos de indicadores de molestia los resultados indican que el 24,4 % de la población se encuentra con perturbación de sueño (%SD), el 12,4 % con alta perturbación del suelo (%HSD), el 33,40% con molestia por ruido (NS%A) y el 10,50 % con alta molestia por ruido (NS%HA).

Para la priorización de las intervenciones en términos de ruido para el municipio de Caldas debe ser en su zona céntrica, ya que, debido a las actividades asociadas al transporte y actividades económicas existen altos niveles de presión sonora, incluyendo el sector de la Locería Nacional, debido a sus actividades industriales continuas, los sectores con la mejor calidad acústica son La Gitana y Victua.

2.2.12. Olores Ofensivos.

Por medio de la Resolución 1541 de 2013, la Resolución 2087 de 2014 y la Resolución Metropolitana 2380 de 2015, el Área Metropolitana del Valle de Aburrá identifica aquellos establecimientos industriales que, como resultado del desarrollo de su actividad, generan emisiones de olores ofensivos que afectan a los habitantes y que para su mitigación y control deben implementar un Plan para la Reducción del Impacto por Olores Ofensivos – PRIO.

Dentro de las 14 actividades industriales identificadas como generadoras de olores ofensivos en el Valle de Aburrá, ninguna de estas se encuentra identificadas en el municipio de Caldas, ya sea porque cuenten con (CM) Código Metropolitano: número asignado a establecimientos con expediente en la Entidad y a los que se hace control y vigilancia, es decir, que con base en la información que se tiene, no hay problemas de olores en el municipio.

2.2.13. Residuos Sólidos.

La gestión de los residuos sólidos es una determinante ambiental de la Ley 388/97, conforme normas de superior jerarquía "… *relacionadas con la conservación y protección del medio ambiente, los recursos naturales y la prevención de amenazas y riesgos naturales.*", Ítem b) del artículo 10.

El Área Metropolitana del Valle de Aburrá adoptó recientemente dos instrumentos correspondientes con el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS – Regional del Valle de Aburrá 2017-2030, y el Plan de Gestión integral de Residuos o Desechos Peligrosos RESPEL 2018-2030.

El Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS – Regional del Valle de Aburrá 2017 -2030.
Se adoptó mediante Acuerdo Metropolitano N° 23 de 2018 del 25 de octubre de 2018.
En la parte territorial es importante destacar los siguientes elementos:

- Estrategias enfocadas en la gestión y aprovechamiento de los residuos, en especial de construcción y demolición – RCD y biomasa residual (orgánicos).
- Áreas propuestas como medida de contingencia para la disposición de residuos sólidos y áreas para el manejo y gestión de RCD - Residuos de Construcción y Demolición (tales como puntos limpios, plantas fijas de aprovechamiento o sitios de disposición final de RCD).
- Estación de clasificación y aprovechamiento –ECA para residuos reciclables plantas de aprovechamiento orgánico (orgánicos o biomasa), entre otras alternativas.
- Instalación para el tratamiento y/o aprovechamiento de residuos orgánicos.
- La vinculación con "Sitios de acopio para el almacenamiento y presentación de los residuos en las áreas de difícil acceso" y otro de "Estaciones de transferencia".
- Vincular los lineamientos para ubicación de infraestructuras para la gestión de residuos reciclables, orgánicos y RCD. Así como para el tema de RESPEL, plantas incineradoras de residuos o celdas de seguridad, acorde a la normatividad correspondiente.
- Articulación de las decisiones de ordenamiento territorial del PBOT con los planes de Gestión Integral de residuos Sólidos municipales.
- Como parte de la incorporación de las determinantes ambientales del POMCA, el municipio debe incluir en su programa de ejecuciones, en el marco de sus competencias acciones encaminadas a la ejecución del programa del POMCA P 2.3. Fortalecimiento en la gestión y manejo adecuado de residuos sólidos.
- Estrategias de gestión de suelo para ubicación de infraestructura, con enfoque regional.

El municipio debe cumplir con la normativa y políticas vigentes referidas a la temática como son entre otros, el CONPES 3874 de 2016 y la Estrategia Nacional de Economía Circular, el CONPES 3918 de 2018, Estrategia Nacional de Economía Circular y la ordenanza Departamental 10 de 2016, "Basura Cero". En

esa medida, se debe contemplar los sitios y/o infraestructuras necesarias para garantizar la implementación de la Estrategias vinculadas a la Economía Circular dentro del municipio y que impulsen todo aquello vinculado a la gestión adecuada de los residuos sólidos peligrosos y no peligrosos.

La gestión integral de residuos sólidos (PGIRS) y residuos peligrosos RESPEL son los instrumentos de planeación relevante para la economía circular y producción sostenible, para reducir la generación de residuos y asegurar su aprovechamiento. El municipio deberá partir de lo establecido en el PBOT vigente y además tener en cuenta estrategias y acciones orientadas a:

- Estrategias que apunten a la implementación de la Estrategia Nacional de Economía Circular.
- Plantear Programa de Aprovechamiento en proyectos educativos y de capacitación y programa de inclusión de recicladores.

2.2.14. Gestión del Riesgo de Desastres.

La gestión de riesgos es una es una determinante ambiental de la Ley 388/97 establecida en el artículo 10 Numeral 1 literal d, conforme normas de superior jerarquía relacionadas con *"… relacionadas con la conservación y protección del medio ambiente, los recursos naturales y la prevención de amenazas y riesgos naturales.*

Por medio del Acuerdo Metropolitano 22 de 2019 se adoptó la Política Metropolitana para la Gestión del Riesgo de Desastres, sus instrumentos de gestión y se dictan otras disposiciones. La Entidad cuenta con estudios que se constituyen en insumos para la revisión del PBOT del municipio, estos corresponden con:

- Microzonificación Sísmica del Valle de Aburrá (2002; 2007).
- Estudio de Armonización de la microzonificación sísmica de los municipios del Valle de Aburrá al reglamento NSR-10 e inclusión de los cinco corregimientos del municipio de Medellín del año 2018.
- Estudios básicos de amenaza por movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales en los municipios de Caldas, La Estrella, Envigado, Itagüí, Bello, Copacabana y Barbosa, para la incorporación de la gestión del riesgo en la planificación territorial en los municipios del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2017-2018.
- Estudio de riesgo sísmico del Valle de Aburrá.
- Estudio detallado de amenaza por inundación del río Medellín en el tramo comprendido entre La Clara y la quebrada La Jabalcona; estudio de susceptibilidad a la ocurrencia de avenidas torrenciales en el sector aguas arriba de La Clara y, monitoreo del tramo canalizado del río Medellín hasta el puente de la troncal Nordeste en el Municipio de Barbosa. Este estudio se ejecuta durante el segundo semestre del año 2021 mediante el contrato interadministrativo No. 743 de 2021 suscrito entre la Entidad y la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.
- Armonización de la microzonificación sísmica de los municipios del Valle de Aburrá y la inclusión de los corregimientos de Medellín.

El municipio de Caldas cuenta con condiciones topográficas y climáticas que implican una alta probabilidad de ocurrencia de fenómenos naturales como inundaciones, avenidas torrenciales y movimientos en masa. El municipio debe de tener, como eje principal de su desarrollo territorial, la gestión del riesgo de desastres. La ocupación del territorio que ha tenido lugar en el municipio ha generado condiciones de riesgo que afectan a la población y las actividades en el territorio. La gestión del riesgo es parte integral del presente PBOT y en consecuencia se dará un espacio propio a la misma, así, esta temática será tratada en detalle en un capítulo aparte.

2.3. Dimensión Ambiental

2.3.1. Contexto geográfico

El municipio de Caldas se encuentra ubicado sobre la cordillera central de los Andes Colombianos. La región andina se caracteriza por un relieve quebrado, con altas montañas cuyas alturas superan los 5.700 msnm, montañas que son cortadas por múltiples afluentes hídricos que forman quebradas, cañones y valles (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). La cordillera central colombiana, a la altura del departamento de Antioquia, presenta alturas superiores a los 3.000 metros y es cortada por múltiples afluentes, entre ellos, el rio Aburrá, el cual da forma al valle de Aburrá.

Ilustración 1.Paisaje de montaña en el municipio de Caldas..

.

El valle de Aburrá tiene una longitud aproximada de 60 km, dirección norte-sur y suroccidente-nororiente, con alturas variables entre los 2.800 y 1.300 msnm. El principal afluente del valle es el rio homónimo y a su interior se ubica el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, principal centro urbano del departamento de Antioquia y el segundo centro urbano del país. Esta área metropolitana está compuesta por los municipios de Caldas, Medellín, La Estrella, Sabaneta, Itagüí, Envigado, Bello, Copacabana, Girardota y Barbosa.

En el extremo sur del valle de Aburrá se ubica el municipio de Caldas (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Este municipio limita con otras subregiones del departamento como oriente (Retiro), sur (Santa Bárbara) y suroccidente (Amagá). Debido a su ubicación limítrofe, el municipio de Caldas es atravesado por vías de interés nacional que conectan el valle de Aburrá y gran parte de Antioquia con el centro y sur del país.

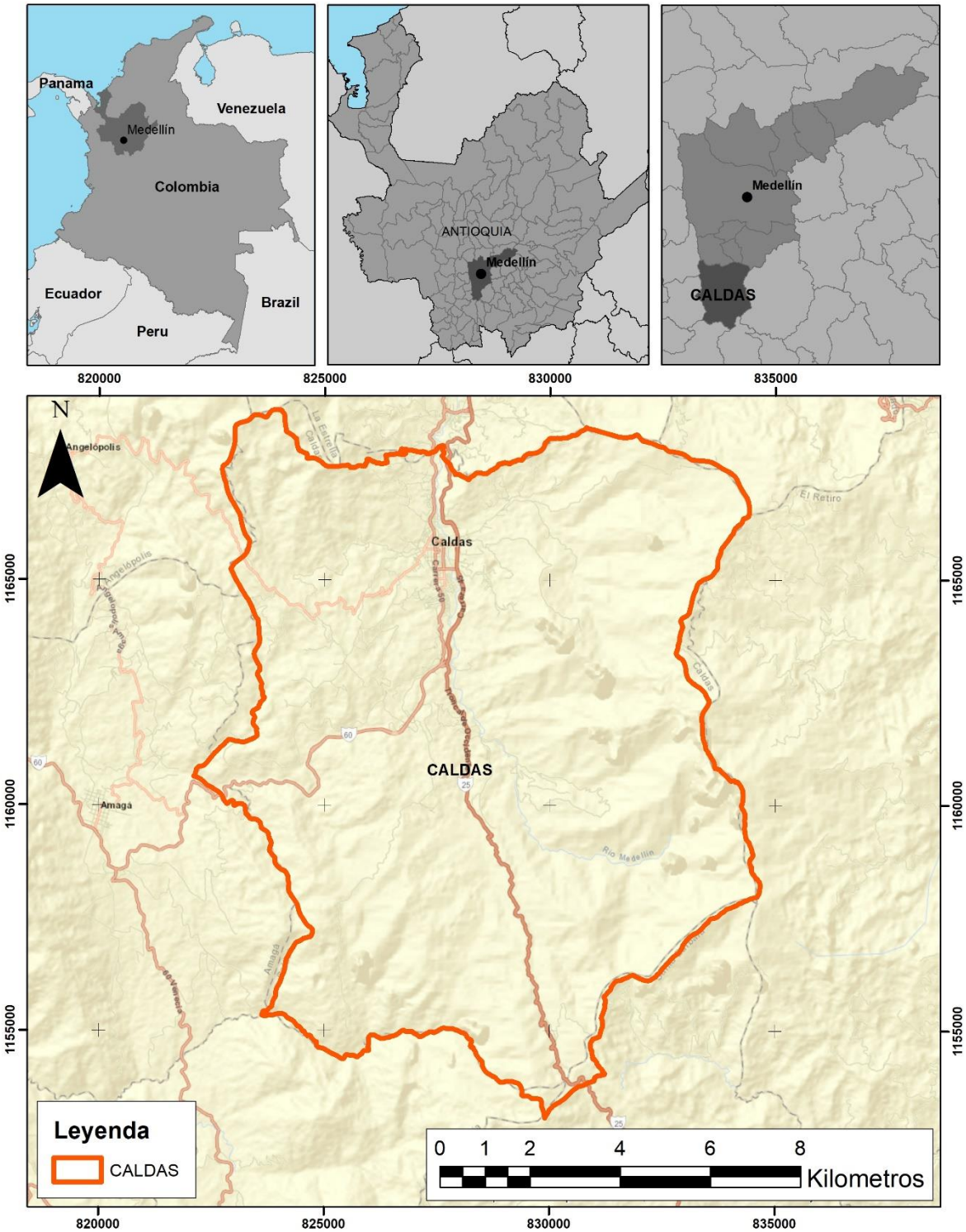


Ilustración 2.Localización del municipio de Caldas..

A lo largo de toda su extensión, el valle de Aburrá presenta una configuración geográfica relativamente homogénea, caracterizada por ser un valle interandino que corta dos altiplanos ubicados al suroriente y noroccidente del valle. La sección transversal del valle (Figura 3) tiene forma de U ancha, caracterizada por 3 secciones en sus laderas. Laderas altas y empinadas, laderas medias y de media pendiente y fondos planos.

Ilustración 3. Sección del valle de Aburrá, vista al sur desde el municipio de Medellín
Fuente: Google Earth, 2021.

El fondo de valle es predominantemente plano, con algunos cerros aislados y cortado por el rio Medellín. Estas zonas planas y bajas están constituidas por depósitos aluviales asociados al rio y sus afluentes. Las principales vías de conexión e infraestructura del valle se desarrollan sobre esta unidad y el rio es considerado el principal eje articulador del ordenamiento en el valle. Esta zona plana fue la ocupada en primera instancia y por lo tanto se encuentra altamente consolidada urbanísticamente. En este sector se ubican la mayoría de la industria, servicios y equipamientos del área metropolitana.

La sección media del valle presenta pendientes medias y es formado por laderas cortadas por algunos afluentes menores. Geológicamente está constituido por depósitos de vertiente provenientes de las zonas altas del valle. Esta zona fue ocupada paulatinamente durante el último siglo y ascendiendo desde el fondo del valle, por lo tanto, las partes inferiores de la ladera se encuentran consolidadas, mientras que, a medida que se asciende por ellas, el nivel de consolidación disminuye, hasta alcanzar barrios recientemente ocupados y en algunos casos de invasión, en la parte superior de estas laderas. La mayor parte de segmento se encuentra ocupado por viviendas y los equipamientos e infraestructura asociados.

La sección alta del valle presenta altas pendientes y corresponde a escarpes empinados. Geológicamente, está constituido por rocas ígneas y metamórficas, además de sus suelos derivados. Esta zona se encuentra en su mayoría con coberturas boscosas o agroforestales. Es en esta zona donde nacen muchos de los afluentes del valle y esta zona es frecuentemente considerada como zonas de protección ambiental.

En el caso particular del municipio de Caldas, la configuración geográfica atiende a los mismos parámetros del resto del valle de Aburrá. El valle también se divide en 3 segmentos (Figura 4). Un fondo plano donde se desarrolló el casco urbano tradicional y en donde se desarrollas las viviendas, infraestructura de movilidad y equipamientos, esta zona se desarrolla sobre los depósitos aluviales del rio Medellín y la quebrada La Miel. En las laderas medias se presentan ocupaciones urbanas de baja densidad y en su mayoría a usos rurales, con usos agropecuarios, de vivienda campestre y forestal. Las zonas altas del valle se encuentran principalmente con cobertura boscosa y corresponden a zonas de plantaciones forestales o zonas de protección ambiental asociadas a las partes altas de las cuencas del rio Medellín y la quebrada La Miel, y altos topográficos como el alto de Romeral, alto de Minas y Normandia. Realidad Territorial.

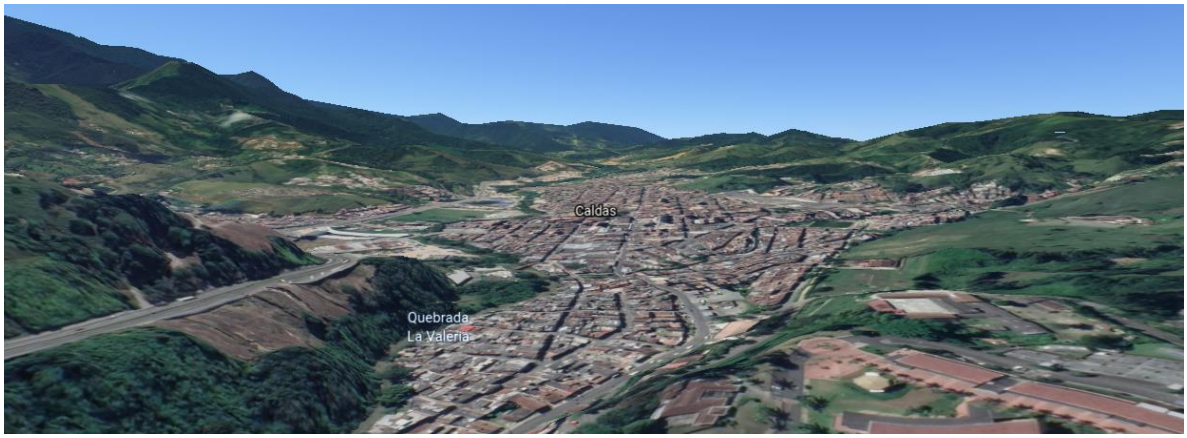


Ilustración 4.Sección del valle de Aburrá, vista al sur desde el municipio de Caldas
fuente Google Earth, 2021.

El municipio de Caldas limita al sur con Fredonia y Santa Bárbara, al oriente con El Retiro, al norte con Envigado, Sabaneta y La Estrella, y al oriente con Angelópolis y Amagá.

Debido a su configuración geográfica, caracterizada por zonas de montaña, con abundantes afluentes hídricos, el Municipio presenta condiciones ambientales particulares (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Los principales drenajes formadores del rio Medellín nacen en el municipio, en las zonas del alto de Minas y el alto de San Miguel. Estas zonas de nacimiento y los propios afluentes hídricos, debido a su importancia ambiental, implican amplias zonas de protección. Las zonas altas del municipio, las cuales son clasificadas como suelo rural, corresponden a corredores ecológicos importantes para la interconectividad ambiental del valle de aburra con las regiones vecinas. El desarrollo territorial del municipio debe entender estas condiciones y garantizar que las actividades que se desarrollen en el municipio permitan la conservación ambiental.

Las altas pendientes propias del territorio, sumadas a las altas precipitaciones asociadas al clima tropical colombiano, configuran un ambiente que hace propenso al municipio a los fenómenos amenazantes naturales. Los afluentes que atraviesan el municipio son susceptibles a sufrir inundaciones y avenidas torrenciales. Las laderas presentan condiciones propicias para los deslizamientos, principalmente detonados por lluvias. Debido a las condiciones de desarrollo del municipio, algunas zonas amenazadas han sido ocupadas y en la actualidad, el municipio presenta problemáticas de gestión del riesgo. El ordenamiento territorial del municipio debe de atender estas situaciones ya configuradas y prevenir que nuevas condiciones de riesgo se configuren.

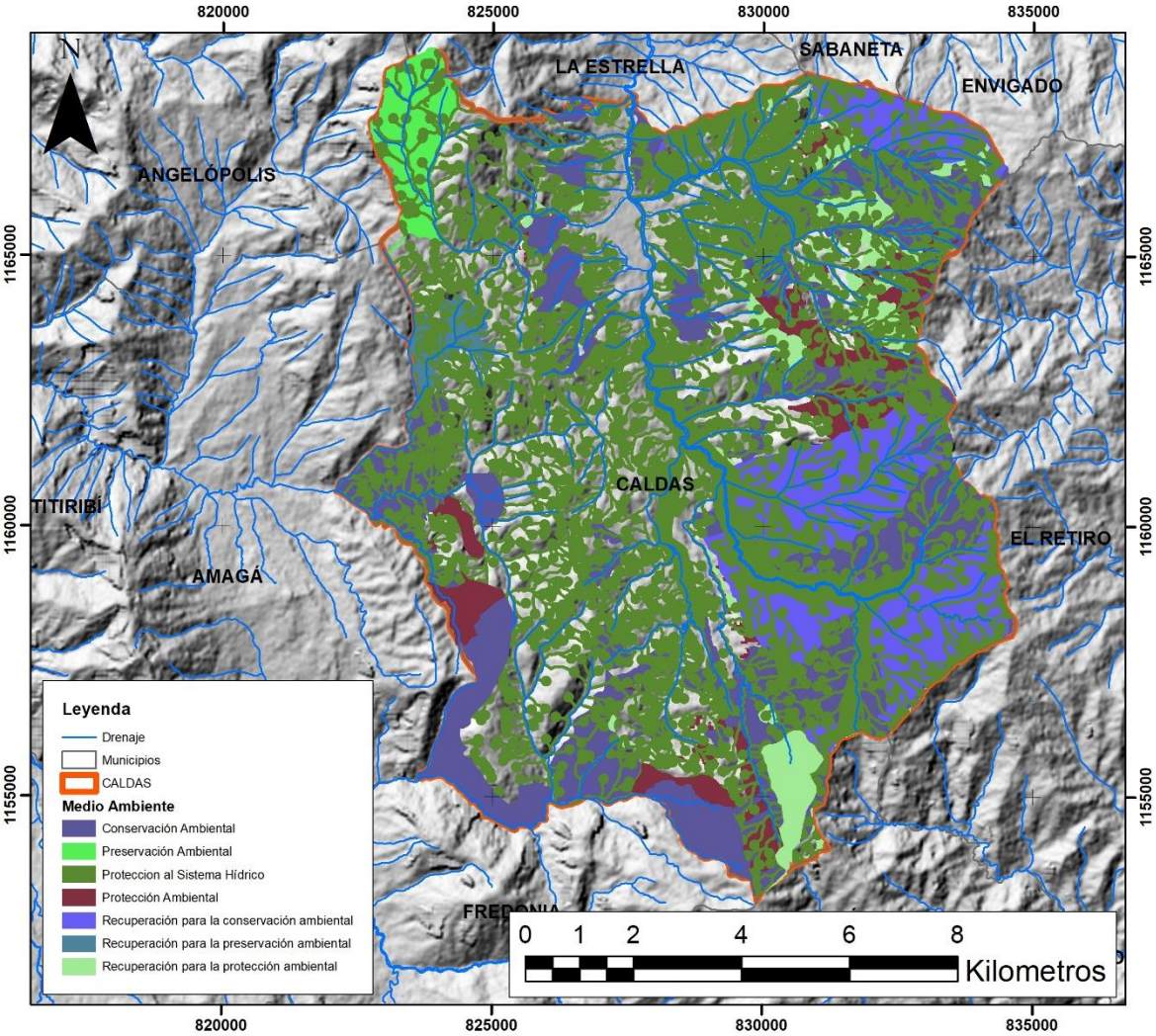


Ilustración 5.Sistema ambiental del municipio de Caldas del Acuerdo 014 del 2010.

2.3.2. Zonificación climática.

El municipio de Caldas se ubica en los Andes Colombianos, muy cerca de la línea del Ecuador, debido a esto, presenta un clima típico tropical y no presenta variaciones climáticas importantes estacionales, las variaciones más importantes se deben principalmente a la variación en la altura respecto al nivel del mar. En términos generales, en el municipio de Caldas, los veranos son cortos y cómodos, los inviernos son largos y frescos y es lluvioso y nublado la mayor parte del año. La temperatura generalmente varía de 14 °C a 23 °C y rara vez baja a menos de 12 °C o sube a más de 25 °C, con tiempo caluroso desde finales de junio hasta principios de agosto y desde mediados de diciembre hasta mediados de marzo. El municipio presenta una precipitación promedia anual de aproximadamente 2523 milímetros, con 226 días de lluvia y una humedad relativa del 82%.

El municipio de Caldas presenta una tendencia climática bimodal, con 4 periodos, de los cuales 2 son lluviosos y 2 un poco más secos. Los periodos relativamente secos, asociados a menores probabilidades de lluvias y mayores probabilidades de cielo despejado, se presentan en los intervalos diciembre-febrero y junio-agosto. Los periodos más húmedos, caracterizados por lluvias frecuentes y cielos cubiertos, se dan en los intervalos marzo-mayo y septiembre-diciembre. En Caldas, a pesar de estas estaciones, el promedio del porcentaje del cielo cubierto con nubes varía poco en el transcurso del año y es casi siempre, nublado. Caldas tiene una variación extrema de lluvia mensual por estación y son frecuentes los días lluviosos a lo

largo de todo el año. El mes con más lluvia es mayo, con un promedio de 270 milímetros de lluvia. El mes con menos lluvia es enero, con un promedio de 125 milímetros de lluvia.

La duración del día no varía considerablemente durante el año, solamente varía 28 minutos de las 12 horas en todo el año. En 2021, el día más corto es el 21 de diciembre, con 11 horas y 46 minutos de luz natural; el día más largo es el 20 de junio, con 12 horas y 29 minutos de luz natural. La velocidad promedio del viento por hora en Caldas no varía considerablemente durante el año y permanece en aproximadamente 2,7 kilómetros por hora.

La principal característica del clima en el municipio de Caldas es la alta pluviosidad presentada. Esta característica implica que el Municipio presenta alta probabilidad de presentar los fenómenos de inundación y avenida torrencial debido a las crecientes detonadas por lluvias en sus afluentes. Al considerar además las fuertes pendientes, estas precipitaciones hacen al Municipio propenso a la ocurrencia de movimientos en masa.

2.3.3. Cambio climático

Las condiciones geográficas del municipio de Caldas, particularmente las referentes a la alta pluviosidad y su topografía predominantemente empinada, configuran un escenario de riesgo ante el cambio climático. Ante condiciones de climas extremas, la principal manifestación para el municipio será el aumento de la susceptibilidad a movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales. Este aumento de susceptibilidad implica un aumento de la amenaza, y, a menos que se tomen medidas en pro de la disminución de la vulnerabilidad del municipio, un aumento en el riesgo.

Con un clima lluvioso, como el del municipio de Caldas, los eventos climáticos extremos favorecerán la ocurrencia a olas invernales más fuertes. El aumento de la pluviosidad en un municipio con las condiciones topográficas del municipio de Caldas implica, en primer lugar, un aumento considerable en los niveles máximos de los distintos afluentes, lo cual se manifestará con inundaciones en el caso de los afluentes mayores, y como avenidas torrenciales en el caso de los afluentes menores y de zonas más empinadas topográficamente hablando. El aumento de la pluviosidad en el municipio de Caldas, una zona con un clima tropical y espesos perfiles de meteorización generará un aumento en los niveles freáticos y el porcentaje de humedad en las masas de suelo, lo cual se manifestará con la ocurrencia de múltiples movimientos en masa, principalmente en las zonas más empinadas.

El cambio climático en escenarios de verano implica principalmente un riesgo para el abastecimiento de acueductos veredales. Los acueductos del municipio se abastecen en su mayoría de los afluentes menores que discurren por las laderas del Valle de Aburrá, afluentes que podrían ver gravemente afectados sus caudales, y consecuentemente la disponibilidad de recurso hídrico, en épocas de verano intensas y/o más largas de lo acostumbradas.

El cambio climático deberá ser un elemento transversal a la planificación territorial, no solo del componente ambiental, si no, de la totalidad del presente PBOT, especialmente en los componentes relacionados a la gestión del riesgo y los servicios públicos.

La variabilidad climática son los cambios naturales del clima y el mundo está presentando una serie de cambios en el clima que no provienen de los sistemas naturales, son provocados por la acción del ser humano. Existen fenómenos que pueden generar cambios en el clima, el primero de ellos es la emisión de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) hacia la atmosfera, los cuales han aumentado su concentración en los últimos años como consecuencia de los procesos industriales y las dinámicas de la población, permitiendo el aumento al efecto invernadero en el planeta y su temperatura media global (calentamiento global).

La Corporación Autónoma Regional para el Centro de Antioquia – Corantioquia, mediante un trabajo en conjunto con la Gobernación de Antioquia y la Institución Universitaria Tecnológico de Antioquia, presentan el Plan Regional para el Cambio Climático en la jurisdicción de Corantioquia (PRCC – Corantioquia) para poder cumplir con las responsabilidades del territorio, el cual está en constante transformación.

La línea base de emisiones de los Gases de Efecto Invernadero, clasifica las emisiones de GEI, según los cuatro módulos propuestos por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC):

1. Energía
2. Industria
3. Agropecuario, Forestal y Otros Usos del Suelo
4. Residuos (líquidos y sólidos).

De los resultados obtenidos de los GEI para el módulo de energía en la Industria Manufacturera (1 A2), se observa que la industria de fabricación de productos químicos en el territorio Aburrá Sur aporta el 31,6 % con 12 industrias registradas; en el municipio de Caldas se destaca la zona rural, ya que cuenta con 6 industrias registradas en la industria de fabricación de productos químicos.

La industria de procesamiento de minerales no metálicos en el territorio Aburrá Sur aporta el 42,9 % con 9 industrias registradas, donde se destaca el municipio de Caldas, ya que cuenta con cinco (5) industrias para el procesamiento de minerales no químicos.

Del análisis de resultados del módulo agropecuario, forestal y otros usos del suelo, se observa el cambio anual en las reservas de biomasa (CO2) para plantaciones forestales de las especies *Pinus Oocarpa, Pinus tecunumani, Pinus patula, Acacia sp y Cupresus lucitanica*, debido a la quema de madera y a la quema de leña, donde el municipio de Caldas es participe en el cambio de las reservas de biomasa (CO2). Dicha información fue reportada por el Sistema de información de oferta agropecuaria.

De las actividades que aportan en mayor proporción a las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en la jurisdicción de Corantioquia, es el sector de transporte, principalmente por la acción de los automóviles y los camiones de carga.

El municipio de Caldas cuenta con un riesgo climático de amenaza muy baja, la vulnerabilidad es media, y una capacidad adaptativa al cambio climático muy alta. Por lo cual desde el Plan Básico de Ordenamiento Territorial del municipio se implementara los proyectos y programas establecidos en las líneas estratégicas determinadas en el Plan Regional para el Cambio Climático en la jurisdicción de Corantioquia, para favorecer el objetivo de mitigar en un 20% las emisiones de Gases de Efecto Invernadero al año 2030.

2.3.4. Hidrología.

El municipio de Caldas, debido a su alta pluviosidad y su relieve quebrado, presenta múltiples afluentes (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). El municipio se encuentra principalmente sobre la cuenca del rio Aburrá, con una pequeña parte en la cuenca de la quebrada Sinifaná. El área se encuentra bien drenada y presenta un patrón de drenaje dendrítico con dirección preferencial de flujo sur-norte. Vale destacar que si bien existe una red de drenaje considerable en la cuenca, los procesos de expansión y ocupación urbana, incluyendo retiros de corrientes, la impermeabilización asociada a tendido de infraestructura y la extensión de pastos a lo largo de la cuenca, la pérdida de capacidad de regulación hídrica por los procesos de deforestación, son factores para contribuyen a la ocurrencia de eventos de desbordamiento de aguas en épocas de lluvias altas y afectan vidas, bienes públicos y privados.

Las fuentes hídricas más importantes del municipio de Caldas son el Río Medellín- Aburrá, Quebrada La Valeria, Quebrada La Miel, Quebrada La Cano, Quebrada Aguacatala, Quebrada La Reventona, Quebrada La Clara, Quebrada La Chuscala, Quebrada El Limón, Quebrada La Corrala, Quebrada La Junta, Quebrada

La Chato, Quebrada La Loca, Quebrada La Gorriona, Quebrada La Peñola, Quebrada La Ahumada, Quebrada El Cebadero.

La principal cuenca, es la cuenca hidrográfica del Río Aburrá, que luego de su nacimiento en el Alto de San Miguel (reserva ecológica), recorre el Municipio de Caldas, inicialmente en el sentido Este-Oeste, pero luego de encontrarse con la confluencia de la quebrada La Clara, en su margen derecha aguas abajo, cambia de dirección y adquiere el sentido Norte- Sur; marca el límite entre las veredas localizadas tanto al Este como al Oeste, en donde se encuentra además, la concentración humana más grande del Municipio. El río Medellín tiene su canal principal dividiendo toda el área del Municipio de Caldas.

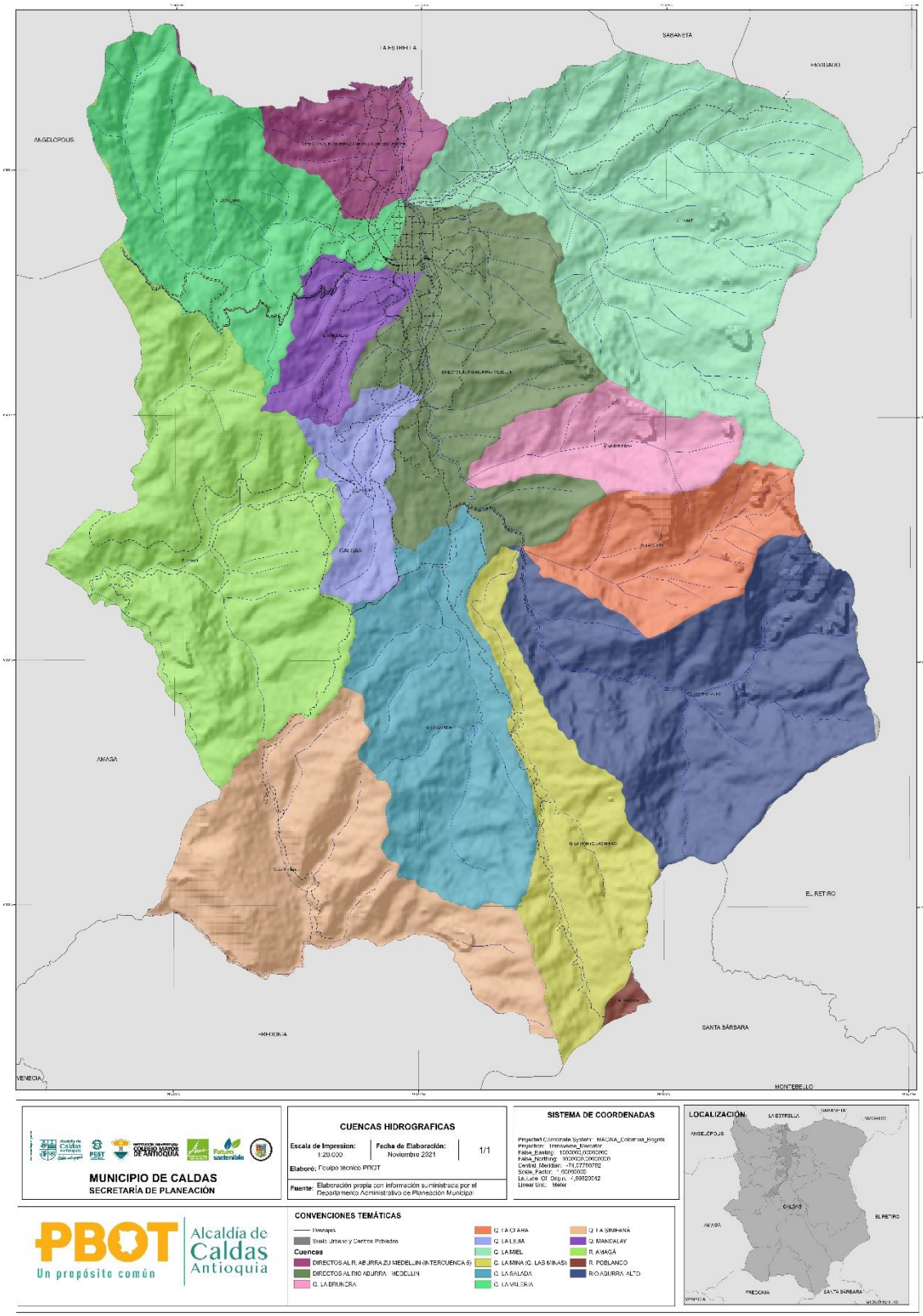
En un 70% de su recorrido por el Municipio, el Río presenta un valle amplio demarcado por llanuras de inundación, sus pendientes son por lo general del 0 al 5%, localmente, exceden el 7% y en su nacimiento llegan a alcanzar pendientes hasta del 58%, escarpadas.

El Río Aburrá recibe las aguas de numerosas quebradas a ambas márgenes, quebradas que en su mayoría se caracterizan por presentar un alargamiento en sus cauces, en direcciones preferentes Norte-Sur, tal es el caso de las quebradas Minas y La Salada.

Todas estas quebradas presentan focos de desestabilización y de contaminación que sujetan a las comunidades implicadas a altos riesgos por inundación, deslizamientos y deterioro de la salud por las condiciones sanitarias, que soportan al estar sujetas a la conducta ecológica humana.

Las quebradas que se encuentran al margen derecho aguas abajo del Río Aburrá son: La Vieja, La Moladora que junto a la Santa Isabel conforman el nacimiento del Río, le siguen La Clara, La Brunera, La Corrala, La Corralita y La Miel. Sobre el margen izquierdo empezando de sur a norte tenemos las quebradas: Minas y La Salada, La Chuscala, La Valeria y La Raya. La quebrada La Valeria es de mucha importancia socioeconómica y cultural para la región, porque en ella se instalaron los primeros asentamientos humanos (fundadores), y porque de sus aguas se abastece el acueducto Municipal, que cubre una buena parte de la población.

En el caso particular del casco urbano del municipio de Caldas, se encontró que muchos de los afluentes que traviesan el mismo, presentan una problemática importante asociada a la ocupación de los cauces. Los afluentes urbanos fueron paulatinamente canalizados, invadidos y posteriormente sepultados bajo las construcciones actuales del Municipio. Debido a que dicho proceso se realizó de manera paulatina y sin planeación, se considera que las canalizaciones no atienden los parámetros técnicos requeridos y existen alta probabilidad de desarrollar procesos de inundación, socavación y colapso. Se requerirá que dichos afluentes sean cartografiados y se realice un análisis técnico de las condiciones actuales de los mismos, además, de los posibles riesgos asociados, las medidas de control y mitigación requeridas. También serán consideradas las implicaciones de la existencia de dichos afluentes y el manejo que les fue dado en las posibilidades de desarrollo de las zonas aledañas a los mismos.



Mapa 6. Cuencas Hidrograficas.

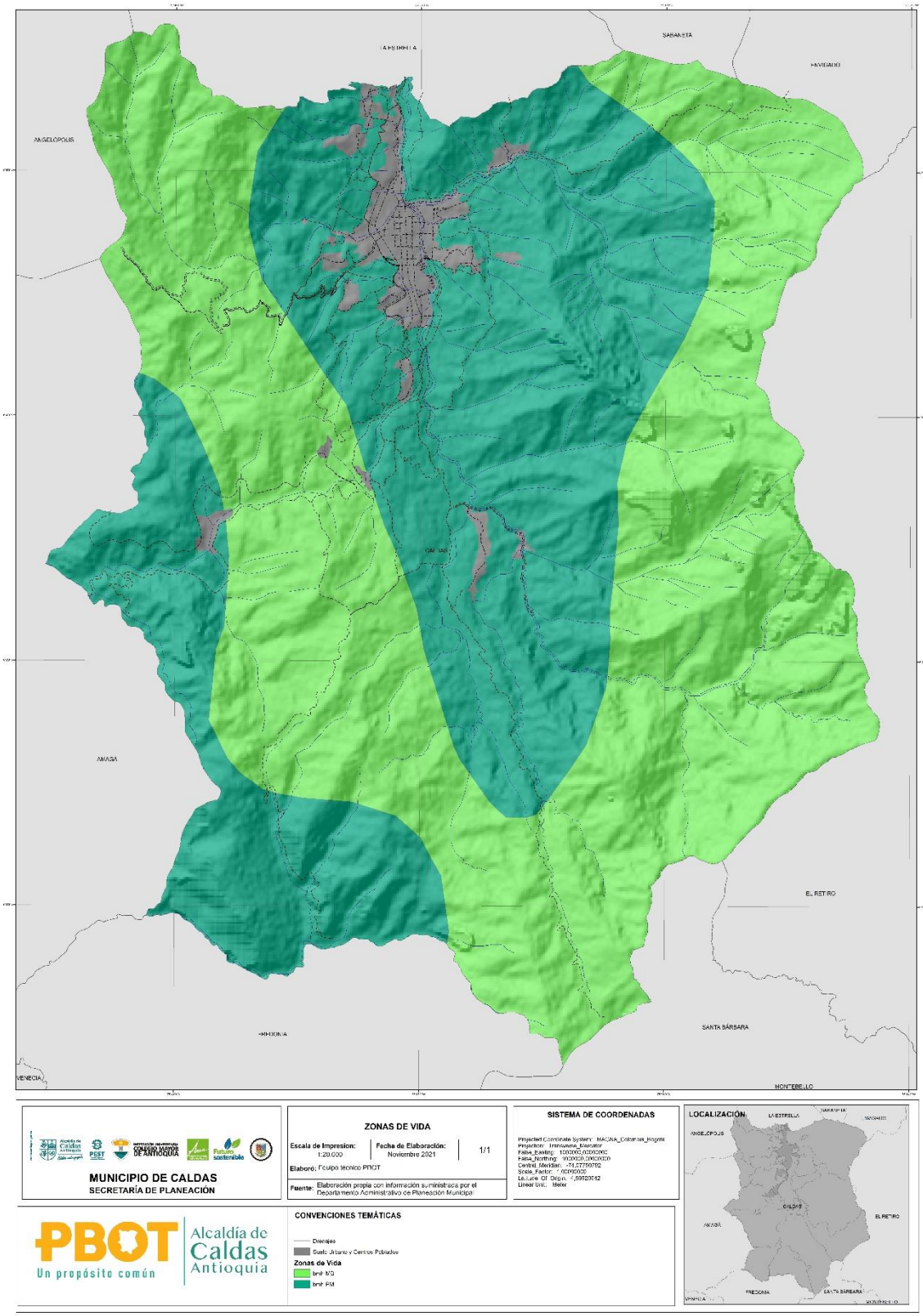
2.3.5. Zonas de vida

La interacción de estos factores climáticos: altitud, precipitación y biotemperatura, determinan la existencia de las zonas de vida o unidades bioclimáticas principales en determinada región. Para el municipio de Caldas, y debido a su variabilidad geográfica, se presentan 2 zonas de vida (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) que estructuran los ecosistemas en el área.

El Bosque Muy Húmedo – Montano Bajo: bmh-MB, comprende el 52% del área total de la zona en las partes altas mayores a la cota 1950 metros sobre el nivel del mar, caracterizados por una biotemperatura media entre 12 y 18 grados centígrados y un promedio anual de lluvias entre 2.000 y 4.000 milímetros.

Bosque Muy Húmedo-Premontano: bmh-PM, cubre el 48% del área, en el extremo Sur-Occidental de Caldas, tiene una biotemperatura entre 18 y 24 grados centígrados y un promedio anual de lluvias entre 2.000 y 4.000 milímetros.

Las coberturas naturales del municipio de Caldas se encuentran conservadas principalmente en las partes altas. Este grado de conservación representa una importante oportunidad para el desarrollo ecoturístico, la captación de bonos de carbono o el pago por servicios ambientales. Es importante que el municipio y las autoridades ambientales respectivas desarrollen proyectos que permitan la conservación de dichas zonas de vida a través de las coberturas conservadas, mientras se garantiza el desarrollo sostenible del municipio.



Mapa 7. Zonas de vida.

2.3.6. Pendientes

A nivel general, el municipio de Caldas se caracteriza por el predominio de fuertes pendientes, sin embargo, hacia la zona urbana imperan las pendientes bajas debido a la importancia de los procesos aluviales de deposición y a las explanaciones realizadas para la adaptación de predios. Hacia los límites del perímetro urbano se presentan pendientes que oscilan entre 25-40% y 40-60%. La distribución de pendientes en el municipio de Caldas (Mapa 8, Tabla 7) refleja la geografía montañosa predominante.

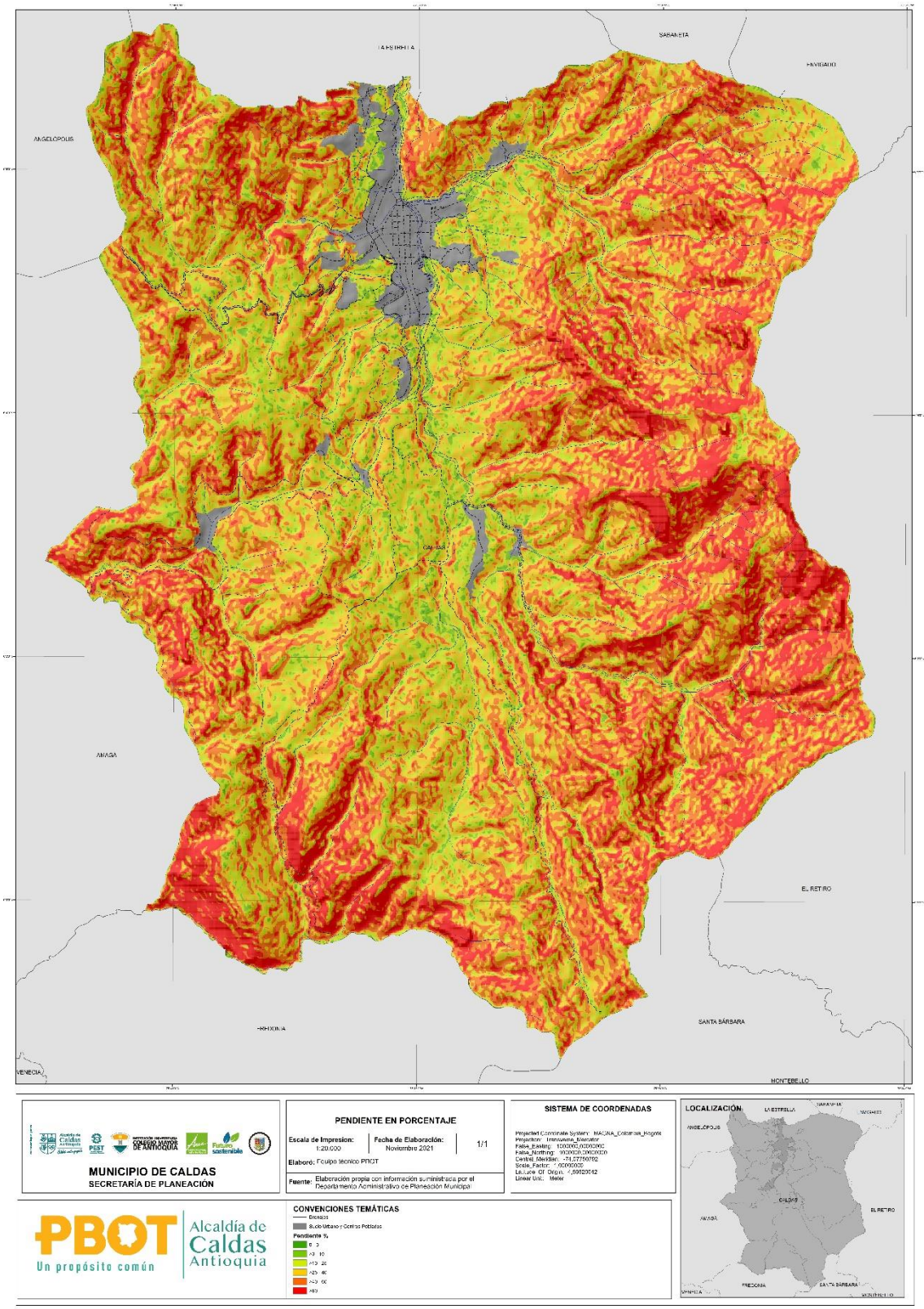
Tabla 7. Distribución de los rangos de pendiente en hectáreas y porcentaje respecto al área total de la zona de estudio

PENDIENTE	ÁREA (HA)	PORCENTAJE (%)
0-3 %	1380,3	10,4%
3-10%	124,3	1%
10-25%	746,5	5,6%
25-40%	2126,4	15,9%
40-60%	3887,1	29,1%
>60%	5084,4	38%

El rango de pendientes 0-3% ccorresponde al 10.4 % del área total del municipio. Este rango de pendientes está representado básicamente por zonas planas que pertenecen a la zona aluvial del río Medellín a lo largo del municipio y a explanaciones puntuales realizadas para la ubicación de construcciones y equipamientos específicos en la cabecera municipal. Dentro del municipio algunas áreas características de este rango de pendientes son las que corresponden a la unidad geomorfológica de superficie aluvial, tales como las llanuras de inundación. Terrenos representativos de este rango en la zona urbana se ubican en parte del barrio La Inmaculada, la zona donde se encuentra ubicado el estadio municipal de Caldas, la franja del abanico aluviotorrencial de la quebrada La Miel en inmediaciones de su desembocadura al río y la cancha localizada en el contorno de la empresa Jimar. Hacia la parte rural del municipio, hacen parte de este intervalo de pendientes las superficies aluviales localizadas en las veredas La Clara, La Salada, Primavera y Salinas.

*El r*ango de pendientes 3-10% dan cuenta de una topografía bastante suave y están asociadas a terrazas aluviales, algunas explanaciones y a suelos residuales de esquistos. En la zona urbana, en terrenos característicos de este rango de pendientes se encuentra ubicada la empresa Fivres, algunas viviendas del sector de los Cerezos y la urbanización La Rivera, las terrazas aluviales del río Medellín principalmente hacia la margen derecha y algunos sitios del barrio La inmaculada, también se pueden observar estas pendientes en inmediaciones de la empresa Jimar. A nivel rural estas pendientes se encuentran asociadas al rango de pendientes anteriormente descrito en las veredas La Clara, La Salada, Primavera y La Cima.

El rango de pendientes 10-25% ccorresponde a zonas de aspecto irregular que se distribuyen por toda la zona de estudio, intercaladas con pendientes de rangos superiores e inferiores. Las áreas más representativas de este rango a nivel urbano se pueden observar sobre los depósitos aluviotorrenciales de las quebradas La Valeria y La Miel, también entre la carrera 50 y la margen izquierda del río Medellín, se pueden apreciar algunos sectores de pendientes en este intervalo entre las calles 119 sur y 108 sur. Es posible además encontrar este tipo de pendientes en el suelo de expansión localizado en el sector del barrio el Porvenir, algunas áreas de menor tamaño se localizan hacia el barrio Andalucía y en la zona de expansión cercana a la quebrada La Miel. Los terrenos donde las pendientes se aproximan al límite superior del rango empiezan a ver condicionado de manera moderada su diseño urbanístico. Hacia la parte rural, las pendientes de este rango sobresalen al este de la vereda La Aguacatala, en las veredas La Cima, La Quiebra, Primavera y el sector norte de la vereda La Salada, entre otras.



Mapa 8: Pendientes en el municipio de Caldas.

El rango de pendientes 25-40% cubren alrededor del 16% del área total del municipio. Al interior de los suelos urbanos y de expansión, se encuentran hacia los cañones de las quebradas El Ñato y La Raza localizadas al norte del perímetro urbano, en algunos taludes hacia La Corrala y en el talud que se extiende desde el barrio fundadores hasta la Universidad Lasallista paralelo a la línea férrea. En el sector rural del

municipio este Intervalo de pendientes es encontrado en parte de las veredas El Cardal, La Salada, La Corrala y La Cima principalmente. En este rango la topografía condiciona considerablemente el diseño urbanístico y se requieren obras especiales de ingeniería para contener taludes y controlar la escorrentía.

El rango de pendientes 40-60% no es apto para urbanizaciones continuas y en muchos casos tampoco soportan la vivienda aislada, es un rango con condiciones críticas para procesos urbanísticos y regularmente requiere obras con altos costos para su adecuación y manejo. A nivel urbano este rango de pendientes se observa hacia los cañones de algunas quebradas, en los taludes que bordean explanaciones para la ubicación de construcciones como los de las empresas Fivres y Jimar, entre la margen izquierda del río y el parque del barrio Juan XXIII y en algunos taludes producto de banqueos y cortes. También en los bordes del perímetro urbano en especial hacia la margen oriental del río Medellín. A nivel rural este rango se encuentra muy relacionado con el de pendientes superiores al 60%, característicamente en las veredas La Valeria, La Miel, Potrerillo, al noroccidente la vereda La Cima y en gran parte de las veredas La Salada y La Clara

El rango de pendientes > 60% no son aptos para procesos urbanísticos de ningún tipo y en general debería reservarse como áreas de protección o para determinado tipo de usos en el suelo rural, en el municipio de Caldas estas pendientes cubren el 38% del área total. Está representado a nivel urbano principalmente por las vertientes ubicadas en la margen derecha del río al norte de la quebrada La Miel sobre la unidad de neis, se observan pendientes de este rango en las márgenes de la mayoría de las quebradas que cruzan la zona urbana y en los taludes generados por explanaciones, cortes y banqueos para la ubicación de construcciones. A nivel rural corresponden a la mayor parte de las veredas La Valeria, La Miel, La Clara, La Maní del Cardal, Las Minas, la parte occidental de las veredas Sinifaná, Salinas y El Cardal, la vereda El Cano y el sector oriental de las veredas Primavera y La Corrala.

2.3.7. Geología

El municipio de Caldas se ubica al interior de una de las zonas de geología más compleja del país, la zona de falla de Romeral. En esta zona confluyen varios terrenos (Mapa 9) y unidades geológicas, las cuales se relacionan a través de un sistema complejo de fallas. De oriente a occidente, las macro unidades geológicas presentadas son el terreno Tahamí, el terreno Anacona y el terreno Ebéjico.

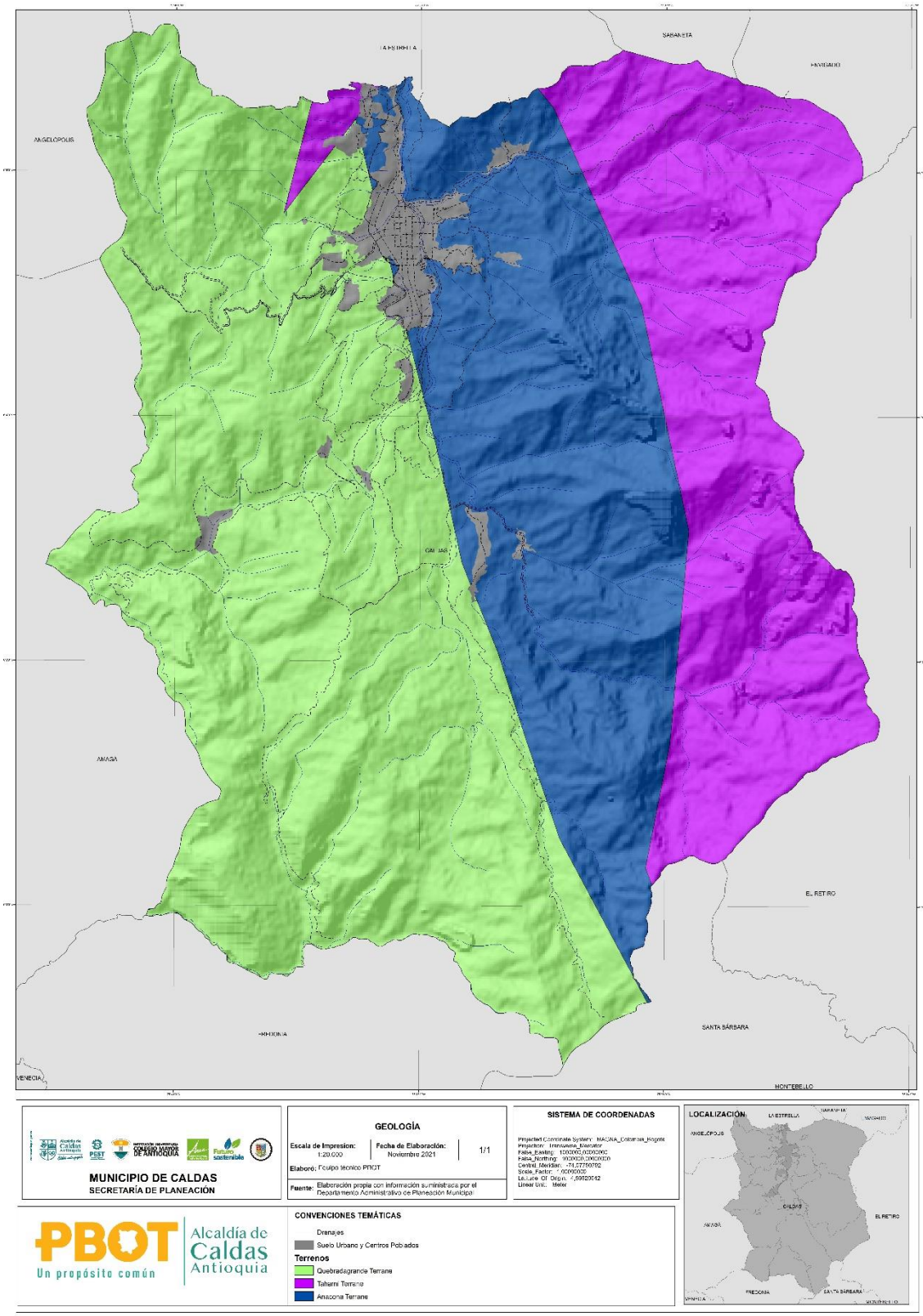
El terreno Tahamí corresponde a una serie de rocas metamórficas, con metamorfismo regional de grado medio y con protolitos N-MORB. Estás unidades presentan un metamorfismo de aproximadamente 240 millones de años y son instruidas por el Batolito Antioqueño en el período comprendido entre 60 y 90 millones de años. En esta unidad es común encontrar gneises, anfibolitas, esquistos (cuarzo-sericiticos, sericiticos, cloriticos y grafitisos) granulitas y migmatitas. Esta unidad es separada del terreno Anacona por las fallas San Jerónimo, Tablacita y Santa Isabel. Esta unidad geológica aflora en la parte alta de todas las cuencas del oriente del municipio (La miel, La Clara, Tablacita, Río Aburrá, etc). Sus rocas son muy competentes y suelen desarrollar un relieve agreste y de altas pendientes.

El terreno Anacona corresponde a una secuencia de unidades con metamorfismo de regional de tipo bárico de media presión y edades metamórficas silúricas. Este metamorfismo es muy particular y no se encuentra en ninguna otra parte del territorio colombiano. Está secuencia se caracteriza por esquistos (sericiticos con granate, sericiticos, cuarzo-sericiticos y grafitosos), anfibolitas (granatiferas y sin granate) gneises y cuarcitas, siendo las unidades más representativas la anfibolita granatifera de Caldas y el ortogneis de La Miel. estas unidades geológicas se encuentran en la parte baja de las cuencas del oriente del municipio y se extienden hasta el río Medellín. Esta unidad se encuentra instruida por múltiples diques porfiríticos y se separa del terreno Ebéjico por medio de la Falla de San Jerónimo. Al igual que las rocas de Tahamí, estas son competentes y están asociadas a relieves montañosos.

El terreno Ebéjico corresponde a una secuencia vulcano-sedimentaria de origen marino, asociada a un arco de islas cretácico. Tradicionalmente estas secuencias fueron agrupadas como complejo Quebradagrande. Esta secuencia está compuesta por basaltos, tobas, pillow lavas, lutitas, areniscas y ocasiónales conglomerados. Estas rocas, principalmente las sedimentarias, son menos competentes y, aunque desarrolla relieves montañosos, estos no son tan pronunciados como los de las rocas metamórficas, además, son más susceptibles a los movimientos en masa. Esta unidad aflora en toda la zona occidental del municipio, a partir del rio Medellín.

Sobre estos terrenos se han desarrollado unidades supraterreno, las cuales son posteriores a la amalgamación de estos. Estas unidades se pueden dividir en 2 grupos. El primer grupo lo componen las intrusiones cenozoicas, las cuales corresponden principalmente a distintos cuerpos porfiriticos (diques y sills), estos presentan una gran variedad, incluyendo pórfidos andesíticos, pórfidos basálticos y pórfidos dacíticos. El segundo grupo de unidades supraterreno corresponde a los depósitos recientes, entre los cuales destacan los depósitos aluviales y los depósitos coluviales. Los depósitos coluviales son frecuentes en las zonas de alta y media pendiente, estos están asociados a deslizamientos antiguos desarrollados en las zonas de ladera. Los depósitos aluviales son en su mayoría aluvio-torrenciales, son los depósitos más frecuentes y se encuentran asociados a los cauces de la mayoría de los afluentes del municipio.

Las condiciones geológicas del municipio de Caldas implican alta probabilidad de ocurrencia de sismos y un relieve agreste que está asociado a los movimientos en masa y avenidas torrenciales. Esta misma configuración representa una oportunidad para el desarrollo de actividades como la producción de materiales para la construcción.



Mapa 9: Geología del municipio de Caldas.

2.3.8. Geomorfología

El estudio geomorfológico consiste en la identificación de las diferentes unidades morfológicas que conforman el paisaje. Para el trabajo geomorfológico se realizó una observación detallada en campo, apoyada en el análisis de fotointerpretación geológica-geomorfológica, en el mapa de pendientes y en un modelo de elevación digital del terreno.

La descripción geomorfológica que se hará a continuación está dividida en dos partes: la zona urbana y la zona rural del municipio de Caldas.

2.3.8.1. Geomorfología en la Zona Urbana

A la descripción de la zona urbana se le integraron algunas unidades que tienen continuidad desde la faja rural, no obstante, es un poco más puntualizada teniendo en cuenta que se pueden identificar dos agentes claves en la evolución del paisaje y que en la actualidad podemos observar: La dinámica aluvial del río Medellín y de sus quebradas tributarias a nivel urbano, y la acción antrópica. La primera se refleja en formas como terrazas, abanicos, llanuras de inundación, mientras que el segundo en la formación de paisajes antrópicos producto de las explanaciones con fines urbanísticos y generación de zonas de corte y de lleno.

Vertientes Cortas de Pendiente Fuerte a Moderada (VB-vcpfm): Como su nombre lo indica son vertientes de corta longitud que presentan pendientes mayores del 40% y en la mayoría de los casos tienen aspecto regular. Están asociadas a los límites de las explanaciones, a banqueos y cortes en taludes. Se pueden observar en inmediaciones de las empresas Jimar y Fivres, en algunos taludes sobre el corte de la carrera 50 y entre la margen izquierda del río y la carrera 49B al norte de la calle 108 sur. De acuerdo con el manejo que se le dé a estas vertientes y a su relación con la dinámica de los ríos y quebradas (socavación) se pueden presentar movimientos en masa.

Vertientes Suaves a Moderadas en Depósitos (VB-vsmd): Son vertientes de forma convexa que presentan longitudes medias en terrenos con pendientes entre 10 y 25%. Tienen una incisión moderada y se presentan en las zonas de depósitos de flujos de escombros. Es posible observar esta unidad en el sector de la carrera 50 entre La inmaculada y La Raya, en parte de la vereda El Cano hacia la margen izquierda del río y hacia la margen izquierda de la quebrada La Miel en inmediaciones de la vereda La Corrala.

Vertientes Suaves (VB-vs): Esta unidad geomorfológica se encuentra asociada a los depósitos aluviotorrenciales como en el caso de la quebrada La Valeria y a los suelos residuales provenientes de esquistos. Son vertientes ubicadas en la parte baja de la ladera, que presentan pendientes suaves (entre 3 y 10%) tienen forma convexa, aspecto alargado e incisión baja. Sobre estas vertientes se ubica el barrio La Rivera y la Zona Central del municipio.

Vertientes Bajas Irregulares (VB-vbi): Corresponden a vertientes de longitudes que varían entre 100 y 400 metros, ubicadas en la parte baja de la ladera, que presentan incisión moderada y aspecto irregular. Esta unidad exhibe pendientes bastante fuertes, mayores al 60% y está asociada con la unidad geológica de neis localizada principalmente hacia el norte de la quebrada La Miel y sobre la margen derecha del río Medellín, en la vereda El Cano. El drenaje es de densidad moderada a baja, presentando un patrón subdendrítico. Debido a la característica arenosa de estos suelos, en presencia de agua y en condiciones de fuerte pendiente fácilmente se presentan movimientos en masa de diferentes magnitudes.

Explanaciones y Llenos (VB-ex): Corresponden a modificaciones realizadas a los terrenos originales para su habilitación para uso urbano. Estas intervenciones van desde grandes movimientos de tierra hasta llenos de gran espesor. Generalmente este tipo de intervención genera superficies planas a expensas de la

disposición de material sobre una ladera o superficie deprimida, pero de igual manera se generan hacia los límites vertientes generalmente cortas dependiendo del tamaño del lleno, las cuales presentan pendientes altas y son susceptibles a movimientos en masa. Los principales se encuentran dónde están ubicadas las empresas Fivres y Jimar, en el sector Los Cerezos y entre la margen derecha del río Medellín y la variante entre las calles 146 sur y 134 sur.

Terrazas Aluviales (SA-ta): Se encuentran localizadas a lo largo del río en ambas márgenes sobre toda la zona de urbana. Se caracterizan por desarrollar pendientes muy bajas, aspecto plano y forma regular, esta unidad corresponde a la antigua llanura de inundación del río y presenta diferentes alturas respecto al nivel actual.

Llanura de Inundación (SA-li): Las llanuras de inundación son áreas de superficie adyacentes al río y que están sujetas a inundaciones recurrentes. Topográficamente son muy planas y están compuestas de materiales transportados por el río, están muy relacionadas con las terrazas, aunque estas últimas presentan niveles un poco más altos. En la cabecera municipal se encuentran a lo largo del recorrido por la zona urbana hacia ambas márgenes del río y aunque estas zonas de inundación deberían permanecer libres, en algunos sitios encontramos construcciones sobre ellas como es el caso del barrio La Inmaculada.

Abanico Aluviotorrencial (SA-aa): Esta unidad hace referencia principalmente al abanico que se observa sobre la quebrada La Miel hacia su desembocadura al río Medellín, donde exhibe un aspecto convexo con pendientes suaves (0 a 3%) y de tendencia en el sentido de la desembocadura, sin embargo, la unidad geomorfológica tiene una extensión que cubre las superficies aluviales de la quebrada en ambas márgenes y en el recorrido de esta quebrada por la vereda del mismo nombre. La quebrada cambia constantemente su curso sobre el abanico y no se observan bloques ni materiales métricos en la superficie.

La geomorfología presentada en el área urbana es en su mayoría, adecuada para los desarrollos urbanos planteados. Las principales problemáticas se encuentran en los nuevos desarrollos urbanos, los cuales se están dando en las unidades de pendientes mayores o en las zonas de ronda hídrica de los afluentes del Municipio. Las ocupaciones urbanas deberán ser concentradas en las unidades geomorfológicas aptas, lo cual se garantizará a través de la clasificación del suelo, el sistema ambiental y la gestión del riesgo.

2.3.8.2. Geomorfología en la Zona Rural

En la zona rural por su parte se identificaron tres macrounidades que corresponden a la ubicación en altura dentro de las laderas, y que hacen parte tanto de la cuenca del río Medellín como del río Cauca. Luego de lo anterior, se realizó una clasificación en unidades particulares de acuerdo con sus principales características morfológicas como tipo de pendiente, longitud, forma y ubicación. Con la categorización anterior, además, se pudo observar que las vertientes del costado Este son mucho más altas que las vertientes del occidente. En el caso de la geomorfología rural, serán presentadas las macrounidades geomorfológicas.

Macrounidad de Vertientes Altas (VA): Esta macrounidad se localiza en la parte alta de las vertientes. Estas marcan la primera incisión formadora del cañón y se caracterizan en general por las fuertes pendientes. Al interior de esta se presentan las unidades de Filos Cortos de Aspecto Irregular (VA-fcai), Vertientes Convexas de Corta Longitud (VA-vcxcl), Vertientes Convexas Irregulares (VA-vcxi), Vertientes Convexas Colinadas (vcxc), Vertientes Largas de aspecto Irregular a Ondulado (VA-vlio), Vertientes Convexas de Baja Pendiente (VA-vcxbp), Filos Cortos de Pendiente Moderada (VA-fcpm), Filos Altos (VA-fa).

Macrounidad de Vertientes Medias (VM): Como su nombre lo indica esta macrounidad ocupa una posición central o media dentro de las vertientes, encontrándose limitada por las vertientes altas y bajas. Esta se caracteriza por la presencia de rasgos morfológicos como Vertientes Irregulares de Fuerte

Pendiente (VM-vifp), Vertientes Fuertemente Onduladas (VM-vfo), Vertientes Colinadas de Pendiente Suave (VM-vcps), Filos Largos Ramificados (VM-flr), Filos Medios de Tope Amplio (VM-fmta), Vertientes Onduladas de Fuerte Pendiente (VM-vofp), Vertientes Convexas de Pendiente Moderada (VM-vcxpm), Filos Largos de Tope Amplio (VM-flta), Vertientes Regulares de Fuerte Pendiente (VM-vrfp), Vertientes Cortas Onduladas (VM-vco), Filos de Tope Estrecho (VM-fte), Vertientes Cortas Irregulares de Pendiente Moderada (VM-vcipm), Filos Medios (VM-fm), Vertientes Convexas (VM-vcx), Filos de Longitud Media (VM-flm), Vertientes Medias Irregulares (VM-vmi), Filo Alargado de Tope Redondeado (VM-fatr), Vertientes Onduladas (VM-von), Vertientes Irregulares de Pendientes Moderadas a Fuertes (VM-vipmf), Vertientes Moderadas en Depósitos (VM-vmd), Cerros Aislados (VM-ca).

Macrounidad de Vertientes Bajas (VB): Esta macrounidad ocupa la posición relativa más baja dentro de las vertientes mencionadas. Se encuentra siempre limitando en su parte inferior con unidades de fondo como las superficies aluviales y con las vertientes medias hacia la parte superior. La conformación de muchas de estas vertientes corresponde a depósitos de vertiente que se han depositado en la parte inferior de la ladera. Al interior de esta macrounidad se identifican las unidades de Vertientes Suaves a Moderadas en Depósito (VB-vsmd), Colinas Bajas (VB-cb), Vertientes Cóncavas Irregulares (VB-vci), Colinas Cortas a Onduladas (VB-ccon), Vertientes Bajas Onduladas (VB-vbo), Filos Cortos (VB-fc), Filos Cortos Ramificados (VB-fcr), Superficie Aluvial (F-SA).

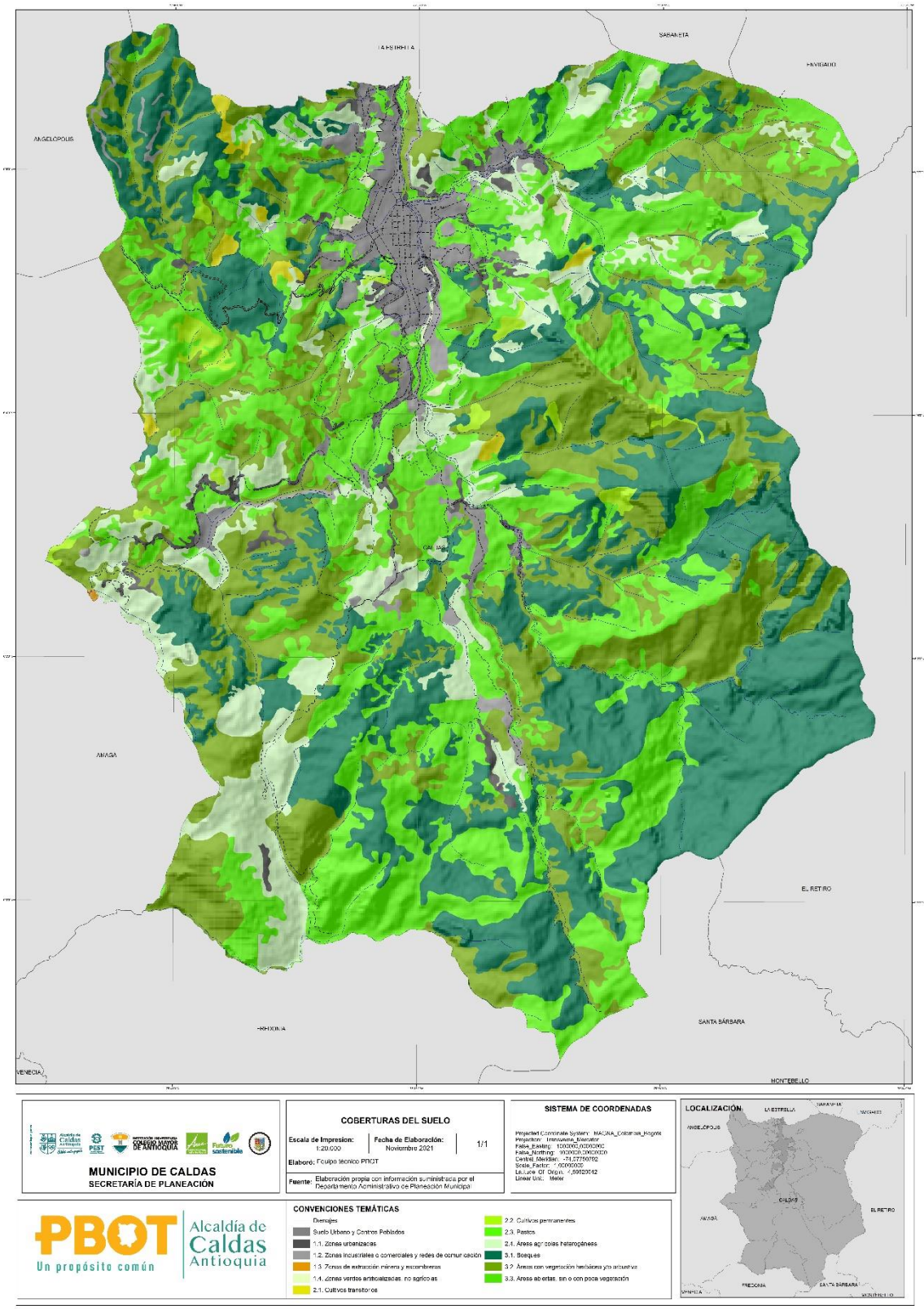
Las unidades geomorfológicas rurales son importantes para determinar los posibles usos rurales, así, las unidades de pendiente menores son más propensas a los usos agropecuarios y de vivienda campestre, mientras que las unidades asociadas a pendientes altas deberán en su mayoría mantenerse como zonas de interés ambiental.

2.3.9. Coberturas

En el municipio de Caldas, a diferencia del resto de municipios del valle de Aburrá, cuenta con grandes extensiones de coberturas naturales conservadas. La clase de cobertura predominante son los bosques naturales y plantados, con un 77,6% distribuida uniformemente en todo el territorio, seguido por los cultivos y pastos de recreación rural (8,8%), concentrados hacia el centro del municipio al igual que la presencia de zonas desprovistas de vegetación (1,9%).

Por su lado los pastos (7,6%) aparecen dispersos a través de los bosques y la zona urbana abarca el 3,9% de las coberturas con presencia de zonas verdes urbanas (0,1%) en los extremos W y E de la cabecera municipal.

En cuanto a la cobertura tipo cuerpo de agua está caracterizado por la quebrada La Clara – río Aburrá, que atraviesa la cabecera municipal en sentido S - N con un porcentaje de 0,1. En la siguiente Tabla se presentan los porcentajes de las coberturas del municipio.



Mapa 10: Coberturas del municipio de Caldas.

Tabla 8. Porcentajes de las coberturas del municipio.

COBERTURA	ÁREA KM2	PORCENTAJE DEL ÁREA TOTAL (%)
Zona urbana	5,2	3,9%
Zonas deportivas de vegetación	2,6	1,9%
Cuerpos de agua	0,1	0,1%
Pastos	10,2	7,6%
Zonas verdes urbanas	0,1	0,1%
Bosques	103,3	77,6%
Cultivos y pastos de recreación	11,7	8,8%

Fuente: Estudios básicos de amenaza por movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales en los municipios de Caldas, La Estrella, Envigado, Itagüí, Bello, Copacabana y Barbosa, para la incorporación de la gestión del riesgo en la planificación territorial (UNAL – AMVA, 2018).

Asociadas a las coberturas del suelo y en concordancia con las mismas, el principal **uso del suelo** en el municipio corresponde a las plantaciones forestales. Estas se desarrollan en gran parte de las laderas medias del municipio, aunque, a pesar de su extensión, no son el principal reglón económico del municipio. La segunda cobertura en extensión, los cultivos y pastos, son asociados al uso agrícola, uso que se desarrolla en las zonas aledañas al casco urbano y que ha venido disminuyendo a lo largo del tiempo, principalmente debido a la utilización de estos suelos productivos para la instalación de vivienda campestre y al crecimiento de la mancha urbana. La cobertura urbana, asociada al desarrollo urbanístico, industrial y comercial del municipio, aunque representando solo el 3,9% del territorio municipal, corresponde al principal uso desde el punto de vista económico, toda vez que asociados a este se encuentran los principales reglones productivos del municipio.

El **uso potencial del suelo** en el municipio de Caldas está directamente relacionado con las condiciones naturales del territorio. Las altas pendientes desarrolladas en gran parte del territorio implican grandes restricciones técnicas y ambientales para el desarrollo de proyectos productivos, siendo las plantaciones forestales o el pago por servicios ecosistémicos, unas de las pocas alternativas viables. La ubicación estratégica del municipio en el sur del valle de Aburrá, y las vías que lo atraviesan como ejes conectores regionales, brindan una oportunidad importante para el desarrollo de usos residenciales, comerciales e industriales. Estos usos deberán de desarrollarse en las zonas de pendientes medias y bajas que presentan aptitud geológica del suelo compatible con este tipo de proyectos.

La ocupación actual del suelo presenta una serie de **conflictos en los usos del suelo**, principalmente en los asociados a asuntos medioambientales. Los usos forestales han deforestado parte importante de las coberturas de bosque natural, incluso al interior de áreas protegidas. Los usos residenciales y de vivienda campestre han ocupado parte de los suelos productivos y están generando un proceso de gentrificación donde el campesino del municipio se ha visto desplazado a zonas de más altas pendientes, donde las actividades agrícolas son difícilmente realizables, lo cual implica una migración a la producción forestal, la cual, de nuevo, implica deforestación en área que muchas veces conservaban su cobertura boscosa natural.

El proceso de urbanización que está sufriendo el municipio se está materializando a través de la consolidación de centros poblados rurales y la densificación de la vivienda rural. Este proceso se está dando de manera orgánica y sin atender a los parámetros técnicos necesarios, lo cual esta detonando una serie de problemáticas medioambientales, de servicios públicos y de gobernanza que tienden a crecer en el tiempo.

Es necesario que los usos del suelo sean cuidadosamente reglamentados de tal manera que se atiendan las normativas ambientales y se garantice el desarrollo económico de las poblaciones asentadas en dichos

territorios. Los usos que se consideren deberán de ir acompañados de proyectos que permitan la materialización de dichos usos y la correcta gestión del suelo.

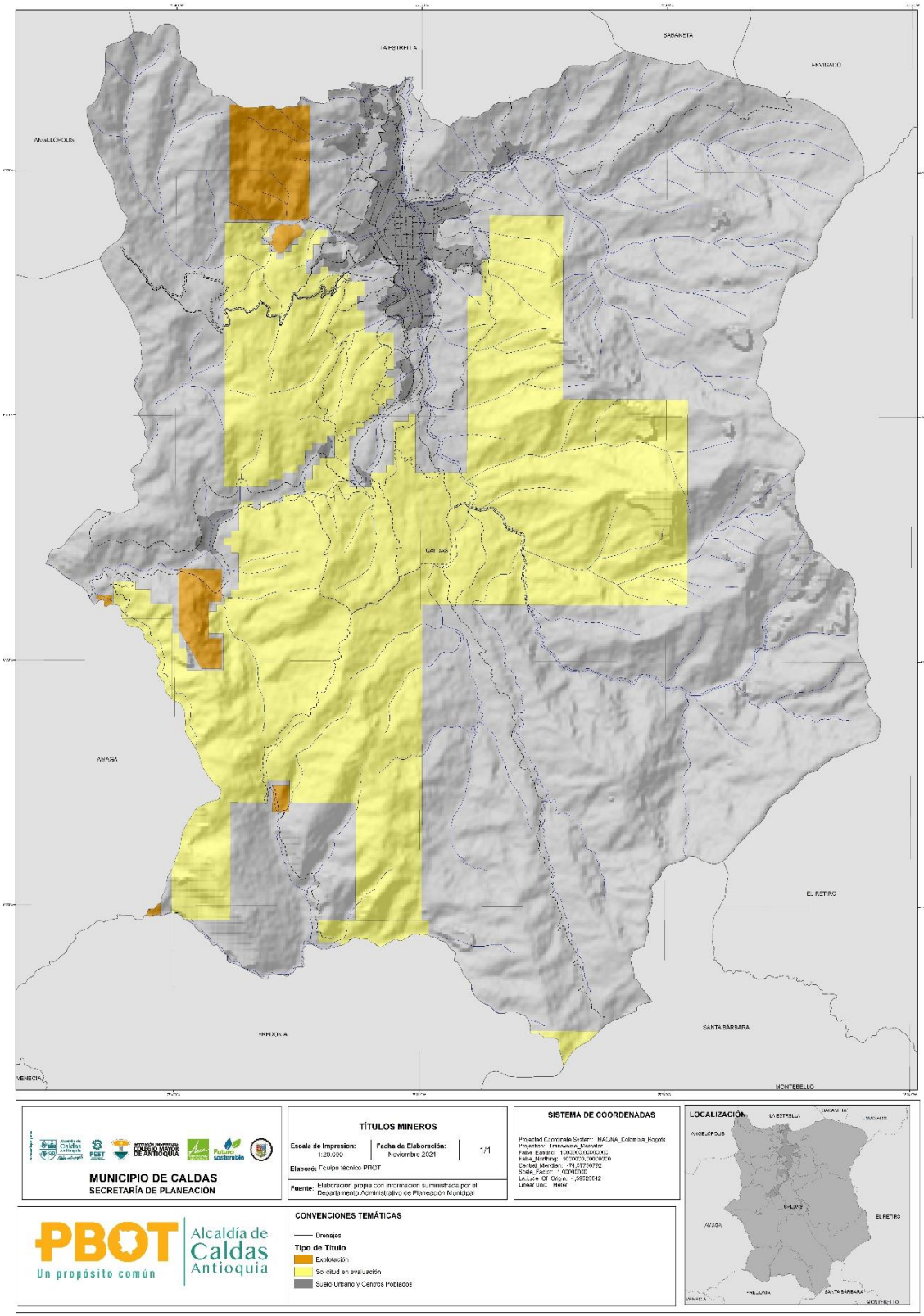
2.3.10. Minería

Debido a las características geológicas del departamento de Antioquia y su riqueza en recursos minerales, la minería representa uno de los reglones más importantes de la economía departamental. Esta actividad se fundamenta en el aprovechamiento de los recursos que brinda el territorio y su desarrollo tiene implicaciones importantes en el ordenamiento territorial.

Al igual que el resto del departamento, el municipio de Caldas presenta un alto potencial mineral, potencial que se refleja en la cantidad de licencias y solicitudes mineras en su territorio (Mapa 13). Al interior del municipio se presentan 12 títulos mineros, los cuales ocupan principalmente el centro, occidente y suroccidente de Caldas. La extensión sumada de estos títulos y solicitudes es de 45.572.036 metros cuadrados (4.557 hectáreas, 45 kilómetros cuadrados, 34% del área del municipio).

Estos títulos y solicitudes presentan variadas características. 6 corresponden a solicitudes, mientras que 6 corresponden a licencias de explotación. Estas son, en cuanto al mineral de interés, 3 para oro y otros minerales metálicos, 1 para todo tipo de minerales, 1 para carbón y las restantes 7 son para minerales industriales y materiales de construcción. Respecto al tipo de licencia, 10 corresponden a contratos de concesión, los 2 restantes corresponden a una autorización temporal minera para materiales de construcción y un registro minero de canteras.

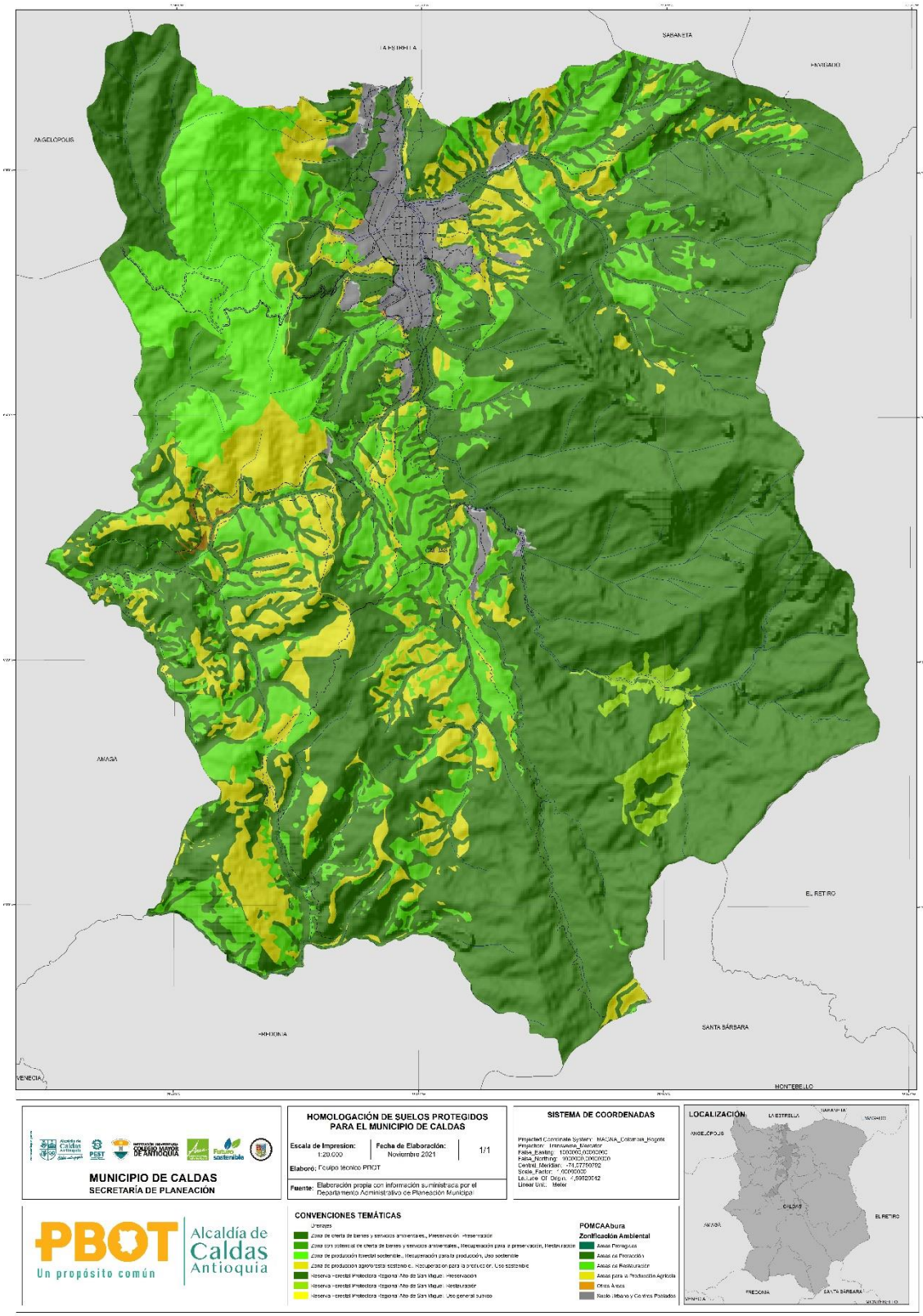
Merece mención especial el contrato de concesión en etapa de explotación y destinado a todos los minerales ubicado en el extremo noroccidental del municipio, al interior del DRMI Divisoria Aburrá-Rio Cauca, el cual, fue considerado dentro de la zonificación ambiental del mismo y se presenta en la zonificación ambiental como un área de uso múltiple.



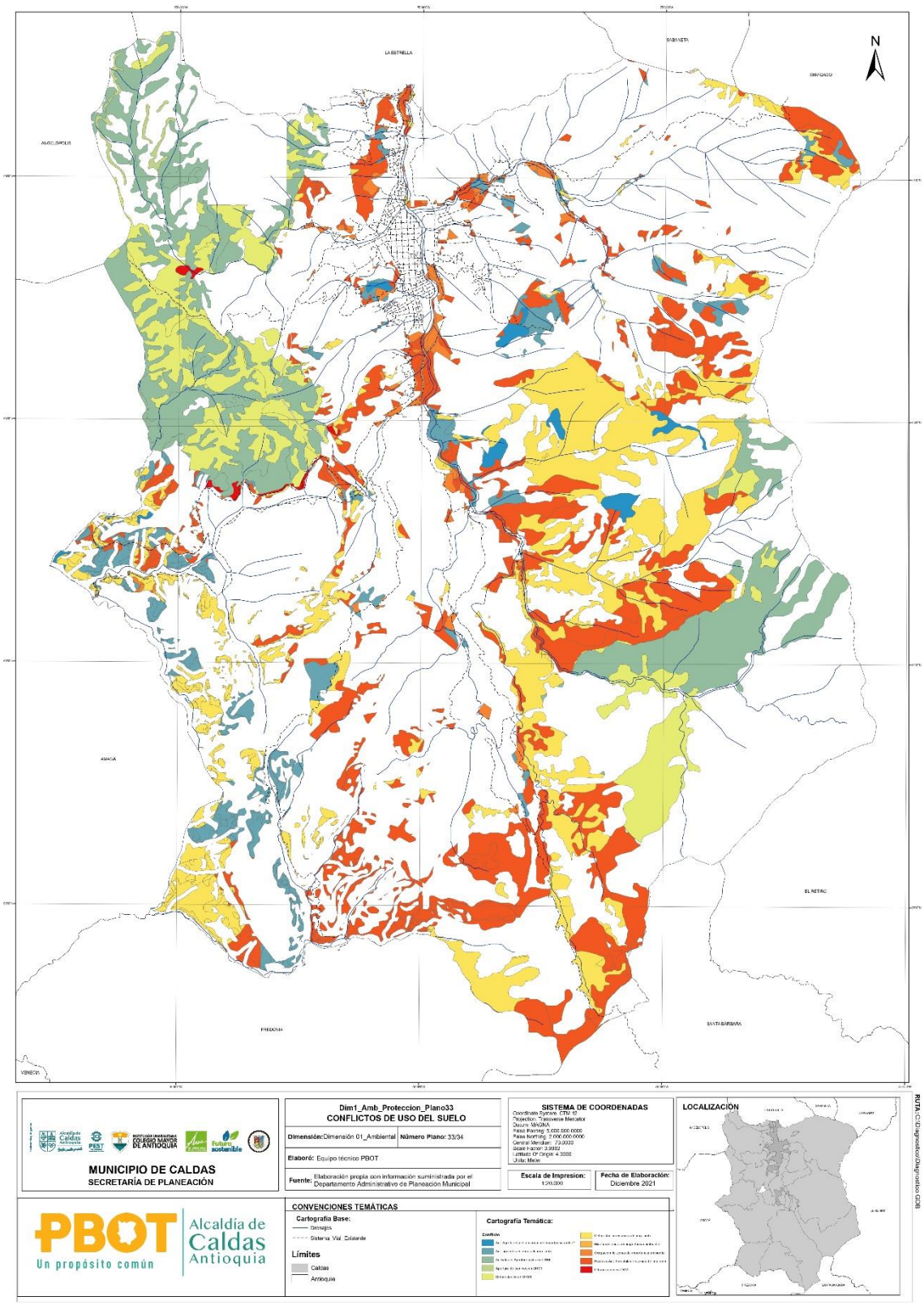
Mapa 11. Titulos y solicitudes minera del municipio de Caldas.

2.3.11. Conflictos usos del suelo.

Buscando entender los conflictos de uso del suelo del municipio, se integraron las distintas zonificaciones ambientales que hacen parte de este (mapa 14), estas son las de los POMCAS del rio Aburrá y Cauca, Amagá y quebrada Sinifaná. Adicionalmente, se consideraron las zonificaciones de las áreas protegidas de los Distritos Regionales de Manejo Integrado Alto de San Miguel y Divisoria Aburrá Rio Cauca. Posteriormente, estas zonificaciones fueron comparadas con las coberturas actuales del suelo (Mapa 12). La comparación permitió identificar donde las zonificaciones ambientales se ajustan a la realidad del territorio y donde no.



Mapa 12. Zonificaciones ambientales del municipio de Caldas.



Mapa 13. Conflictos usos del suelo.

El POMCA Rio Cauca, Rio Amagá, Quebrada Sinifaná, dentro del municipio de Caldas, zonifica un área de 31,0 km^2, el cual corresponde al 23,3 % de la extensión municipal, ubicado hacia el este y sur de Caldas. Las áreas de protección suman 14,78 km^2, se encuentran ubicadas dentro de estas las veredas Salinas,

Maní del Cardal, Sinifaná y Cardalito. Además, el Centro Poblado Salinas está dentro de las áreas de protección con 0,187 km^2. Al realizar un analisis territorial se evidencia que dentro de las Áreas Protegidas se cuenta con uso agrícola en un área de 0,99 km^2, uso pecuario en un área de 1,89 km^2, plantaciones de bosque y forestal en un área de 11,8 km^2.

Las áreas de restauración suman 5,19 km^2, ubicado en las veredas Salinas, Maní del Cardal, Sinifaná y Cardalito, se cuenta con uso agrícola en 0,38 km^2, uso pecuario en un área de 0,49 km^2 , plantación de bosque y forestal en un área de 4,3 km^2.

Dentro de la zonificación del POMCA Rio Cauca – Rio Amagá (Quebrada Sinifaná) se delimita el área de producción agrícola con un área de 5,6 km^2 alrededor de las veredas Salinas, Maní del Cardal, Sinifaná, Cardalito y el Centro Poblado Salinas. Las coberturas presentes en uso agrícola suman un área de 0,54 km^2, pecuario con un área de 1,75 km^2, de plantación de bosque y forestal con un área de 3,31 km^2. Las Áreas urbanas suman 0,13 km^2, presentan uso pecuario con un área de 0,0012 km^2, uso Agrícola con un área de 0,117 km^2 , plantación de bosque y forestal con un área de 0,011 km^2.

Se puede evidenciar que dentro de la zonificación del POMCA Rio Cauca – Rio Amagá (Quebrada Sinifaná), se presentan diferentes usos del suelo, principalmente dentro de las Áreas de protección y las Áreas de Restauración, siendo de gran importancia reconsiderar la delimitación de dichas áreas o reconsiderar las medidas establecidas por la normativa para el desarrollo de estas prácticas y/o usos, para poder garantizar la armonía entre lo establecido por la norma y los usos del suelo.

Dentro de las áreas de producción agrícola y las áreas urbanas delimitadas en el POMCA, presenta usos pecuarios y de plantación de bosque y forestal, lo que requiere ajustar las medidas para el desarrollo de dichos usos garantizando el cumplimiento de la norma.

El POMCA Rio Aburrá dentro del municipio de Caldas suma un área de 101,8 km^2, el cual corresponde al 76,5 % de la extensión del municipio, ubicado hacia la zona norte, centro, occidente y sur de Caldas.

Las áreas protegidas suman de 25,27 km^2, ubicadas en las veredas El Cano, parte de la Raya, El Raizal, La Chuscala, el 60 y el centro poblado la Aguacatala. Se evidencia uso pecuario en un área de 2,55 km^2, uso agrícola en 0,041 km^2, plantación de bosque y forestal con un área de 22,6 km^2.

Las áreas de protección suman 53,69 km^2,ubicadas dentro de las veredas La Raya, La Aguacatala, La Corrala, La Quiebra, Salada parte Baja, parte de la Salada parte Alta, el 60 , la Miel y la Clara, el centro poblado la Valeria, Centro poblado la Clara, centro poblado la Corrala, centro poblado la Chuscala, centro poblado la Salada Parte Baja, centro poblado La Miel, centro poblado la Aguacatala, centro poblado el Cano, centro poblado la Quiebra, centro poblado la Raya, centro poblado el Raizal, centro poblado la Tolva y el sector Quiebrapatas, los cuales presentan uso pecuario en un área de 8,77 km^2,uso agrícola en 2,49 km^2, plantación forestal y de bosques en un área de 37,9 km^2 y un área urbana de 0,33 km^2.

Las áreas de restauración son de 11,73 km^2, presentes en las veredas La quiebra, Primavera, El Cano, el 60, La Raya, Cardalito, Salada parte baja, Salada parte alta, El Raizal, Maní del Cardal, La Chuscala, La Aguacatala, La Valeria, La Miel, La Clara y la Corrala. Además, está presente en los centros poblados la Chuscala, centro poblado la Salda Parte Baja, cetro poblado la Aguacatala, centro poblado el Canelón, centro poblado la Quiebra, centro poblado el Raizal, centro poblado La Tolva y sector quiebrapatas. Dentro del área de restauración está presente el uso pecuario en un área de 3,33 km^2, uso agrícola en 1,82 km^2, plantación forestal y de bosques en un área de 4,35 km^2 , zona de industria con un área de 0,041 km^2 y un area urbana de 0,022 km^2.

El área de producción agrícola delimitada por el POMCA Aburrá suma 7,38 km^2, presentes en la vereda la quiebra, la primavera, el Cano, el 60, la raya, Cardalito, Salada parte baja, la Salada Parte Alta, el Raizal, Maní del Cardal, la Chuscala, la Valeria, la Miel, la Clara y la Corrala, también está presente los centros poblados la Chuscala, centro poblado la salda parte baja, cetro poblado la Aguacatala, centro poblado el

Canelón, centro poblado la quiebra, centro poblado el Raizal, centro poblado La Tolva y sector Quiebrapatas. Se presentan uso pecuario en un área de 1,30 km^2, uso agrícola en 0,52 km^2, área de plantación de bosques y forestal de 3,33 km^2, cuenta con un área industrial de 0,021 km^2, y un área urbana de 0,123 km^2.

El área urbana dentro de la zonificación del POMCA Aburrá es de 3,67 km^2, presente en la vereda la primavera, el Cano, la Raya, la Salada Parte Baja, la Salada Parte Alta, el Raizal, la Chuscala, la Aguacatala, la Miel, la Clara y la Corrala, en los centros poblados la Clara, centro poblado la Corrala, centro poblado la Chuscala, centro poblado la Salada Parte Baja, centro poblado la Miel, centro poblado la Aguacatala, centro poblado el Cano, centro poblado la Quiebra y el centro poblado la Raya. Dentro de esta área se presenta uso pecuario en un área de 0,423 km^2, uso agrícola en 0,135 km^2, plantación forestal y de bosque en un área de 0,08 km^2, un área urbana de 2,18 km^2.

Otras áreas hacen referencia a las áreas excluidas para minería, la cual suma 0,02 km^2, están dentro de las veredas el Raizal, la Chuscala, la Aguacatala y la Miel, presenta uso pecuario en 0,001 km^2, plantación forestal en 0,0009 km^2 y un área urbana de 0,012 km^2.

Se evidencia múltiples usos del suelo dentro de la delimitación del POMCA, lo cual requiere evaluar las medidas y normativas establecidas en cada una de las áreas, para garantizar su cumplimiento, orientando cada área a su objetivo de desarrollo.

Atención particular requiere la empresa Cipreses de Colombia, la cual cuenta con predios dentro del municipio de caldas con un área de 25,4 km^2, los cuales corresponden al 19% del área municipal. El detalle de los predios y su área se presenta a continuación.

Tabla 9. Predios Cipreses de Colombia

PREDIOS CIPRESES DE COLOMBIA	ÁREA KM2
Predio Vereda Salinas 3	0,24
Predio Vereda Potrerillo	0,47
Predio Vereda Potrerillo 6	0,58
Predio Vereda Potrerillo 4	0,2
Predio Vereda Salinas 3	0,15
Predio Vereda La Chuscula	0,34
Predio Vereda La Chuscala 3	0,24
Predio Vereda Potrerillo 2	0,71
Predio Vereda Potrerillo 5	0,25
Predio El Raizal, La Floresta	1,06
Predio Vereda La Miel 2	0,31
Predio Vereda La Valeria	0,001
Predio Vereda Salinas 2	0,34
Predio Vereda La Miel	0,03
Predio Vereda Potrerillo 3	0,45
Predio Vereda La Chuscala 2	0,3
Predio Vereda La Miel 3	1,2
Predio La Mani	4,5
Predio Vereda La Clara	10,73
Predio Vereda Salada Parte Alta	3,28

El predio vereda La Maní, el predio vereda Salada Parte Alta, predio vereda Potrerillo, predio Salinas, predio Salinas 2, predio Salinas 3, predio vereda Potrerillo 4, predio vereda Potrerillo 3, predio vereda Potrerillo 6, predio vereda Poterillo 5, predio vereda el Raizal – la Floresta, predio vereda la Chuscala 3, predio vereda la Chuscala 2 y el predio vereda La Chuscala presenta áreas de protección por la delimitación del POMCA Rio Amaga.

El predio vereda Poterillo 6, predio vereda la Chuscala, predio vereda la Chuscala 3, predio vereda Potrerillo 2, predio vereda Potrerillo 5, predio el Raizal – La Floresta, predio vereda La Valeria, predio vereda Potrerillo 3, predio vereda la Chuscala 2 y el predio vereda La Clara presentan áreas protegidas por la delimitación del POMCA Rio Aburrá.

Tras analizar los usos y coberturas del suelo actualmente instalados y compararlos con las distintas zonificaciones ambientales en el territorio municipal, se identifican conflictos importantes del suelo, donde usos no compatibles en las zonificaciones, son desarrollados en el territorio. Es necesario que se realicen las consideraciones normativas requeridas para ajustar esta situación y conseguir una armonía respecto a las normas de ordenamiento territorial y los usos y coberturas desarrolladas.

2.4. GESTIÓN DEL RIESGO EN EL MUNICIPIO DE CALDAS – ANTIOQUIA.

Los estudios básicos de gestión del riesgo hacen parte fundamental del ordenamiento territorial de cualquier municipio. Dadas las condiciones naturales del municipio de Caldas, las cuales evidencian alta probabilidad de ocurrencia de estos, estos estudios y sus zonificaciones son de particular importancia.

Además del estudio básico actual, en el municipio de Caldas se han realizado otros estudios básicos en el pasado. Los estudios anteriores son, PBOT 2010, POMCA Rio Aburrá, Estudio Básico de Amenazas del Valle de Aburrá del AMVA y la evaluación de avenidas torrenciales del DAGRAN 2018, donde este último estudio se limita al evento mencionado y el PBOT excluye la amenaza por avenida torrencial. Estos, a pesar de su importancia, se encuentran relativamente desactualizados o son desarrollados a escalas diferentes a las requeridas normativamente para el ordenamiento territorial municipal.

A continuación, presentamos el desarrollo de la zonificación de amenazas para los diferentes eventos en análisis, como son, movimiento en masa, inundaciones y avenidas torrenciales.

2.4.1. Determinación de la amenaza por movimientos en masa

Se presenta la determinación de la amenaza por movimiento en masa, en suelos urbano y rural, acorde con la metodología presentada en el capítulo respectivo.

2.4.1.1. Insumos y análisis geológico – geotécnico Análisis de los insumos

Como se explicó brevemente en el capítulo 3.1.1 para hacer la modelación de la amenaza fue necesario recurrir a información secundaria que proporcionara valores en los parámetros mecánicos del suelo para cada unidad geológica. Inicialmente se genera una recopilación de los Estudios de Suelo del municipio presentados para licencias de construcción y disponibles en el archivo de la alcaldía.

A partir de este inventario se identifican los valores y características de los parámetros del suelo con el objetivo de extraer el espesor máximo del suelo, la cohesión, peso unitario, ángulo de fricción y tipo de suelo para las diferentes unidades geológicas presentes en el área de estudio. La información recopilada presenta rangos, valores e información representativa para diferentes tipos de suelo y es obtenida a partir de ensayos de caracterización (granulometría, límites de Atterberg y pesos unitarios), ensayos de corte

directo, ensayos de penetración estándar (SPT), ensayos de compresión simple, ensayos geofísicos y fotografías de los sitios de estudio.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se observa el mapa con las unidades geológicas sobre las que se encuentran los 263 estudios de suelo que se revisaron para el municipio de Caldas, y en la Tabla 10 se resume la cantidad de estudios que se encuentra sobre cada unidad geológica, en la que es posible notar que la mayoría de los estudios que se revisaron están sobre depósitos aluviotorrenciales.

Tabla 10. Estudios de suelo por unidad geológica, municipio de Caldas.

Unidad	Descripción	Estudios de suelo
Anfibolitas del Alto de Minas	Rocas metamórficas de textura esquistosa a gnéisica, compuesta de moscovita, plagioclasa y cuarzo.	2
Depósitos aluviales	Depósitos de origen aluvial, compuestos en promedio por una matriz arcillosa, envolviendo clastos menores a 1cm. Estos depósitos están asociados a la sedimentación por parte de las principales quebradas y el río Aburrá.	15
Depósitos aluviotorrenciales	Unidad compuesta en promedio por bloques de roca entre 30-50cm, los cuales están envueltos en una matriz limo-arcillosa. Son producto de eventos de alta energía, depositados en las partes bajas por las quebradas y el río Aburrá.	136
Depósitos de deslizamiento	Materiales finos depositados en las partes medias y bajas de las laderas. Se caracterizan por presentar una matriz limo arcillosa, sobre vertientes suaves a moderadas.	5
Depósitos de flujos de escombros y/o lodos	En promedio, estos depósitos están conformados por una matriz areno-limosa de color café claro; en algunos sectores se observan presencia de clastos provenientes de las partes altas, y su composición depende de la ubicación de estos.	69
Esquistos de Cajamarca	Rocas metamórficas foliadas, de composición cuarzosericítica, caracterizada en algunas zonas por presentar un perfil de meteorización desarrollado con topografías escarpadas. Esta unidad se encuentra aflorando en el límite oriental del municipio en la parte alta de la vereda la Miel.	1
Esquistos de Caldas	Rocas metamórficas de textura foliada, compuestas por moscovita en gran cantidad. Estos esquistos en algunas zonas se encuentran altamente alterados perdiendo su estructura. Buenos afloramientos de esta unidad se localizan en el centro poblado la Clara a la altura del río Aburrá.	5
Llenos antrópicos	Material antrópico en proceso de acumulación de escombros, basura, rocas y suelos. Los cuales son ocupados por la construcción de industrias o bodegas.	5
Miembro volcánico	Rocas volcánicas, extrusivas de composición diabásica, caracterizada por desarrollar grandes espesores de suelo residual, alcanzando hasta los 4m.	24
Stock de Amagá	Cuerpo intrusivo, localizado en la margen oeste del municipio. Está compuesto principalmente por feldespato, plagioclasa y cuarzo, este último aparece también cristalizado en forma de veta de 2 cm de ancho.	1

Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

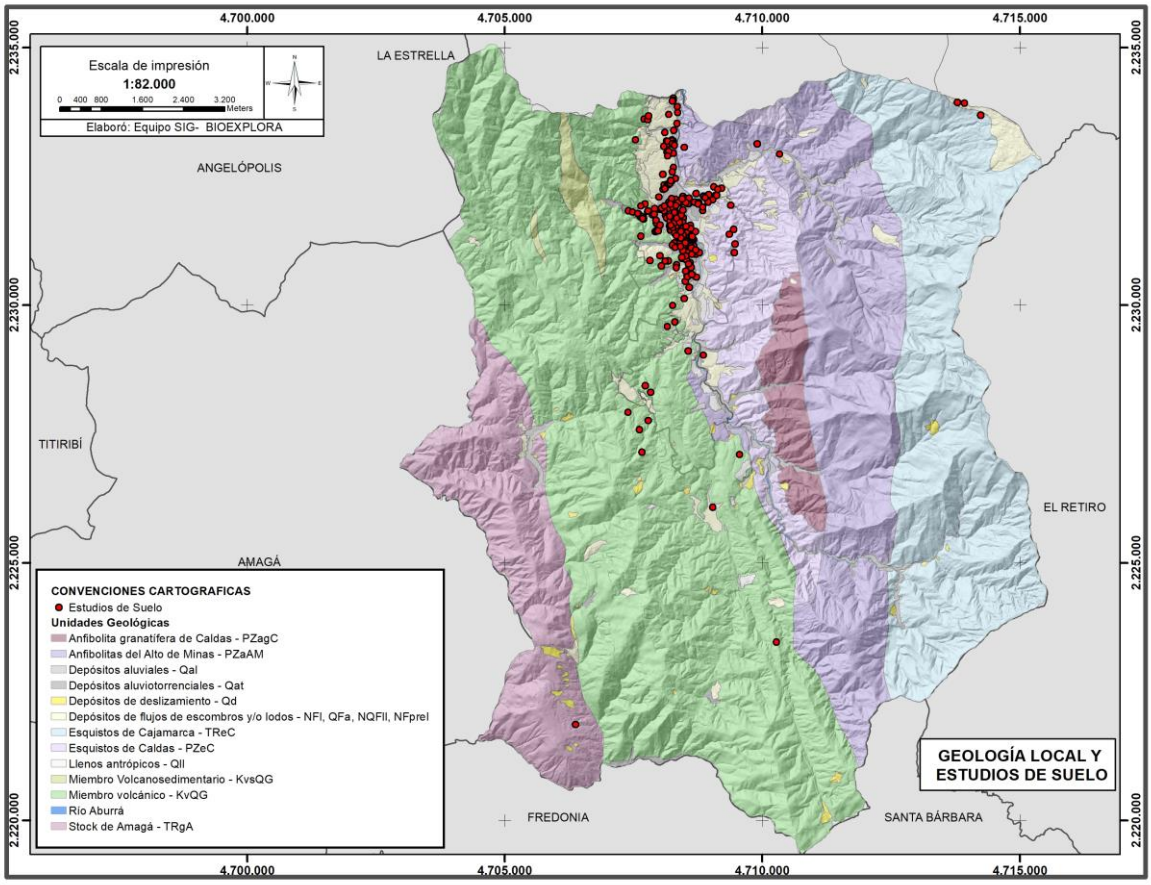


Ilustración 6.Unidades geológicas y estudios de suelo revisados del municipio de Caldas..
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.1.1.1. Parámetros mecánicos del suelo

Los parámetros mecánicos (ángulo de fricción, cohesión y peso unitario) de cada unidad geológica del municipio de Caldas fueron definidos a partir de los estudios obtenidos en las curadurías de Caldas, así como los valores de referencia de los estudios regionales realizados por AMVA (2016), AMVA-UNAL (2018). Los valores medios de los parámetros de resistencia del suelo (estrato superficial/suelo deslizable) para cada unidad geológica se presentan en la Tabla 11.

Tabla 11. Valores medios de los parámetros geotécnicos para unidades geológicas del municipio de Caldas.

Unidad geológica	Código	Tipo de suelo	Cohesión (kPa)	Ángulo de fricción (°)	Peso unitario del suelo (kN/m^3)
Anfibolita granatífera de Caldas	PZagC	ML	9.5	24	19
Anfibolitas del Alto de Minas	PZaAM	SC	10	30	18
Depósitos aluviales	Qal	GM	10.5	35	17
Depósitos aluviotorrenciales	Qat	GM	13.5	31	19
Depósitos de deslizamiento	Qd	CL o ML	10.5	30	17
Depósitos de flujos de escombros y/o lodos	NFl, NFprel, NQFII, Qfa	ML o MH	13.3	25	18
Esquistos de Cajamarca	TReC	ML	16.5	18.5	18.17
Esquistos de Caldas	PZeC	MH	11	28	19
Llenos antrópicos	Qll	SM o GM	12.00	31.00	17.00

Unidad geológica	Código	Tipo de suelo	Cohesión (kPa)	Ángulo de fricción (°)	Peso unitario del suelo (kN/m³)
Miembro volcánico	KvQG	ML o MH	15	25	18
Miembro Volcanosedimentario	KvsQG	ML	16	22	20
Stock de Amagá	TRgA	SP o SM	7.5	26	15.73

Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.1.1.2. Propiedades hidráulicas del suelo

Para la descripción del comportamiento hidráulico del suelo se emplean los parámetros de la curva de retención de agua del suelo (SWRC) del modelo de Garner (1958), obtenidos mediante funciones de pedotransferencia (PTF) propuestos por Hodnett & Tomasella (2002) para suelos tropicales. SWRC muestra la relación que existe entre el contenido de agua del suelo y la matriz de succión, lo cual es una característica de los suelos parcialmente saturados. Comúnmente se emplea el tipo de suelo (textura: arcilla, limo, arena grava, o combinaciones) para definir los parámetros de la curva de retención (Yang & You, 2013). En este trabajo los parámetros de la curva de retención de agua del suelo (θ_s: contenido volumétrico de agua en saturación θ_r: contenido volumétrico de agua residual y α: parámetro que representa la inversa de la altura vertical de la franja capilar sobre el nivel freático) se definieron por medio de PTF de clase empleando la clasificación de suelo por textura. Se utilizó la textura de suelo de cada unidad geológica para el estrato superficial del suelo encontrado en los estudios de suelos del municipio de Caldas, así como las descripciones de AMVA-UNAL (2018) de los suelos predominantes en cada unidad geológica del municipio de Caldas. Esta misma información se empleó para obtener la conductividad hidráulica saturada (K_s) por medio de correlaciones establecidas en la literatura. La difusividad hidráulica saturada (D_0) se calculó de acuerdo a una correlación comúnmente empleada por diferentes autores en el mundo usando TRIGRS: $D_0 = 100K_s$ (Marin & Velásquez, 2020; Tran et al., 2017, 2018).

2.4.1.1.3. Profundidad del suelo

Los valores de espesor del suelo fueron determinados a partir de las descripciones de profundidad de los registros de perforación. Estos fueron comparados con los datos suministrados por AMVA-UNAL (2018) en las descripciones de las unidades geológicas en Caldas y el Valle de Aburrá. Además, observaciones puntuales realizadas en campo verificaron las condiciones descritas.
Se implementó el modelo de profundidad del suelo efectivo propuesto por Saulnier et al. (1997), el cual representa el límite basal impermeable (profundidad vertical del límite inferior, d_{lz}) de modo que una capa superficial permeable se superpone a un sustrato menos permeable, como el regolito sobre el lecho rocoso (Baum et al., 2008). De acuerdo con esto, el mapa de profundidad del suelo se calcula como función de la pendiente:

$$d_{\mathrm{lz}} = \mathrm{z}_{\max}\left[1 - \frac{\tan\delta - \tan\delta_{\min}}{\tan\delta_{\max} - \tan\delta_{\min}}\left(1 - \frac{\mathrm{z}_{\min}}{\mathrm{z}_{\max}}\right)\right], \tag{11}$$

donde δ representa el ángulo de pendiente, z_{min} y z_{max} son los valores mínimo y máximo de la profundidad del suelo y, δ_{min} y δ_{max} son los valores mínimo y máximo del ángulo de la pendiente. Para las doce unidades geológicas se asumió un valor de z_{min} = 0.2 m, mientras que z_{max} fue variable en todas las unidades geológicas de acuerdo con información obtenida de los estudios en las unidades geológicas del municipio y las descripciones de estas unidades en estudios de amenaza previos. La Tabla 12 presenta los valores de las propiedades hidráulicas del suelo y el valor de pendiente máximo definido para cada unidad geológica.

Tabla 12. Propiedades hidráulicas y profundidad máxima del estrato superficial (deslizable) para unidades geológicas del municipio de Caldas.

Unidad geológica	Conductividad hidráulica, Ks (m/s)	Contenido de agua volumétrico en saturación, θs	Contenido de agua volumétrico residual, θr	α	Espesor del suelo (máximo) (m)
Anfibolita granatífera de Caldas	36.24984	0.601	0.223	1	2
Anfibolitas del Alto de Minas	83.99988	0.461	0.111	1.4	3
Depósitos aluviales	74.25	0.41	0.037	2	1.5
Depósitos aluviotorrenciales	83.99988	0.461	0.111	1.4	3
Depósitos de deslizamiento	17.496	0.57	0.278	1.2	3.5
Depósitos de flujos de escombros y/o lodos	36.24984	0.601	0.223	1	3.5
Esquistos de Cajamarca	36.24984	0.601	0.223	1	3
Esquistos de Caldas	17.496	0.57	0.278	1.2	3
Llenos antrópicos	74.25	0.41	0.037	2	3.5
Miembro volcánico	36.24984	0.601	0.223	1	4
Miembro Volcanosedimentario	17.496	0.57	0.278	1.2	3.5
Stock de Amagá	74.25	0.41	0.037	2	2

Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.1.1.4. Nivel freático y tasa de infiltración (iniciales)

El nivel freático inicial se establece en el límite basal inferior (d_{lz}), como lo asumen la mayoría de los autores al implementar el modelo TRIGRS (Baum et al., 2008; Montrasio et al., 2011; Park et al., 2013; Vieira et al., 2010). La tasa de infiltración inicial (I_{ZLT}) se calculó como la precipitación promedio multianual del mes más lluvioso (octubre), en el Valle de Aburrá, como se definió en AMVA-UNAL (2018). Dicho valor corresponde a 8.63 * 10^{-8} m/s, para todo el territorio.

2.4.1.1.5. Tormenta de diseño

Se evalúa como factor detonante de los deslizamientos un evento de lluvia obtenido de las curvas IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia) para el municipio de Caldas, construidas con información histórica de la estación Caldas de EPM (AMVA-UNAL, 2018). Se selecciona un evento de lluvia de 4 h de duración y un periodo de retorno de 100 años (probabilidad de ocurrencia anual de 0.01) para el cálculo de la intensidad del evento de diseño. La ecuación de la curva IDF está dada por:

$$I = \frac{K \cdot {T_r}^m}{(c+d)^n}$$

donde K, m, n y c son constantes (parámetros de la estación), d es la duración del evento de lluvia (en horas), Tr el periodo de retorno (en años) y *I* es la intensidad (en mm/h). La Tabla 13 muestra los parámetros de la ecuación de la curva IDF y la intensidad obtenida (en mm/h) para la duración y periodo de retorno seleccionados.

Tabla 13. Parámetros de curvas IDF de estación Caldas (AMVA-UNAL, 2018) e intensidad calculada para Tr = 100 años y d = 4 h.

Estación	K	m	n	c	Tr (años)	d (h)	I (mm/h)
Caldas	692.1	0.127	0.751	0.25	100	4	20.22

Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.1.2. Modelación de la amenaza por movimiento en masa

Como se explicó en el capítulo 3.1, para obtener los mapas de amenaza por movimiento en masa tanto en suelo urbano y de expansión urbana como en suelo rural, se utilizaron las metodologías de TRIGRS, FOSM y SCOOPS3D. Adicionalmente, en el capítulo de la metodología se hace una descripción detallada del funcionamiento y procesamiento de cada uno de estos programas, y en el flujograma metodológico mostrado en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se hace una breve descripción de c ómo es el desarrollo de la modelación de la amenaza.

La primera parte del desarrollo consiste en hacer una tormenta de diseño para un evento de lluvias para una probabilidad de ocurrencia de una vez al año cada 100 años (periodo de retorno de 100 años). Esta probabilidad se expresa como 1/100, la cual arroja un valor de 0.01 y es tomada en el programa TRIGRS, el cual genera un raster continuo que es procesado en ArcGIS. Debido a que la ocurrencia de lluvias permite el proceso de infiltración mediante el cual se satura el terreno, es necesario hacer el cálculo de Factor de Seguridad (FS) que es expresado como la relación entre las fuerzas resistentes del terreno y las fuerzas que lo pueden desestabilizar (como lo sería en este caso un terreno saturado). Para hacer el cálculo del FS, se utilizan modelos de escorrentía para distribuir el exceso de agua sobre cada celda del raster y se calcula por medio de la Ecuación 3-4 en donde es necesario incluir los valores de los parámetros mecánicos del suelo resumidos en la Tabla 11 por lo que para cada celda cambia el Factor de Seguridad.

Posteriormente, se procede a utilizar el complemento FOSM, el cual arroja una probabilidad espacial de que falle el terreno tomando los valores de Factor de Seguridad generados previamente por el software TRIGRS, sin embargo, en este complemento se toma el Factor de Seguridad Medio Ecuación 3-7 y la Varianza del factor de Seguridad Ecuación 3-8 para determinar la condición de equilibrio límite. Una vez el programa realiza los cálculos, arroja valores entre 0 y 1, donde 0 corresponde a 0% de probabilidad de falla espacial del terreno y siendo 1 el 100% de probabilidad espacial de que falle el terreno.

Para obtener el mapa de amenaza por movimiento en masa de tipo planar, se suman los resultados arrojados por TRIGRS (valor de FS para cada celda) y FOSM (valor de probabilidad espacial de falla para cada celda), y adicionalmente, al resultado de la sumatoria para cada celda le multiplica por 0.01 (valor de la probabilidad de ocurrencia de lluvi0as para un periodo de retorno de cada 100 años), y los resultados se expresan así:

Tabla 14. Valores para probabilidad de falla para TRIGRS + FOSM.

Categoría de Amenaza	Probabilidad de falla
Alta	> 0.01
Media	0.0001 – 0.01
Baja	< 0.0001

Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Respecto al resultado arrojado por el software Scoops3D, se tiene un mapa de amenaza por movimiento en masa de tipo rotacional donde al igual que en TRIGRS, se tienen en cuenta los FS analizados desde los escenarios de sismo y saturación del terreno. Los valores de FS que se toman para la zonificación de la amenaza están dados por:

Tabla 15. Valores de Factor de Seguridad arrojados por Scoops 3D.

Categoría de Amenaza	Factor de Seguridad
Alta	< 1,0
Media	1,0 – 1,5
Baja	> 1,5

Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Las modelaciones tuvieron en cuenta las condiciones saturadas del suelo cuando se presentan eventos de lluvia, para lo que se hizo uso de estudios de suelo previos donde se reportó el nivel freático del suelo, para determinar las profundidades de este en la modelación. No obstante, se hicieron análisis considerando posiciones más superficiales y otras más profundas, combinadas con eventos de sismo (valores tomados de AMVA - UNAL., 2018), para evaluar las condiciones más críticas posibles (Tabla 16).

Tabla 16. Escenarios para la modelación en Scoops 3D.

Escenario	Nivel freático	Condición sísmica
1	0	No
2	5 m	No
3	10 m	No
4	5 m	Sí (k_{eq} = 0.231)

Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Una vez se obtienen las modelaciones de Scoops3D para los cuatro escenarios, se procede a comparar el resultado de cada uno de estos con el mapa arrojado por TRIGRS + FOSM, con el fin de determinar cuál escenario genera un producto más similar al mapa de probabilidad de falla de tipo planar. A partir de la comparación se determina que el escenario 1 (nivel freático a 10 m de la superficie del suelo y sin sismo), presenta una mayor consistencia.

Finalmente, escogido el mapa tanto de TRIGRS + FOSM como el de Scoops3D, se procede a combinarlos. A partir de la combinación de los mapas, es importante aclarar que siempre va a primar el escenario más crítico, por lo que, si se agrega una celda de un mapa que tiene clasificación alta de amenaza con una celda que tiene clasificación media de amenaza en el otro mapa, el resultado final será una amenaza alta. Las combinaciones resultantes para la unión de los mapas están dadas de la siguiente forma (Tabla 17).

Tabla 17. Combinaciones resultantes para unión de mapas TRIGRS + FOSM y Scoops 3D.

		Mapa 1		
		Baja	Media	Alta
Mapa 2	Baja	Baja	Media	Alta
	Media	Media	Media	Alta
	Alta	Alta	Alta	Alta

Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.2. Análisis de la amenaza por movimiento en masa

La determinación de la amenaza fue desarrollada como se explicó en el capítulo 3. 1. La zonificación de las zonas con amenaza por movimiento en masa alta, media y baja, partió de la delimitación de las zonas con características geológicas homogéneas definiendo sobre estas, unos parámetros geotécnicos según el material geológico y datos de estudios de suelo y planes parciales cercanos a la zona de influencia como se explicó en el capítulo de Insumos y análisis geológico – geotécnico Análisis de los insumos. Los resultados obtenidos de las modelaciones se observan a continuación y se relacionan con los procesos de remoción en masa.

En la zona sur oriental del municipio, sector el Alto de san Miguel, desarrollado en los Esquistos de Cajamarca, se presenta gran abundancia de movimientos superficiales, favorecidos por las pendientes

altas del terreno, las altas precipitaciones y el contacto superficial de la interface de suelos residuales y roca.

En la vereda La Miel, se presenta la mayor concentración de eventos activos, donde la mayoría de los deslizamientos se clasifican como de tipo traslacional, ubicados a largo de ambas laderas de la quebrada La Miel. La vertiente occidental de la quebrada La Valeria, corresponde a la unidad geológica del miembro volcánico, la cual se caracteriza por presentar deslizamientos de tipo traslacional. Algunas zonas, como la vereda Salinas, presentan gran abundancia de procesos activos, los cuales están favorecidos por las altas pendientes del terreno y por los suelos residuales desarrollados en la zona.

Hacia el suroccidente se localiza la vereda Sinifaná, correspondiente a dos unidades geológicas, representadas por el stock de Amagá y miembro Volcánico. En esta zona, en el flanco izquierdo de la quebrada Sinifaná, se han producido varios procesos de remoción en masa. Estos movimientos están reflejados en la geología por depósitos de vertiente provenientes de las partes altas de las laderas.

En la zona rural por la vereda la Chuscala, en el barrio Mandalay, han ocurrido en los últimos años varios eventos críticos. Ejemplos de estas zonas de riesgo, se ven reflejados en las laderas de la quebrada Piedrahita, en donde el día 27 de marzo del 2009 ocurrió un deslizamiento de tipo rotacional que tapono el cauce.

La parte media y alta de la vereda La Clara, en las vertientes de las quebradas La Brunera y La Clara, corresponden a sectores críticos por el alto número de procesos morfodinámicos presentes en la zona. La mayor parte de estos procesos son latentes y activos, y se dan por la dinámica de las quebradas las cuales tienen un cauce estrecho y de altas pendientes, incisando los materiales menos competentes correspondientes a los perfiles de meteorización de los esquistos de Cajamarca y las anfibolitas del Alto de Minas.

En la zona urbana se observan pocos procesos de remoción en masa, los que se identifican corresponden a los deslizamientos localizados a lo largo de las laderas del río Aburrá. Estos eventos se asocian a la desestabilización producida por los procesos de socavación lateral del cauce. Dichos eventos se observan a la altura del barrio La Inmaculada.

2.4.2.1. Zona Urbana y Zonas de expansión Urbana

La zonificación de amenaza por movimiento en masa para la zona Urbana y de expansión urbana del municipio se trabajó a una escala 1:2000 y fue realizado a partir de los softwares Scoops 3D y TRIGRS + FOSM como se explicó en el capítulo 3.1. De las modelaciones resultaron en total seis mapas: el primero corresponde al mapa de probabilidad de falla de tipo planar desarrollado en TRIGRS + FOSM (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**); los cuatro mapas arrojados por Scoops (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) para los diferentes escenarios planteados en la Tabla 16, y finalmente, uno que corresponde al mapa final de amenaza por movimiento en masa para suelo urbano (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) en donde se combinaron los mapas de TRIGRS + FOSM y el de Scoops 3D.

Es necesario recordar que el mapa de amenaza de movimiento en masa de tipo rotacional modelado en Scoops 3D que se escogió para combinarlo con el de TRIGRS + FOSM, es el generado con un nivel freático de 5 m y sin evento de sismo, esto debido a que un análisis comparativo de los mapas de amenaza con Scoops3D con respecto a los obtenidos con TRIGRS y FOSM, presentan una mayor consistencia para el escenario 1. Este se selecciona y se constituye junto con el de amenaza de movimientos en masa planares de modo que la superposición de ambos se calcula seleccionando la peor condición de amenaza en sus clasificaciones de alta, media y baja.

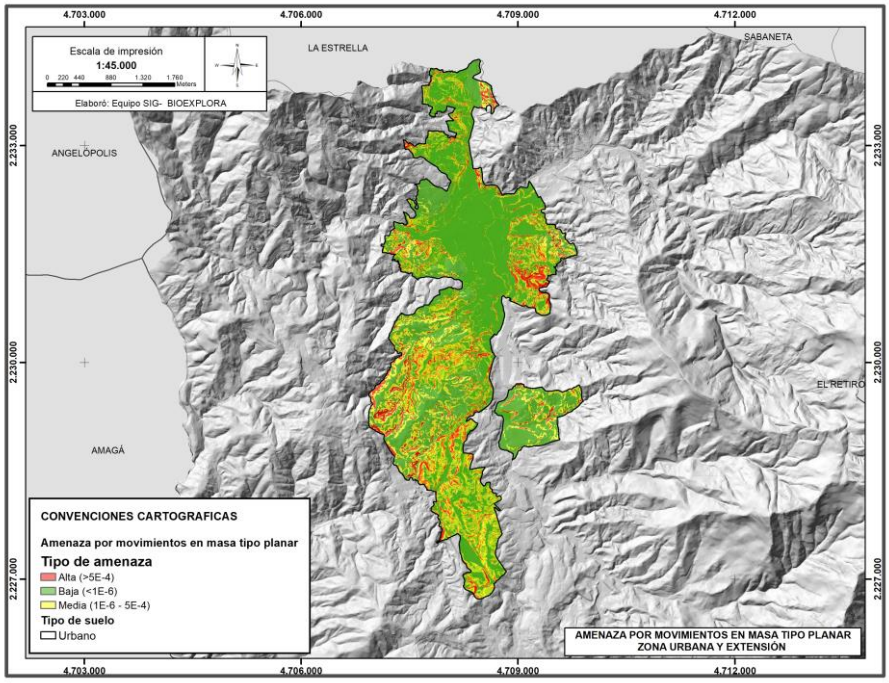


Ilustración 7.Amenaza de movimientos en masa con falla planar en suelos urbanos y de expansión.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021).

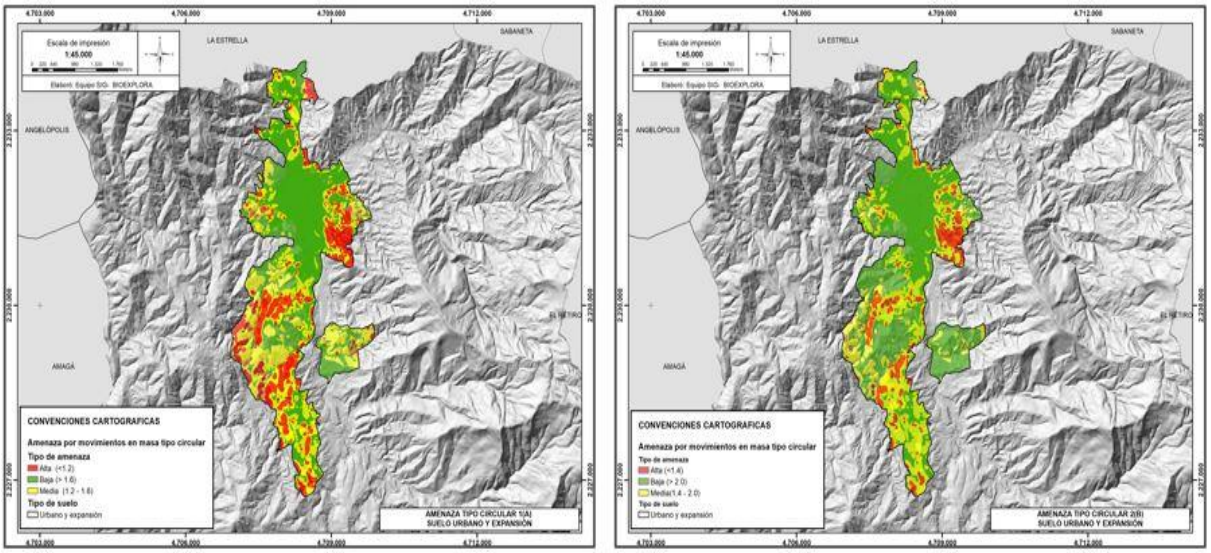


Ilustración 8.Amenaza de movimientos en masa de tipo rotacional en suelo urbano y de expansión en escenarios: (a) Escenario 1; (b) Escenario 2.

Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

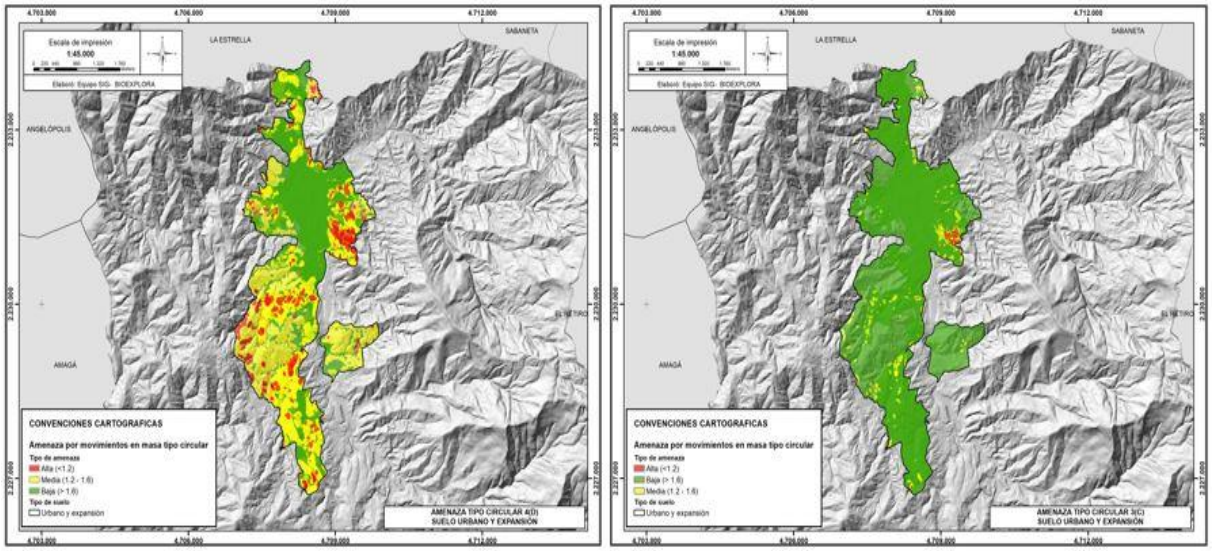


Ilustración 9.Amenaza de movimientos en masa de tipo rotacional en suelo urbano y de expansión en escenarios: (c) Escenario 3; (d) Escenario 4.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

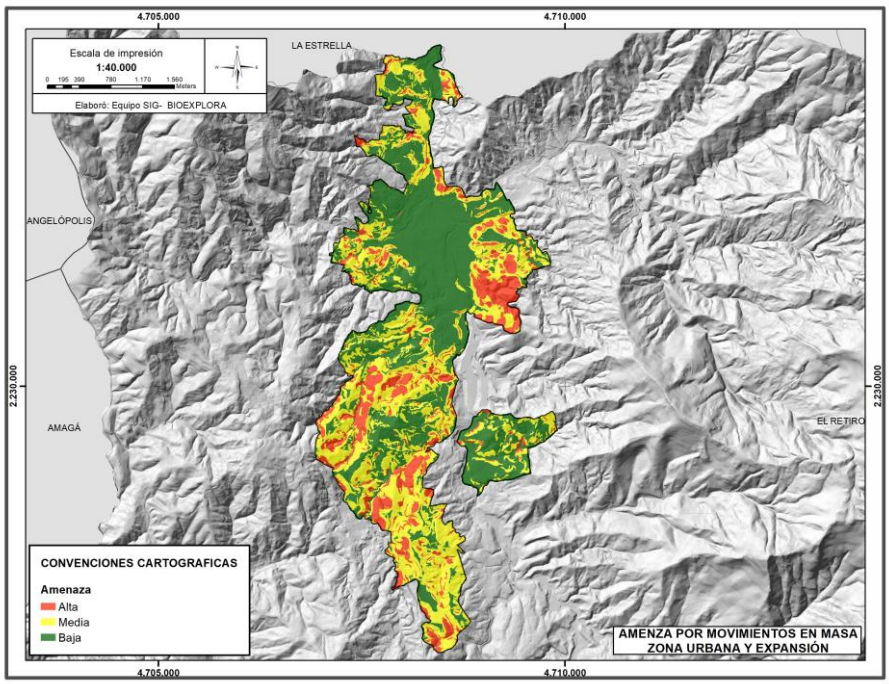


Ilustración 10.Mapa de amenaza por movimiento en masa para el municipio de Caldas: para suelo urbano y de expansión.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

El área total del suelo urbano y de expansión, además del porcentaje que representa cada clasificación de la amenaza se resume en la Tabla 18 y en el Gráfico 1.

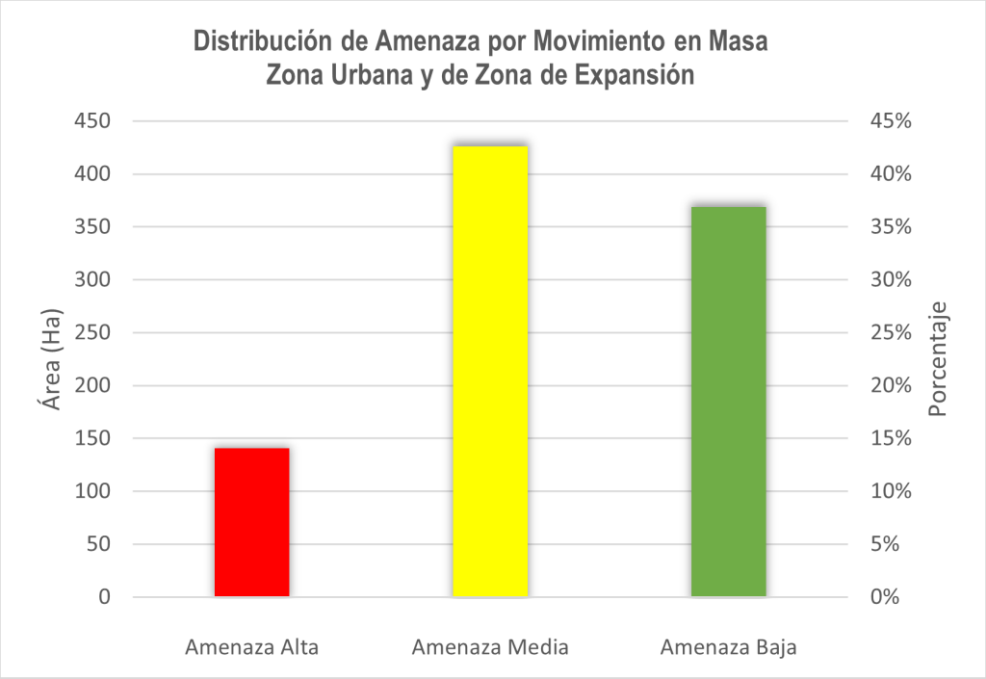
Tabla 18. Área en Ha de amenaza por movimiento en masa para suelo urbano y de expansión en el municipio de Caldas.

Clasificación	Área (HA)	Porcentaje
Alta	140,65	15%
Media	425,92	45,5%

Clasificación	Área (HA)	Porcentaje
Baja	368,56	39,5%

Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Gráfico 1. Histograma para la distribución porcentual de amenaza por movimiento en masa para suelo urbano y suelo urbano de expansión.



Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.2.1.1. Amenaza Alta

Las áreas clasificadas de amenaza alta en la zona urbana y de expansión del municipio de Caldas, se caracterizan por ser zonas empinadas, con inclinaciones superiores a 30°. La mayor parte de estas zonas no se encuentran urbanizadas, sin embargo, las comunidades aledañas, que se ubican ladera abajo, se encuentran en riesgo por deslizamientos.

Áreas clasificadas de amenaza alta se localizan al sur en los barrios La planta, Villacapari y la Chuscala, las cuales se ubican sobre suelos residuales de composición limo- arcillosa del miembro Volcánico, alcanzando 2.5 m de profundidad. Estas son zonas de deslizamientos activos, caracterizándose por fallas profundas, que se desencadenan por cortes en los taludes, lluvia y sismos. Otras zonas clasificadas de amenaza alta, se encuentran en el sur oriente, en los barrios Viticua, La Corrala y El Hoyo, donde la mayoría de sus laderas presentar pendientes moderadas a empinadas, producto de los cortes realizados para las vías y la fuerte incisión de los drenajes; estos barrios se ubican sobre la unidad geológica de los esquistos de Caldas, los cuales se caracterizan por un perfil de meteorización de grado V, presentando una composición limo arcillosa con un espesor de alrededor de 5 m. Algunas urbanizaciones de estos barrios se encuentran sobre las laderas que están bajo condición de riesgo, las cuales deben ser intervenidas mediante medidas de prevención y mitigación.

Hacia la parte norte, se encuentran los barrios Aguacatala, El Cano, El Pombal, Bellavista y Buena Esperanza, los cuales se encuentran desarrollados sobre depósitos de flujo de lodo y escombro. Estos se caracterizan por presentar matriz limo arcillosa de color amarrillo, con baja compactación, y los cuales son susceptibles en las vertientes de alta inclinación a movimientos en masa. En esta zona, se encuentran edificaciones en condición de riesgo, debido a su ubicación en estas laderas ya mencionadas, y a factores como la precipitación, sismos, las actividades humanas, y el mal manejo de aguas superficiales. Estos

deslizamientos pueden presentar una superficie de falla tanto planar como profunda de acuerdo con el límite del depósito y la roca, y al no encontrarse el nivel freático, en eventos de alta pluviosidad cuando el material se satura tiende a presentar una mayor densidad, generando una superficie de falla más profunda.

En las zonas de expansión en la parte sur del municipio, se presentan laderas fuertemente incisadas con pendientes empinadas, compuestas de suelos residuales de composición limo-arenosa pertenecientes al miembro Volcánico. Se caracterizan por presentar fallas profundas, en el contacto suelo roca y se encuentran clasificadas en amenaza alta, en donde se han evidenciado deslizamientos de tipo traslacional y rotacional de estado activo.

2.4.2.1.2. Amenaza Media

Las zonas clasificadas de amenaza media representan la mayor parte del suelo urbano y de expansión del municipio de Caldas, cubriendo un 40%. Estas zonas se caracterizan por presentar materiales finos-granulares sueltos de tamaño arena, limo y arcilla, y corresponden a zonas con pendientes entre 15-30°, ubicadas en las partes medias de las laderas. Barrios clasificados en amenaza media se localizan en La Chuscala, Viticua, La Corrala y El Hoyo.

La mayor parte de las zonas de expansión se encuentran clasificadas en amenaza media sobre suelos residuales del miembro Volcánico, siendo materiales de tamaño fino que son susceptibles a procesos de erosión. Estas zonas deben manejarse con precaución, debido a que son áreas que a largo plazo pueden convertirse en zonas de amenaza alta.

2.4.2.1.3. Amenaza Baja

Las zonas clasificadas de amenaza baja por movimientos en masa están representadas en la zona urbana casi en su totalidad por los barrios aledaños al río Aburrá, en donde las pendientes son de carácter suavizada a plana, correspondientes a las unidades geológicas de los depósitos aluviales y aluviotorrenciales. Los materiales que conforman a estas unidades corresponden a materiales de tamaño fino como arenas y arcillas para los aluviales y de tamaño bloque para los torrenciales. En general estas son zonas estables con pendientes entre 5-15° que no presentarían problemas de estabilidad frente a eventos sísmicos o de fuertes lluvias.

2.4.2.2. Zona rural

El mapa de amenaza por movimientos en masa del municipio Caldas para el suelo rural se trabajó a una escala 1:10000 y fue realizado a partir de los softwares ya mencionados (Scoops 3D y TRIGRS + FOSM). De la misma manera que la modelación en la zona urbana y de expansión, se obtuvieron un total de seis mapas: el primero corresponde al mapa de probabilidad de falla de tipo planar desarrollado en TRIGRS + FOSM, los cuatro mapas arrojados por Scoops para los diferentes escenarios planteados en la Tabla 16, y finalmente, uno que corresponde al mapa final de amenaza por movimiento en masa para suelo rural en donde se combinaron los mapas de TRIGRS + FOSM y el de Scoops 3D.
Es necesario recordar que el mapa de amenaza de movimiento en masa de tipo rotacional modelado en Scoops 3D que se escogió para combinarlo con el de TRIGRS + FOSM, es el generado con un nivel freático de 5 m y sin evento de sismo, esto debido a que un análisis comparativo de los mapas de amenaza con Scoops3D con respecto a los obtenidos con TRIGRS y FOSM, presentan una mayor consistencia para el escenario 1. Este se selecciona y se constituye junto con el de amenaza de movimientos en masa planares de modo que la superposición de ambos se calcula seleccionando la peor condición de amenaza en sus clasificaciones de alta, media y baja.

Los resultados obtenidos en este mapa asociados a la amenaza por movimientos en masa permiten identificar las características de varios factores de la zona de estudio por medio de la integración de las variables que inciden en la ocurrencia, tanto actual como a futuro de los posibles procesos de inestabilidad del terreno, considerando los procesos detonantes del área.

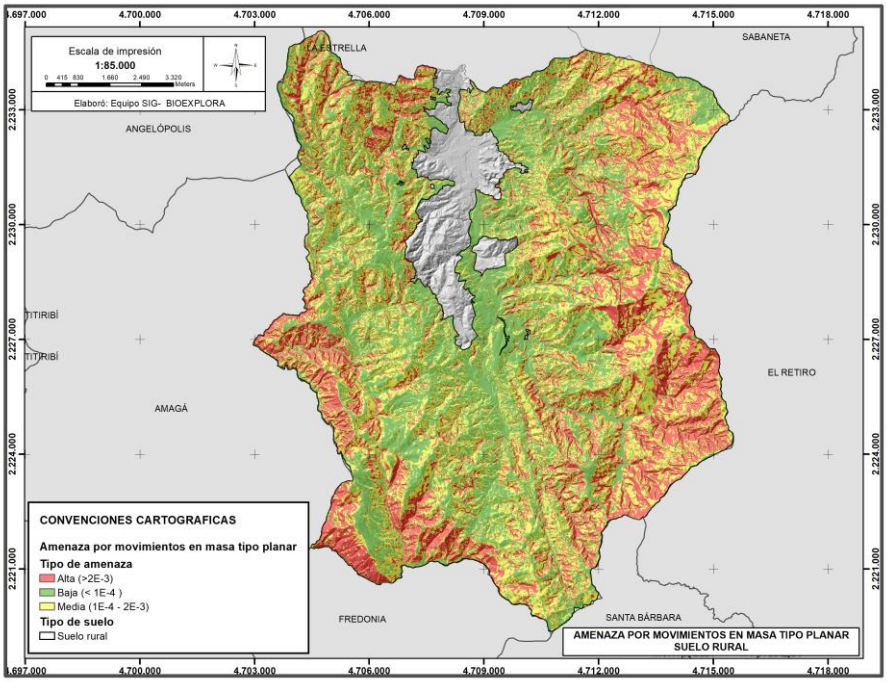


Ilustración 11.Amenaza de movimientos en masa con falla planar en suelo rural..
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

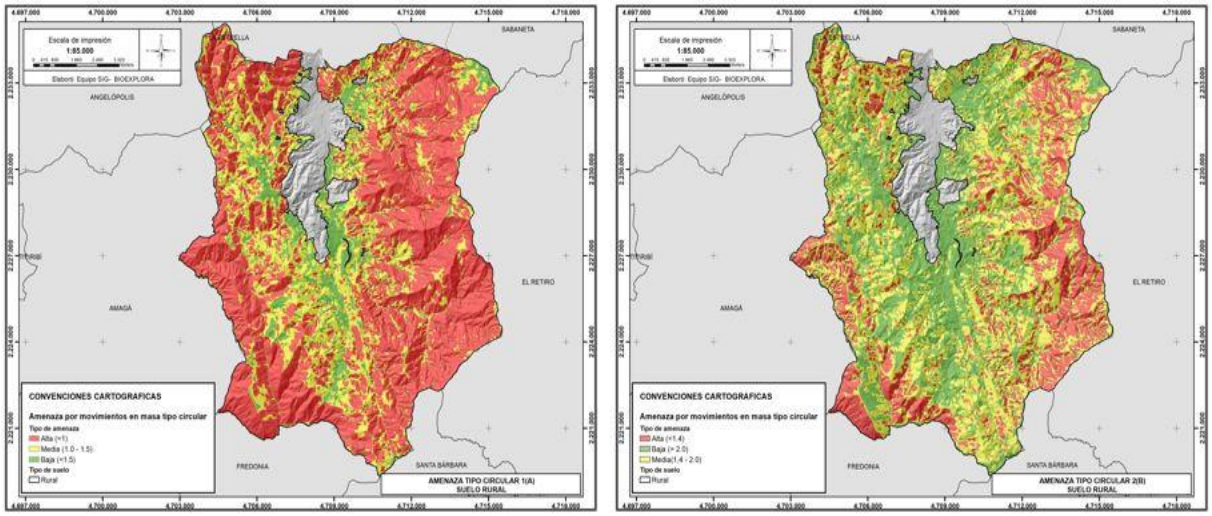


Ilustración 12.Amenaza de movimientos en masa de tipo rotacional en suelo rural en escenarios: (a) Escenario 1; (b) Escenario 2.

Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

.

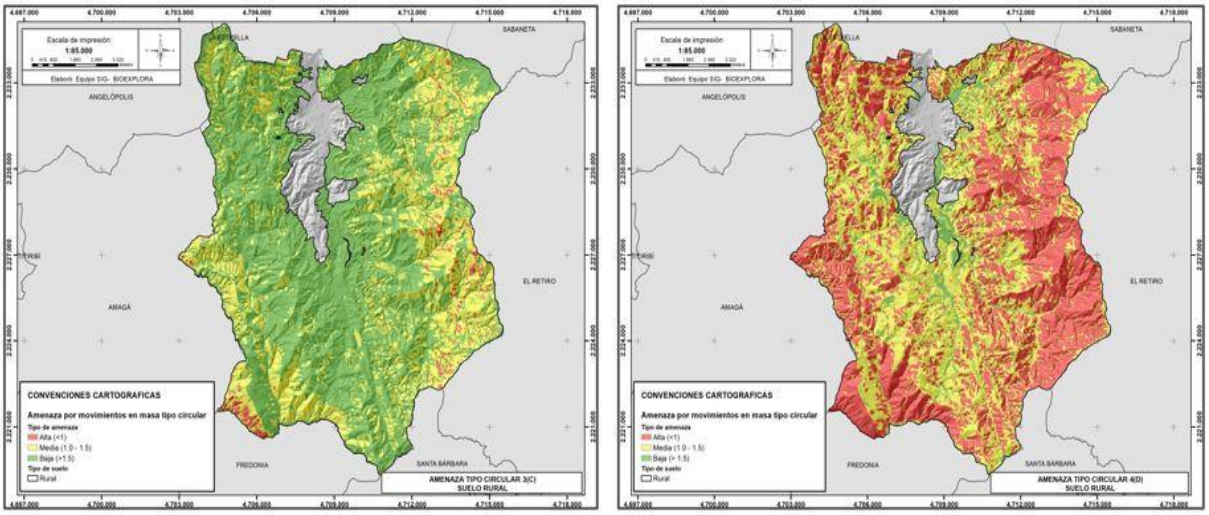


Ilustración 13.Amenaza de movimientos en masa de tipo rotacional en suelo rural en escenarios: (c) Escenario 3; (d) Escenrio 4.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

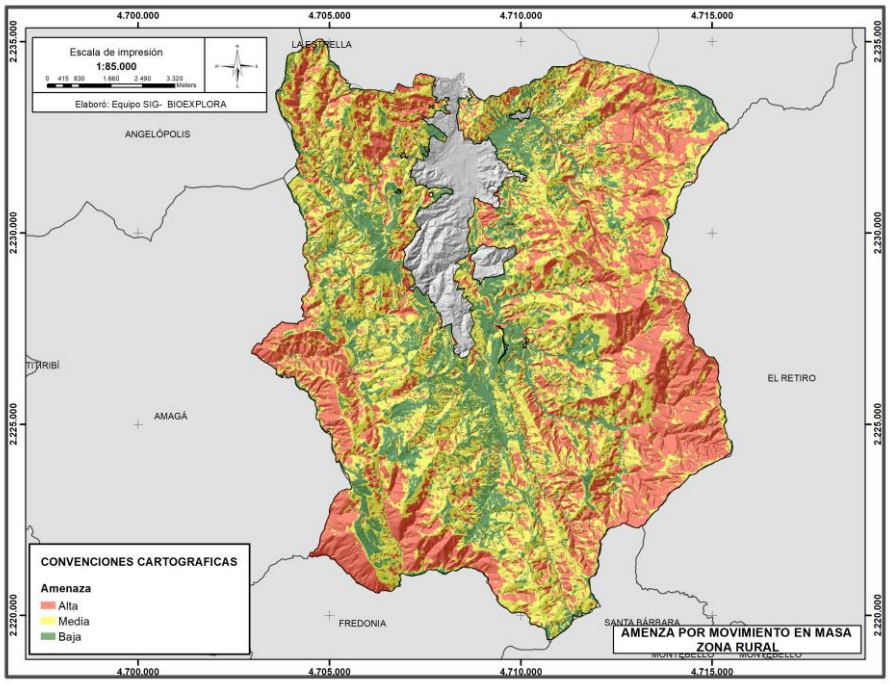


Ilustración 14.Mapa de amenaza de movimiento en masa en suelo rural.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

La categoría con mayor predominio en el suelo rural del municipio de Caldas es la de amenaza Media con el 43%, mientras que la categoría de amenaza alta es la de menor cubrimiento con el 20% concentrándose en las vertientes altas del municipio. En la Tabla 19 y el Gráfico 2 se presenta los porcentajes y áreas que representa cada categoría de amenaza por movimiento en masa para la zona rural.

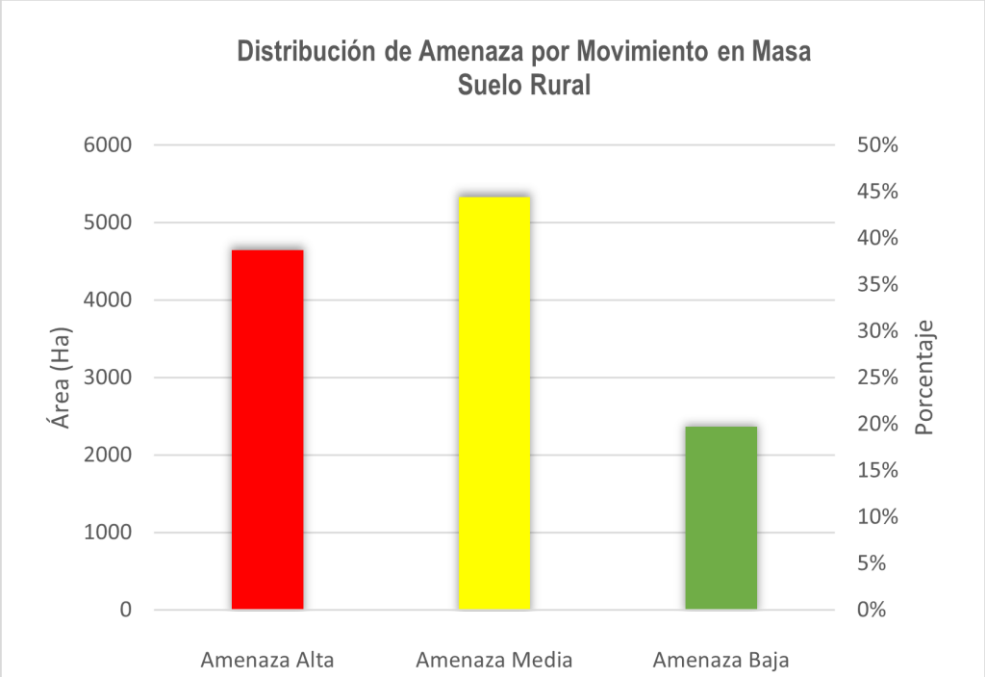
Tabla 19. Área en Ha de amenaza por movimiento en masa para suelo rural para el municipio de Caldas.

Clasificación	Área (HA)	Porcentaje
Alta	4641,11	38%
Media	5328,31	43%

Clasificación	Área (HA)	Porcentaje
Baja	2360,83	19%

Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Gráfico 2. Histograma para la distribución de amenaza por movimiento en masa para suelo rural.



Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.2.2.1. Amenaza Alta

En el suelo rural del municipio de Caldas, se encuentra clasificado en un 20% en condición de amenaza alta por movimiento en masa. Zonas de alta concentración de deslizamientos se pueden observar en las veredas La Miel, Salinas, Sinifaná y al sur oriente del municipio por el Alto de Minas. Estos movimientos son de tipo traslacional, rotacional y de flujo. Estos eventos están influenciados por el tipo de material presente en la zona, siendo las anfibolitas del Alto de Minas y los esquistos de Caldas las unidades más afectadas, producto de alta meteorización de las rocas metamórficas, las cuales están más susceptibles al proceso de alteración y disgregación del material. Otras zonas de amenaza alta están localizadas a lo largo del stock de Amagá, en la vertiente oeste de la quebrada Sinifaná.

2.4.2.2.2. Amenaza Media

La mayor parte municipio se encuentra una amenaza media por movimientos en masa, estando representado en un 60%; esto es producto de su ubicación en una zona de montaña, además de los suelos residuales presentes que se han desarrollado en esta zona. Está representando principalmente en las zonas de pendiente moderada, con morfologías irregulares y en las unidades geológicas por los depósitos de flujo de lodo y escombro.

2.4.2.2.3. Amenaza Baja

La zona de amenaza baja en el municipio en suelo rural se encuentra representado en las zonas de pendiente suave a muy suave, en donde se depositan materiales transportados por los cauces, siendo así los depósitos aluviales y aluviotorrenciales zonas de baja amenaza. Además, otras unidades geológicas

que se encuentren en zonas de baja pendiente como los llenos antrópicos y los depósitos de deslizamiento están clasificadas en amenaza baja.

2.4.3. Análisis de amenaza por inundación

Se presenta los resultados de la zonificación de la amenaza por inundación.

2.4.3.1. Suelo Urbano y de Expansión

Para la zona urbana se definió la zonificación de la amenaza por inundación teniendo en cuenta la modelación hidráulica de las quebradas La Valeria, La Miel, Mandalay, La Raya, El Cano, La Rápida, La Salada, La Aguacatala, La Corralita y el río Aburrá en contraste con el levantamiento geomorfológico de detalle, el análisis de suficiencia hidráulica y con el registro histórico de eventos.

Las zonas bajas de la parte urbana, conformada por las terrazas y llanura de inundación del río Aburrá, son las más susceptibles a los eventos de inundación por crecientes del río Aburrá. Ejemplos de estas zonas, se observan en las inmediaciones del barrio La Inmaculada, donde en épocas de fuertes lluvias, han generado episodios de desbordamiento, afectando a las viviendas que se encuentran en la parte baja del río Aburrá y taponando los canales donde se descargan las aguas de origen pluvial.

También existe la amenaza de inundación en inmediaciones los sectores de La Raya y Mandalay por crecientes súbitas de la Quebradas del mismo nombre; que han generado amplias afectaciones en viviendas y vías aledañas.

Es importante anotar que la intervención antrópica en las orillas del Río Aburrá por las actividades urbanas e industriales, tales como el estrangulamiento del cauce máximo y construcciones de jarillones y diques, es una variable que provoca un aumento en la susceptibilidad por inundación en las llanuras aluviales.

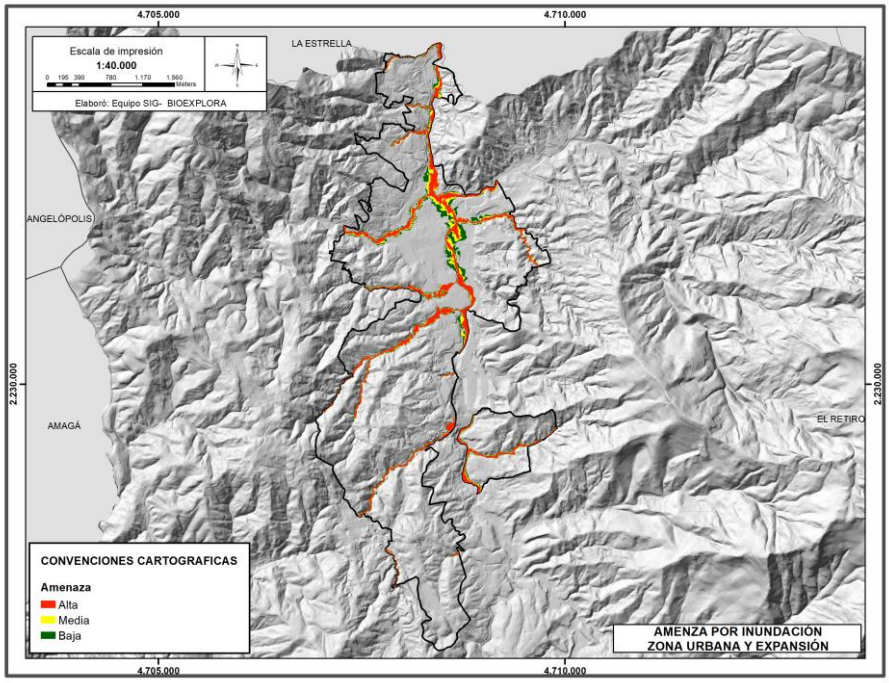


Ilustración 15.Mapa de amenaza por inundación para suelo urbano y de expansión del municipio de Caldas.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.3.2. Suelo Rural

Para esta zona se definió la zonificación de la amenaza por inundación teniendo en cuenta la modelación hidráulica principalmente de las quebradas La Salada, La Mina, La Clara, La Raya, el río Aburrá y los afluentes de la cuenca del río Cauca, en contraste con el levantamiento geomorfológico de detalle, el análisis de suficiencia hidráulica y con el registro histórico de eventos.

En este suelo en general las quebradas se presentan en cauces incisados con valles profundos en V, con poco desarrollo de llanuras aluviales, por lo que este fenómeno está limitado a márgenes estrechos a lo largo del cauce activo, siendo la zona de La Clara, en la parte alta del rio Aburrá, la que presenta la mayor problemática por este tipo de eventos, ya que presenta desarrollo urbanístico sobre la llanura aluvial con usos agrícolas y pecuarios.

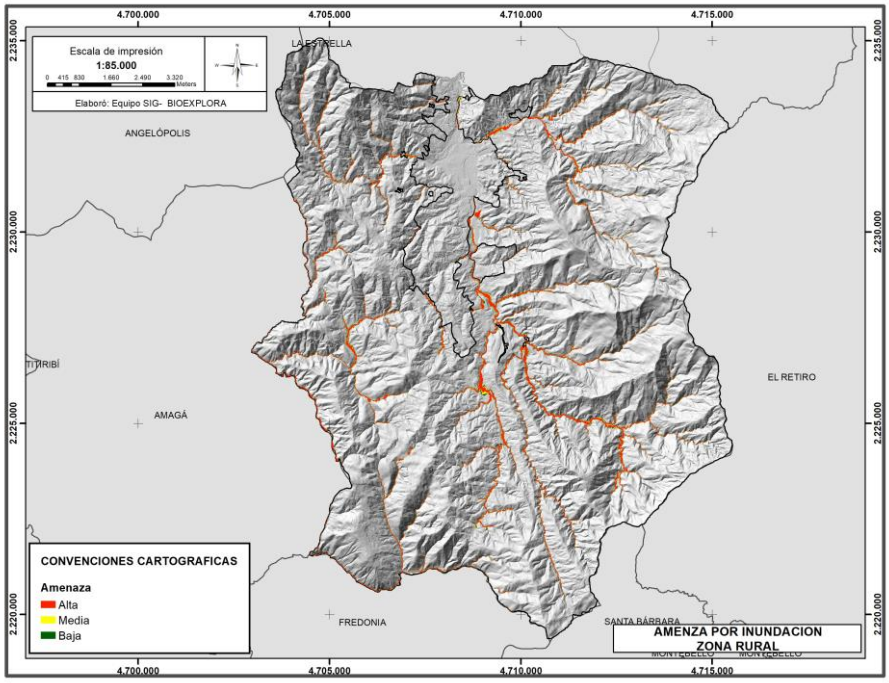


Ilustración 16.Mapa de amenaza por inundación para suelo rural del municipio de Caldas.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.4. Análisis de amenaza por avenida torrencial

Se presenta los resultados de la zonificación de la amenaza por avenida torrencial.

2.4.4.1. Suelo Urbano y de Expansión

Para el análisis de la amenaza por este tipo de eventos, se decidió realizar la modelación de toda la red de drenaje del municipio, dado el amplio registro que se tiene de este tipo de eventos, tanto de forma documental, como evidencias geomorfológicas, donde el producto de la modelación fue complementado con la extensión geomorfológica de los eventos torrenciales generando la envolvente que combina ambos criterios.

En esta zona se destacan las quebradas Mandalay y La Raya, las cuales han tenido eventos torrenciales en los últimos 15 años, generando amplia afectación sobre las comunidades aledañas, y la quebrada La Valeria, la cual tiene una amplia expresión geomorfológica con terrazas aluviotorrenciales sobre las cuales se desarrolla gran parte del centro urbano del municipio, incluyendo el parque, y el CAM entre otras muchas obras y equipamientos de relevancia.

Otra de las zonas relevantes se encuentra asociado a la quebrada La Corrala, la cual en sus inmediaciones con el río Aburrá, presenta un cauce estrecho, debido a la constante urbanización de la zona. En sector se han presentado eventos torrenciales, reflejados en las evidencias geomorfológicas, que eventos de gran energía pueden ocasionar daños a la infraestructura local.

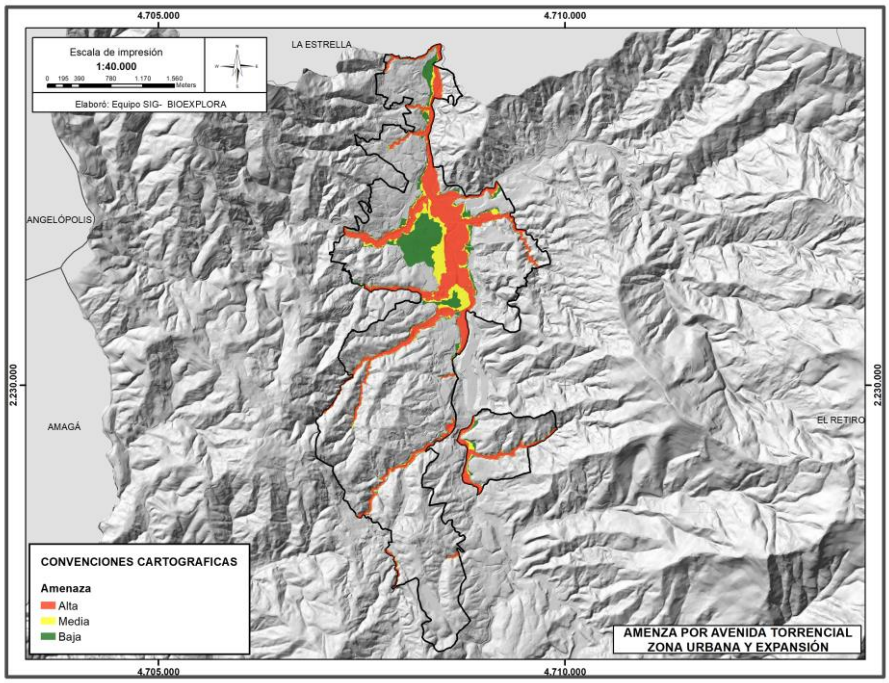


Ilustración 17.. Mapa de amenaza por avenida torrencial para suelo urbano y de expansión del municipio de Caldas.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.4.2. Suelo Rural

Para la determinación de este tipo de amenazas en suelo rural se consideró el mismo criterio que para la zona urbana, todas las corrientes fueron modeladas y se realizó el respectivo análisis de la envolvente.

Al igual que en las inundaciones, dado el relieve de valles profundos en V, con fuerte incisión y poco desarrollo de planicies aluviales, este tipo de eventos se restringe a los cauces, siendo la parte alta del río Aburrá la zona donde se pueden encontrar zonas donde los eventos pueden generar afectaciones más amplias al presentar depósitos torrenciales.

Otras zonas de torrencialidad basados en evidencias geomorfológicas se observan en la vereda Miel, estando asociado la amenaza al ancho del cauce y extendiéndose a zonas bajas en cercanías a la orilla del cauce, donde se han hecho cortes para uso urbanístico.

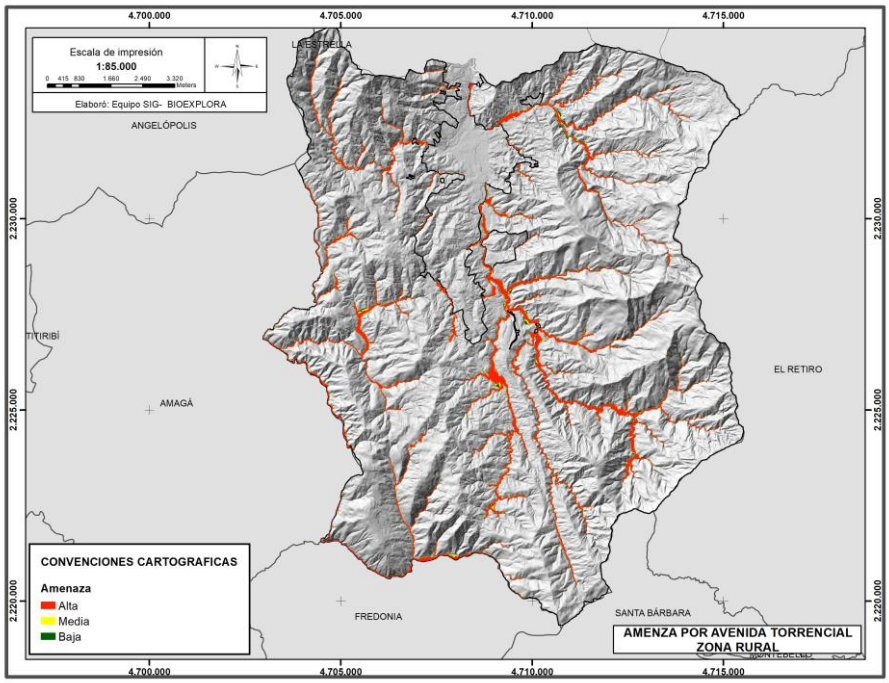


Ilustración 18.Mapa de amenaza por avenida torrencial para suelo rural del municipio de Caldas.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.5. Análisis comparativo de amenazas

Las amenazas presentadas en este estudio bajos los diferentes métodos mencionados anteriormente que evalúan los fenómenos de movimiento en masa, inundación y avenida torrencial, indicando su categorización y distribución sobre el municipio de Caldas, se han analizado y comparado con los estudios de zonificación de amenaza realizados por el PBOT (2010), en la actualización del POMCA (2018) y en el EBA (2017) donde es importante aclarar que no se incluyen los resultados de la Cuencas pertenecientes al rio Cauca (río Amagá y quebrada Sinifaná), ya que los resultados disponibles para estas, no presentan la zonificación de amenazas de forma independiente, sino que estas hacen parte del resultado final que incluyen numerosas categorías de otros componentes, por lo que no es posible su discriminación.

2.4.5.1. Amenaza por movimientos en masa

En términos generales, se evidencia variación en la distribución de las categorías de amenaza (alta, media y baja) a lo largo del municipio en los cuatro estudios revisados, lo que obedece a la diferencia en las escalas de trabajo y las metodologías empleadas para la obtención de las amenazas.

La zonificación de amenazas del PBOT (2010), muestra una distribución predominante de la categoría baja de amenaza sobre el suelo urbano, asociado con las bajas pendientes marcadas por la llanura aluvial del río Aburrá, no obstante, se presentan algunas zonas de amenaza media a media-baja a lo largo de las vertientes de los cauces de algunas quebradas. Por su parte, hacia el suelo rural la amenaza predomina de media a alta, asociado con el desarrollo de procesos morfodinámicos sobre suelos residuales y a las altas pendientes de la zona.

Con respecto a la zonificación de amenazas realizada por el Estudio Básico de Amenazas (EBA) para el municipio de Caldas en el año 2017, se evidencia la predominancia de la amenaza alta en el municipio,

asociado a las zonas de altas pendientes, reflejadas en la alta incisión por parte de las quebradas en las partes medias y altas de las vertientes.

En cuanto a la metodología empelada por el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río Aburrá (POMCA) en el municipio de Caldas, se consideró la caracterización de amenazas por la ocurrencia de deslizamientos y eventos sísmicos a través de métodos determinísticos. Realizando un inventario de áreas susceptibles a movimientos en masa de acuerdo con su geomorfología. Este análisis no cubre todo el municipio debido a que en este se encuentra un sector perteneciente a la cuenca del río Cauca representado en la parte sur occidental del municipio. El resultado de estos análisis evidencia la predominancia de amenaza baja en la zona urbana y de expansión, asociado a las zonas bajas aledañas al río y de la amenaza alta, la cual se concentra en las partes altas de las vertientes sobre el flanco oriental del municipio, asociado a la ocurrencia de deslizamientos en esos sectores.

Por su parte, la zonificación de amenazas presentada para el municipio, fue desarrollada con base en dos métodos, el método estadístico para el suelo rural, que considera el inventario de deslizamientos y flujos, por medio de la integración de las variables que inciden en la ocurrencia, tanto actual como a futuro de los posibles procesos de inestabilidad del terreno, considerando los procesos detonantes del área y el método determinístico aplicado para suelo rural, en donde se considera las propiedades mecánicas del suelo como principal factor de desestabilización. El análisis realizado en el suelo rural muestra el predominio de amenaza alta hacia las partes altas de las vertientes, siendo zonas críticas como la Sinifaná, La Clara. La Miel, entre otras, y además señala el predominio de la amenaza baja en el suelo urbano, representado en zonas planas a onduladas, conformados por los depósitos de origen aluvial.

En comparación con los estudios anteriores, esta zonificación muestra una mejor distribución en la categoría de amenaza media y alta para la zona urbana del municipio, en donde las pendientes tienden a ser moderadas a empinadas y en donde se han presentado procesos de remoción en masa. Este cambio en la distribución de la amenaza obedece a las modificaciones del uso del suelo, las coberturas terrestres, las condiciones topográficas del municipio y a los métodos de zonificación de amenaza utilizados. Comparando la zona rural, se observa similitudes parciales entre el presente estudio y el PBOT (2010), manteniendo las vertientes de las partes de las cuencas como zonas de amenaza alta, sin embargo, se observan cambios en zonas categorizadas de amenaza media donde se diferencian zonas de poco relieve y pendiente que se categorizan como zonas de amenaza baja.

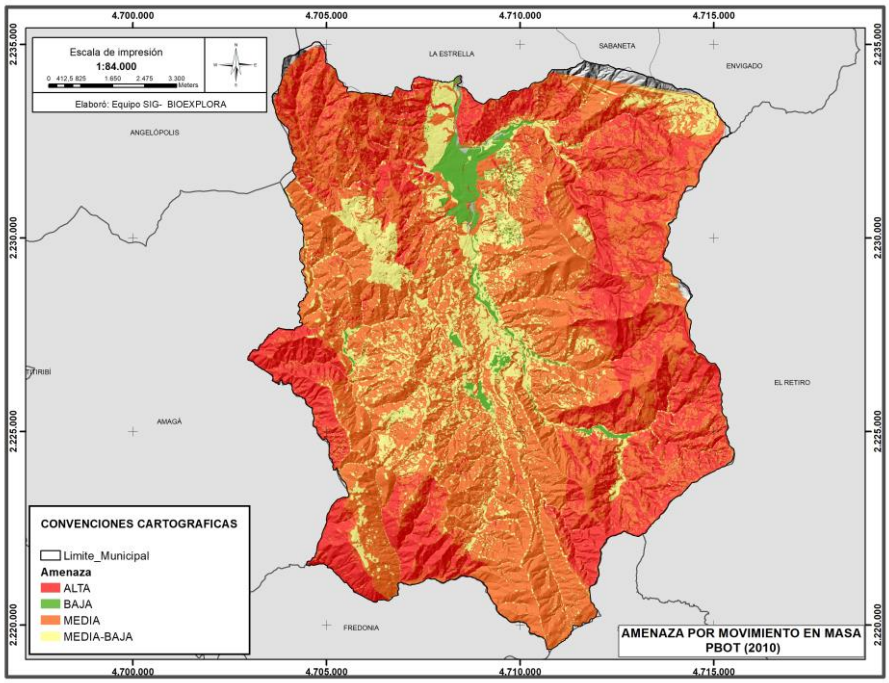


Ilustración 19.Mapa de amenaza por movimiento en masa, PBOT (2010).
Fuente: Tomado y modificado del PBOT (2010)

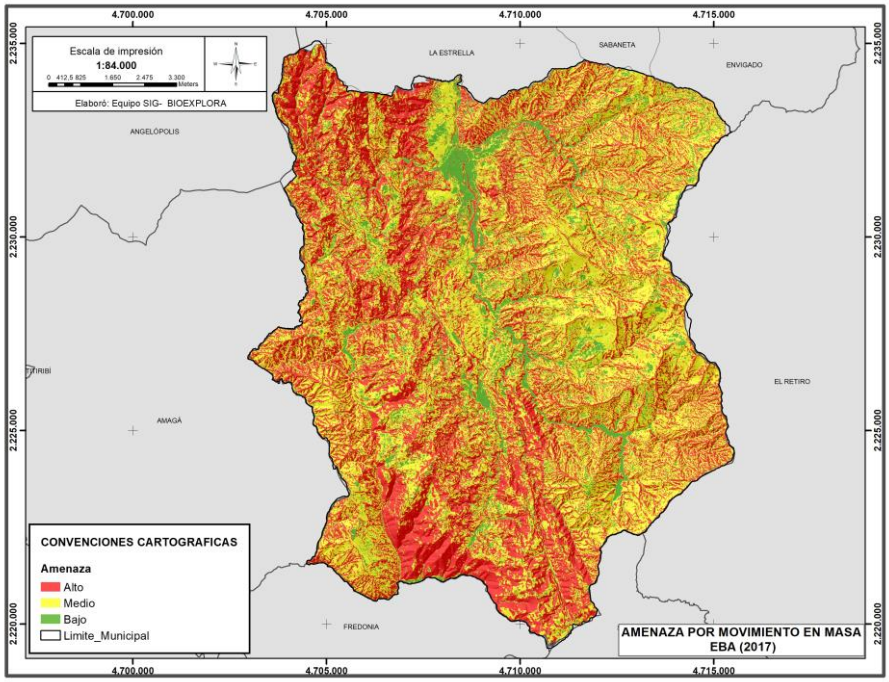


Ilustración 20.Mapa de amenaza por movimiento en masa, EBA (2017).
Fuente: Tomado y modificado del EBA (2017)

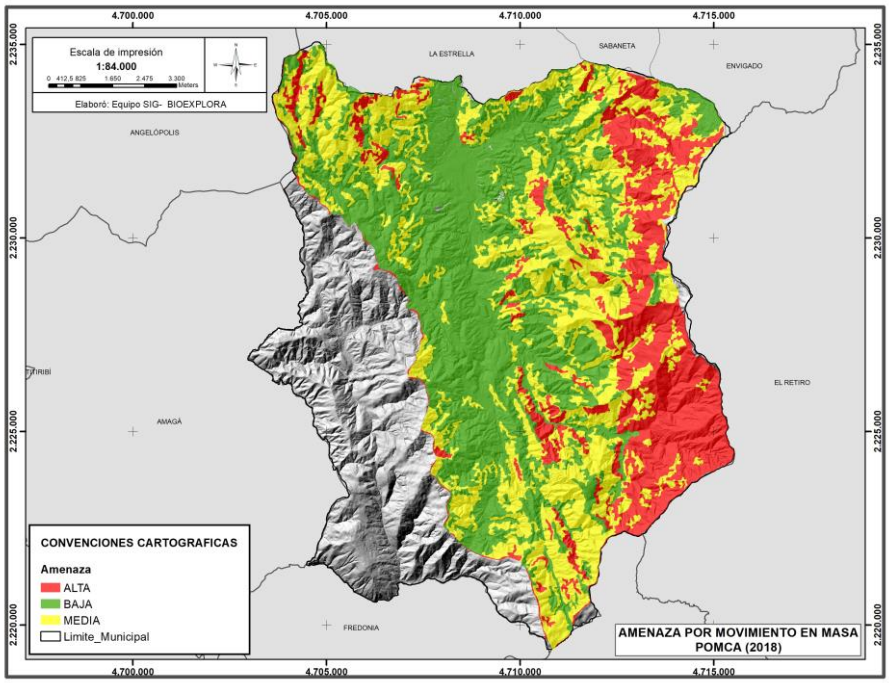


Ilustración 21.Mapa de amenaza por movimiento en masa, POMCA (2018).
Fuente: Tomado y modificado del POMCA (2018)

.

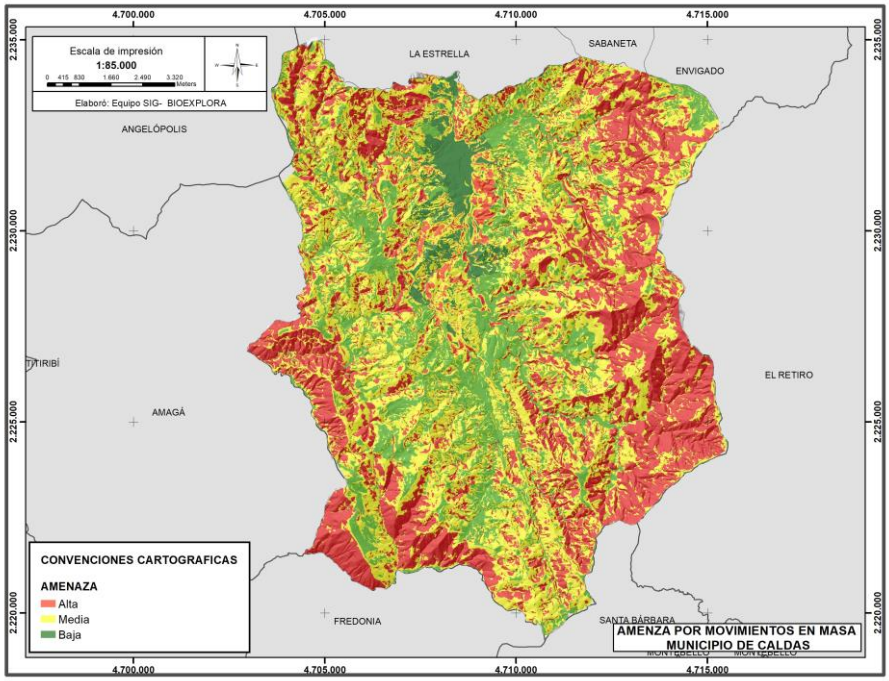


Ilustración 22.Mapa de amenaza por movimientos en masa del presente estudio
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.5.2. Amenaza por inundación

La zonificación de amenazas por inundación presentada por el PBOT (2010), el EBA (2017) y el POMCA del Río Aburrá (AMVA et al, 2018) para el municipio de Caldas, muestran una distribución de las categorías

de amenaza sobre todo el territorio. En el presente estudio, se realiza un análisis directo sobre los cauces que presentan susceptibilidad a eventos por inundación.

El estudio realizado por el PBOT del año 2010 categoriza la amenaza por inundación a nivel general como alta, definida sobre los cauces de las quebradas Mandalay, La Clara, La Miel, La Salada y gran parte del río Aburrá, estando la parte central de la cabecera municipal ausente de la modelación. Este estudio no categoriza las demás corrientes, faltando gran parte de la red de hídrica de Caldas.

Los resultados presentados por el EBA en el año 2017 indican una categorización de la amenaza alta por inundación sobre los cauces principales del municipio, asociados a la llanura de inundación y a las partes bajas producto de cortes antrópicos. La amenaza media y baja por este tipo de eventos está representada principalmente en la zona del casco urbano.

Por su parte, la zonificación de amenazas por inundación del POMCA (AMVA et al., 2018) considera los fenómenos de inundaciones lentas evaluadas a partir de criterios geomorfológicos y recurrencia de eventos históricos e inundaciones rápidas por recurrencia de eventos en las quebradas. A partir de la información de la base de datos Desinventar (Desinventar.org, 2016) y registros historicos relatados por la comunidad se construyó un inventario de eventos, por lo cual la zonificación de la misma está determinada por la frecuencia de estos. El inventario demuestra que la mayoría de los eventos en el municipio de Caldas han ocurrido en el área de influencia del río Aburrá, por lo cual la amenaza indica una categoría alta sobre el río Aburrá y media sobre la quebrada La Valeria, La Miel y La Corrala, sin embargo, esta zonificación hace un reconocimiento parcial de la amenaza sobre el territorio, no tomando en cuenta corrientes hídricas del municipio que presentan susceptibilidad por inundación, tales como la quebrada La Clara, La Mina, La Salada, La Lejía, entre otras.

Finalmente, la amenaza por inundación descrita en este informe determinó los cauces más propensos a inundación, por medio de la evaluación de la susceptibilidad y la zonificación de amenazas a partir de modelos hidráulicos e hidrológicos, considerando la insuficiencia hidráulica de obras, modificación de los cauces naturales y la invasión en los retiros de las quebradas.

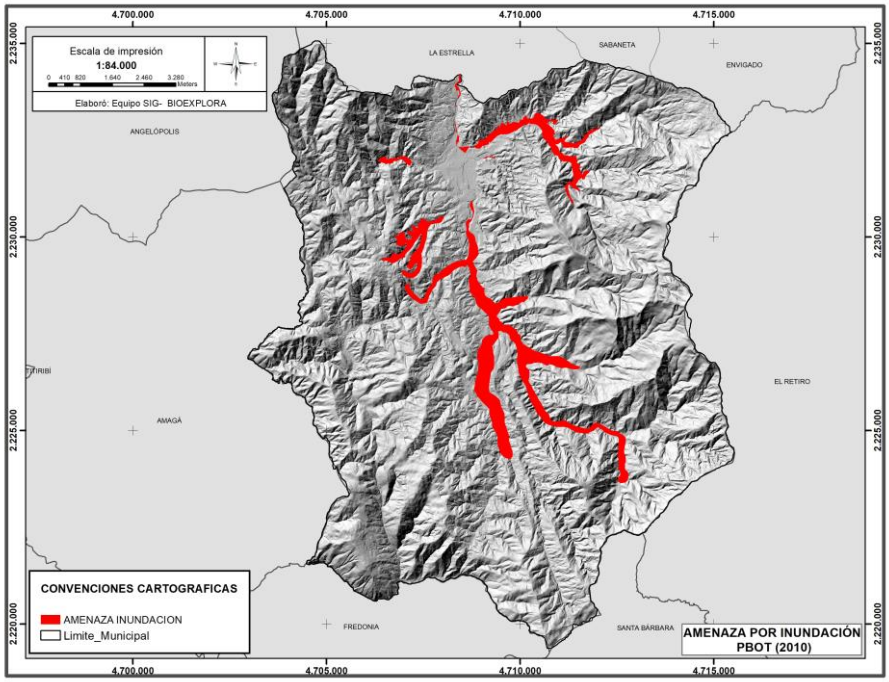


Ilustración 23.Mapa de amenaza por inundación, PBOT (2010).
Fuente: Tomado y modificado del PBOT (2010)

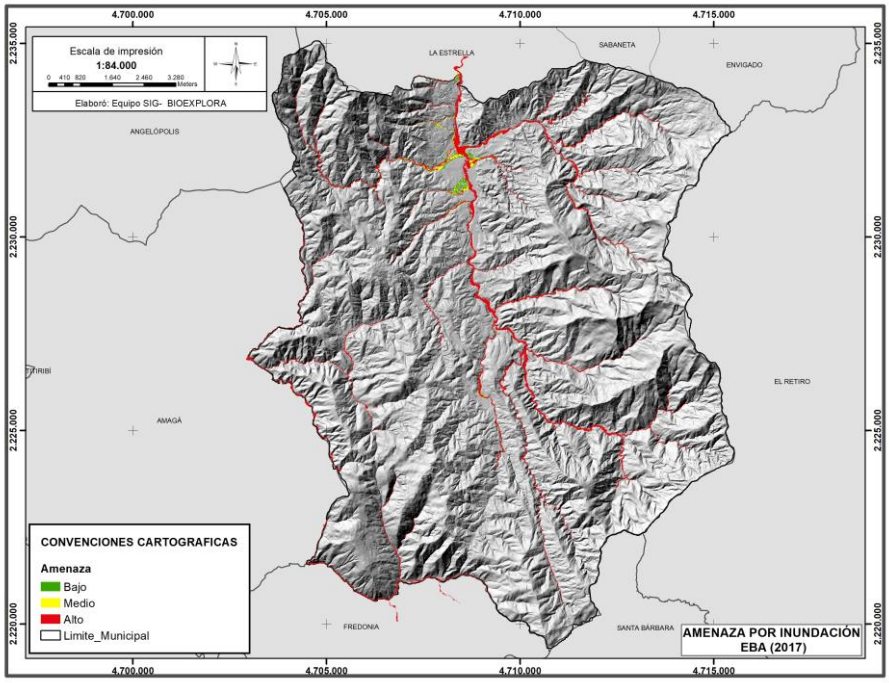


Ilustración 24.Mapa de amenaza por inundación, EBA (2017).
Fuente: Tomado y modificado del EBA (2017)

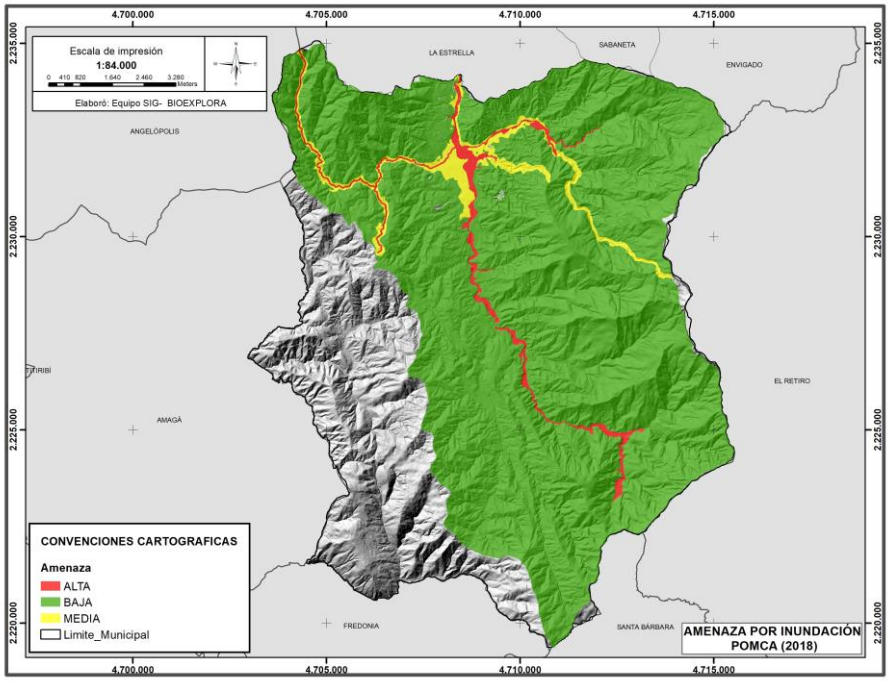


Ilustración 25.Mapa de amenaza por inundación, POMCA (2018).
Fuente: Tomado y modificado del POMCA (2018)

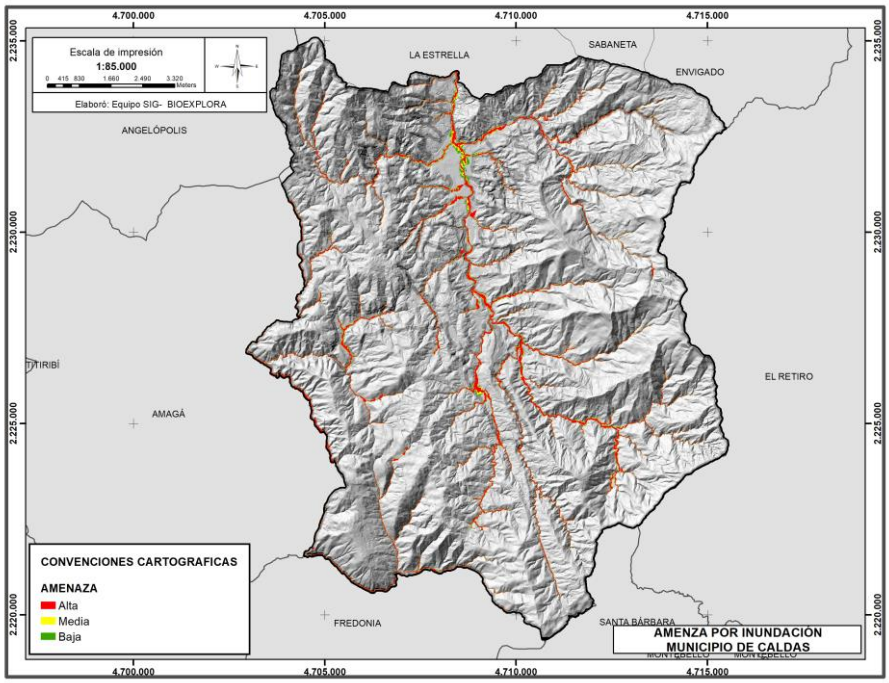


Ilustración 26.Mapa de amenaza por inundación del presente estudio (2021).
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.5.3. Amenaza por avenida torrencial

En este capítulo, se realiza un análisis comparativo de los diferentes estudios realizados en el municipio por amenaza de avenidas torrenciales y se realiza una comparación con los resultados obtenidos del presente estudio.

El Estudio Básico de Amenazas (EBA) del año 2017 presenta una zonificación de amenazas por avenida torrencial que cubre parcialmente las corrientes del municipio, siendo las corrientes analizadas, producto de la combinación de 3 métodos: i) el histórico, donde se seleccionan las cuencas que han presentado eventos de torrencialidad; ii) Las evidencias geológicas y geomorfológicas presentes en el municipio; iii) y la morfometría que presenta una cuenca que evalúa la respuesta hidrológica. La amenaza por avenida torrencial se clasifica en alta, la cual está restringida a los cauces de las quebradas Mandalay, La Valeria, La Miel, La Salada, La Chuscala, El Cano, La Raya, La Aguacatala y La Brunera, las cuales están susceptibles a la ocurrencia de eventos torrenciales.

En contraste, el POMCA 2018 establece la amenaza, a través de un análisis probabilístico por movimientos en masa como aportante de materiales sólidos de arrastre para definir la categoría de amenaza en combinación con la caracterización morfométrica. Como resultado del análisis de la amenaza por avenida torrencial para el municipio de Caldas, se tiene que las quebradas La Valeria, La Miel, El Cano, La Raya, La Aguacatala, La Brunera, La Zarza y el río Aburrá en su parte baja entre otros, presentan amenaza alta por avenida torrencial la cual está directamente relacionada con las zonas del municipio que presenta mayores pendientes, correlacionándose así, con el resultado obtenido en la zonificación de la amenaza por movimiento en masa.

En el presente estudio se identifican las corrientes susceptibles a eventos por avenida torrencial correspondientes a la mayoría de los cauces que tienen suficiente caudal para generar potenciales eventos torrenciales. La zonificación de amenazas se realiza de acuerdo con modelos hidrológicos e hidráulicos ajustados a la geomorfología de la zona de estudio.

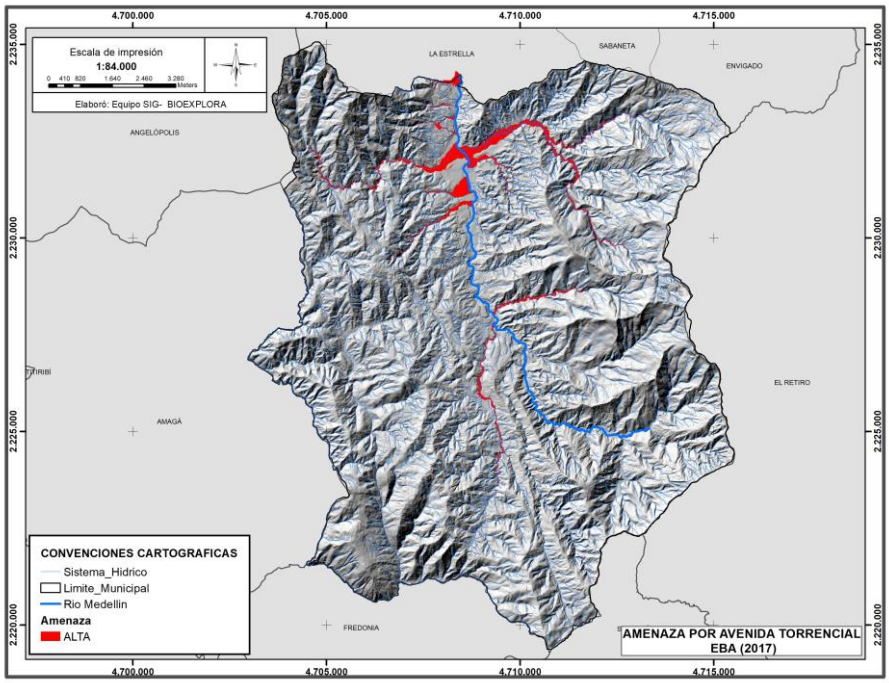


Ilustración 27.Mapa de amenaza por avenida torrencial, EBA (2017).
Fuente: Tomado y modificado del EBA (2017)

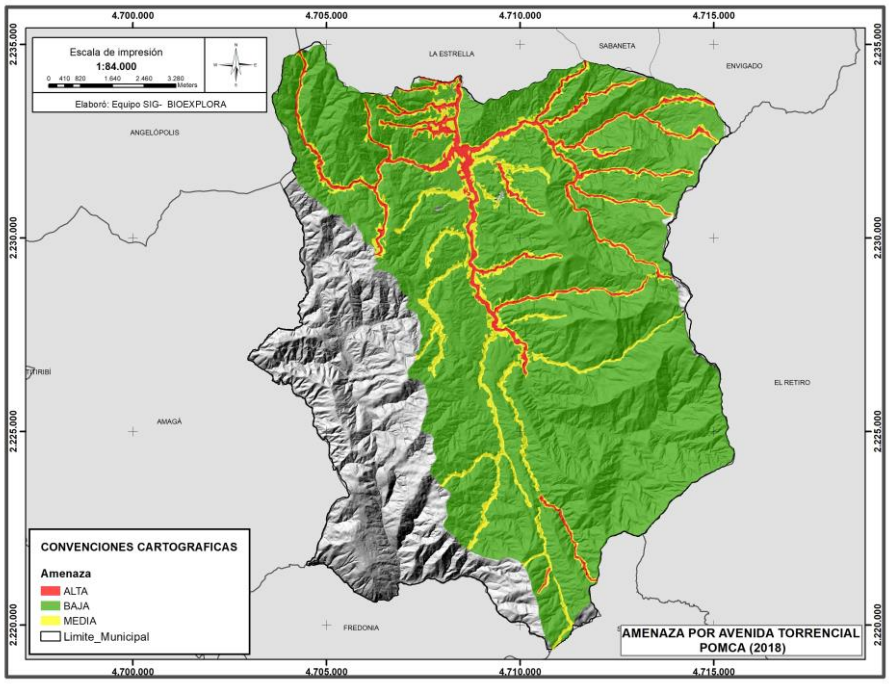


Ilustración 28.Mapa de amenaza por avenida torrencial, POMCA (2018).
Fuente: Tomado y modificado del POMCA (2018)

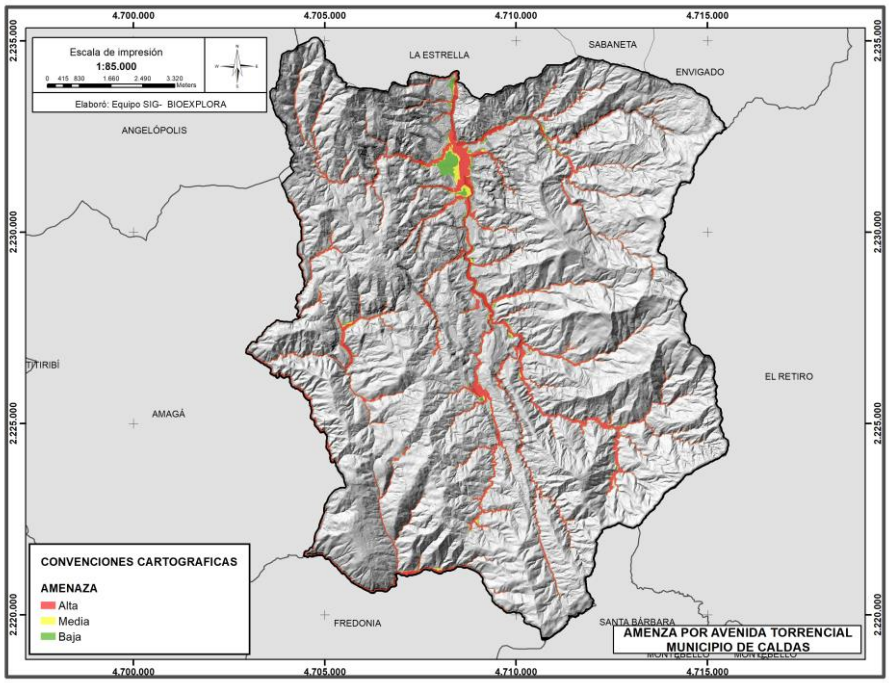


Ilustración 29.Mapa de amenaza por avenida torrencial del presente estudio.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.6. Caracterización de los Centros Poblados

En este numeral se detallan las características geológicas, geomorfológicas, de procesos y amenazas de cada uno de los centros poblados del municipio de Caldas. Además, se realiza una comparación entre estos, con el fin de determinar zonas de mayor riesgo.

2.4.6.1. Centro poblado La Aguacatala

2.4.6.1.1. Geología Local

La geología del centro poblado La Aguacatala, está conformada por rocas volcánicas de edad Cretácica y depósitos de flujos de escombros y/o lodos de edad Cuaternaria; estos depósitos se caracterizan por tener una matriz arcillosa de color amarillo, con clastos menores a 1cm.

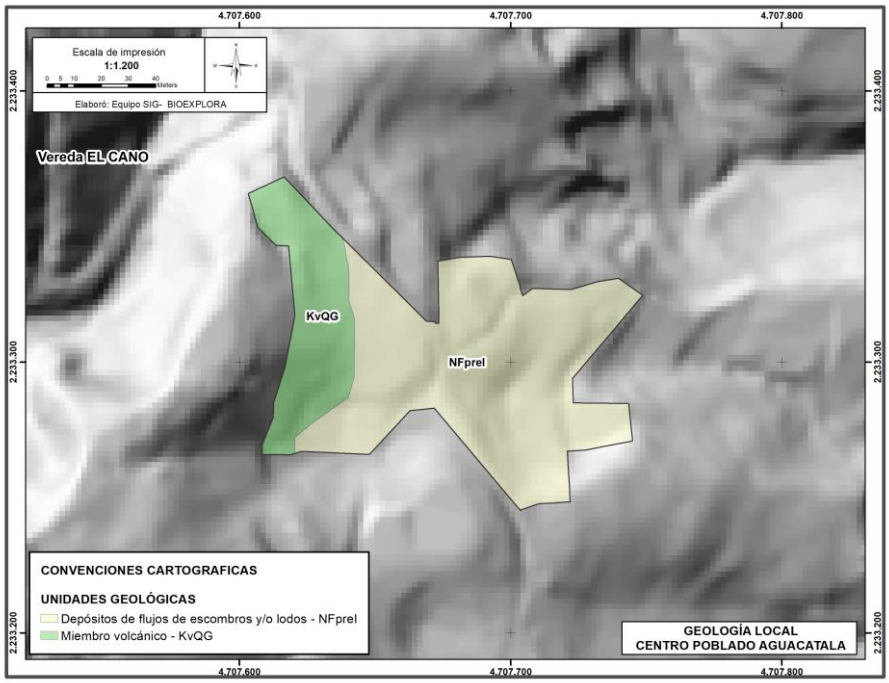


Ilustración 30.Mapa de unidades geológicas del centro poblado La Chuscala.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

- **Miembro Volcánico (KvQG)**

Esta unidad cubre aproximadamente 2000m2, representando el 25% del área del centro poblado, siendo así la de menor extensión en la zona. Se localiza en las partes altas de la vertiente y se caracteriza por presentar grandes espesores de suelo residual, alcanzando hasta los 4m, están conformados por una matriz limo-arcillosa de color amarillo pardusco.

- **Depósitos de flujos de escombros y/o lodos (NFprel)**

Litológicamente los depósitos de flujo se encuentran completamente meteorizados desarrollando un suelo residual de depósito; se caracterizan por presentar una matriz limosa de color café amarillento con clastos de tamaño de hasta 6 cm, subangulosos. Sobre esta unidad está depositada una capa de ceniza volcánica de 1m de espesor, la cual se caracteriza por presentar una densidad baja, con un color crema a amarillo claro de textura limosa.

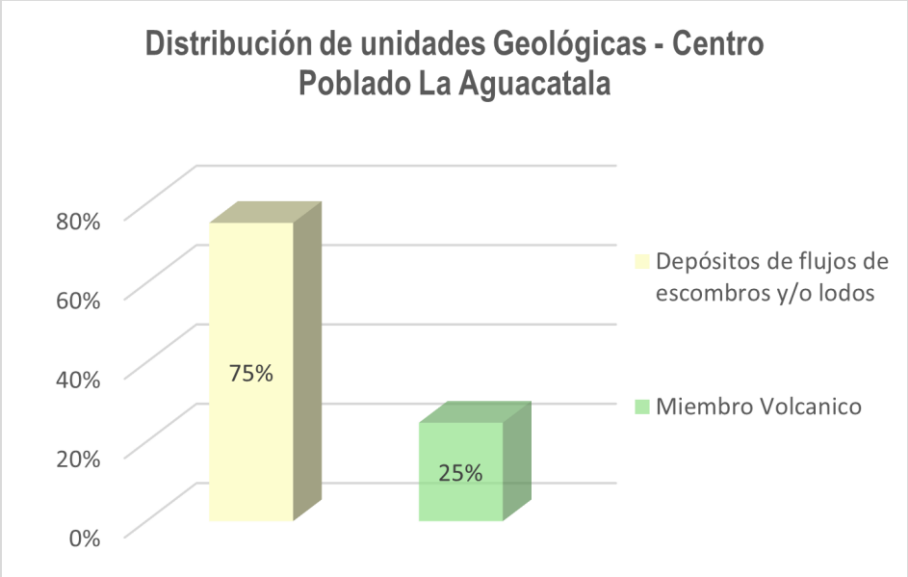
A continuación, se describen el % que representa cada unidad geológica en el centro poblado.

Tabla 20. Representación de cada unidad geológica en porcentaje del centro poblado La Aguacatala.

Centro Poblado La Aguacatala		
Unidad Geológica	**Área (Hectáreas)**	**Porcentaje**
Depósitos de flujos de escombros y/o lodos	0,66	75%
Miembro Volcánico	0,22	25%

Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Gráfico 3. Distribución de unidades geológicas en el centro poblado La Aguacatala.



Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.6.1.2. Geomorfología Local

El centro poblado La Aguacatala, se encuentra ubicado regionalmente en el paisaje de montaña, y está representado localmente por lomos denudados de longitud media y conos de flujo de lodos y escombro. Esta zona ha sido afectada fuertemente por procesos de incisión fluvial, generando desestabilidad en los suelos residuales en las partes altas y medias de las laderas.

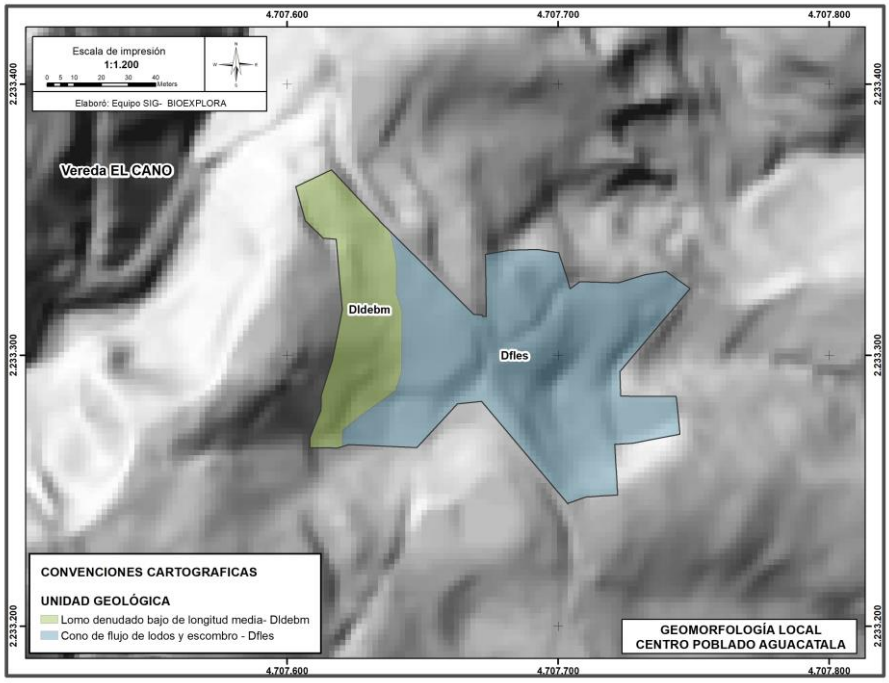


Ilustración 31.Mapa de unidades geomorfológicas del centro poblado La Aguacatala
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

- **Lomo denudado bajo de longitud media (Dldebm)**

Superficie de morfología alomada, convexa, de topes cortos y filosos, con laderas de longitudes medias, pendientes moderadas a muy empinadas, muy rugosas, localizada en la parte media de la vertiente. Esta unidad cubre aproximadamente 2200m2, siendo la geoforma de menor extensión, representado el 25% del centro poblado. Estos lomos, han sufrido fuertes procesos denudativos por parte de la acción fluvial, generando que en sus laderas se produzcan movimientos en masa de los suelos residuales a diferentes escalas.

- **Cono de flujo de lodos y escombro (Dfles)**

Geoforma ondulada, localizada a lo largo de la vertiente. Se caracteriza por presentar pendientes suaves, con algunos sectores que alcanzan a estar empinados, con una rugosidad casi uniforme. Estos depósitos están conformados por una matriz arcillosa de color café amarillento que envuelve bloques de 20cm, de composición basáltica a andesítica.

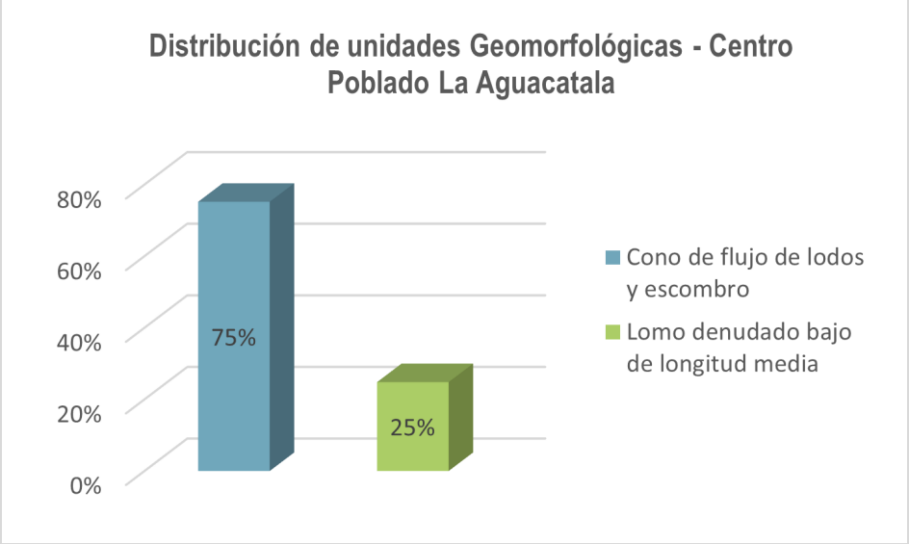
A continuación, se presenta la distribución porcentual de cada unidad geomorfológica en el centro poblado.

Tabla 21. Representación de cada unidad geomorfológica en porcentaje del centro poblado La Aguacatala.

Centro Poblado La Aguacatala		
Unidad Geomorfológica	**Área (Hectáreas)**	**Porcentaje**
Cono de flujo de lodos y escombro	0,66	75%
Lomo denudado bajo de longitud media	0,22	25%

Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Gráfico 4. Distribución de unidades geomorfológicas en el centro poblado La Aguacatala.



Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.6.1.3. Procesos morfodinámicos

Asociado a las características topográficas y geomorfológicas de este centro poblado, el cual se localiza hacia la parte media del lomo, no se identifican procesos morfodinámicos activos que comprometan la estabilidad de este. Sin embargo, debido a los suelos residuales desarrollados en la zona y las altas pendientes se pueden presentar movimientos en masa en épocas de alta pluviosidad, generando desestabilidad en las laderas.

2.4.6.1.4. Zonificación de amenaza por movimiento en masa

La zonificación de amenaza por eventos de movimiento en masa se realizó utilizando la metodología mencionada anteriormente, donde la mayor parte de la amenaza por este tipo de evento para el centro poblado está asociada a las zonas de mayor pendiente, estando sobre los suelos residuales del miembro

Volcánico. La amenaza alta representa el 35% del área, siendo sectores con inclinaciones en promedio de 30-45°, la amenaza media representa el 65% del área total del centro poblado, siendo así la de mayor extensión, la amenaza baja no se clasifico debido a que no hay presentes áreas planas o con poca inclinación.

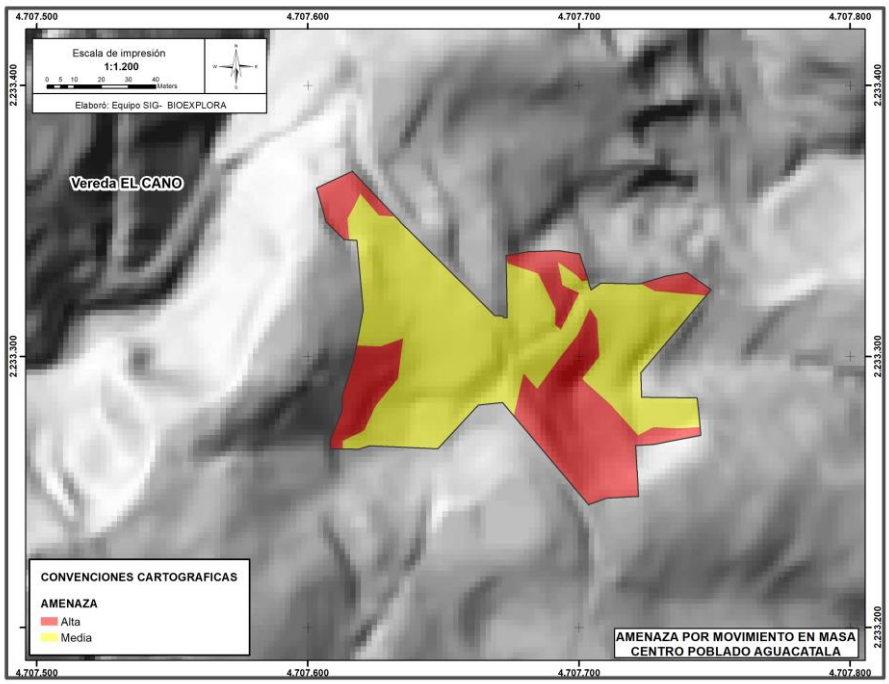
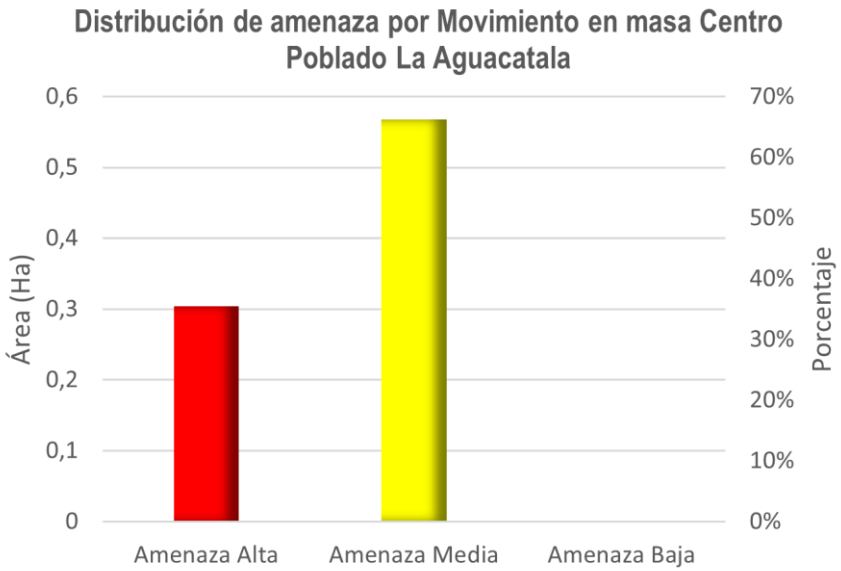


Ilustración 32.Mapa de amenaza por movimientos en masa para el centro poblado La Aguacatala.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Gráfico 5. Distribución porcentual de amenaza por Movimiento en masa en el centro poblado La Aguacatala.



Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.6.1.5. Zonificación de amenaza por inundación y avenida torrencial

De acuerdo con la amenaza por inundación en el municipio, el centro poblado La Aguacatala no presenta amenaza por eventos de inundación, esto es producto a que no se encuentra asociada a ninguna quebrada cercana con potencial inundable, reflejada en la ausencia de depósitos de origen aluvial.

Del mismo modo la amenaza por eventos torrenciales, no se encuentra afectando a la zona, producto de la lejanía con los cauces principales.

2.4.6.2. Centro poblado La Chuscala

2.4.6.2.1. Geología Local

La geología del centro poblado La Chuscala, está conformada en su totalidad por depósitos de flujos de escombros y/o lodos de edad Cuaternaria.

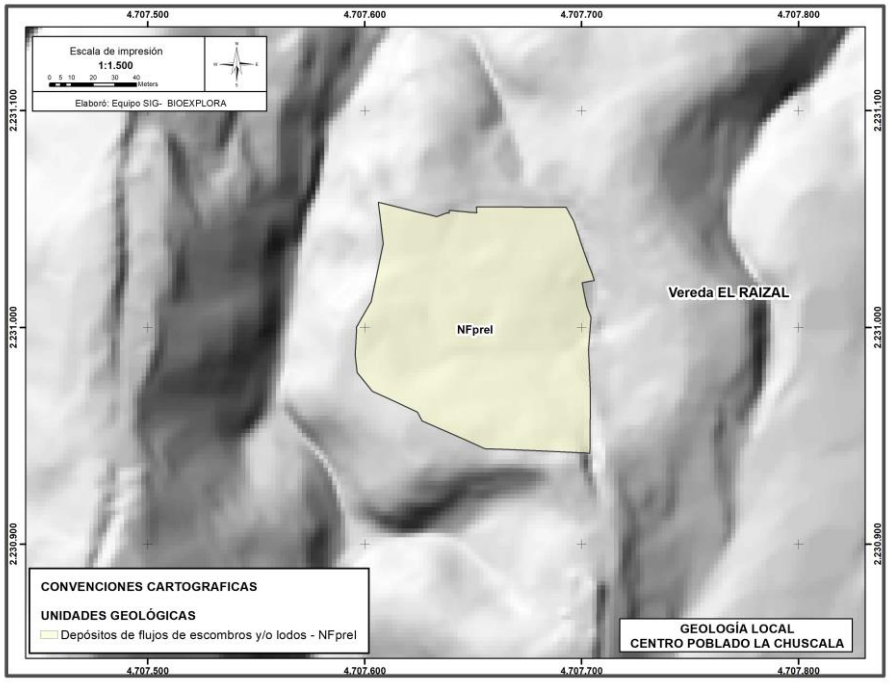


Ilustración 33.Mapa de unidades geológicas del centro poblado La Chuscala.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

- **Depósitos de flujos de escombros y/o lodos (NFprel)**

Los depósitos de flujo de escombro y/o lodos cubren aproximadamente un área de 10400m2, representando el 100% del centro poblado. Estos se encuentran suprayaciendo y en contacto discordante con el miembro Volcánico. Litológicamente se caracterizan por presentar una matriz arcillosa de color café oscuro con zonas claras, envolviendo clastos muy meteorizados y redondeados de tamaño de hasta 7cm; esta unidad presenta una humedad alta a lo largo de la zona. Estos depósitos son producto de la saturación del suelo en las partes altas de las vertientes, que por sus propiedades mecánicas tienden a moverse como un flujo.

Ilustración 34.Depósitos de flujo de lodo y escombro, localizados en la vereda La Chuscala.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

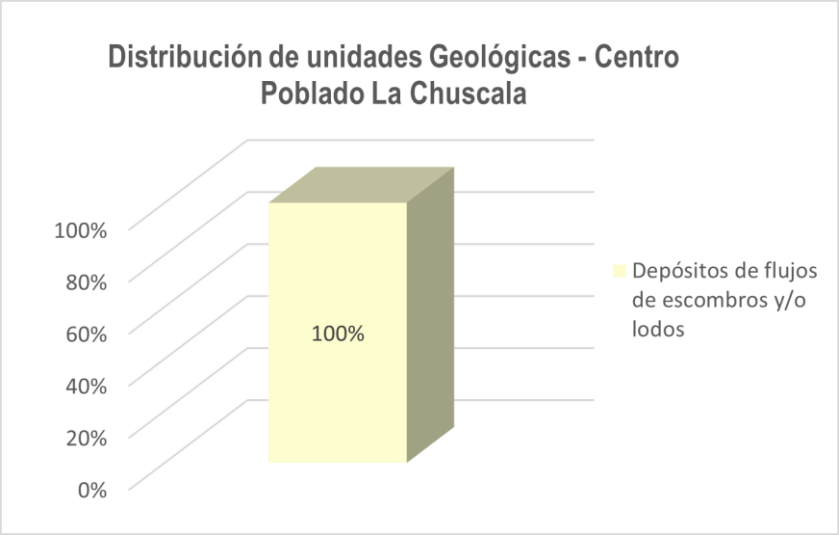
A continuación, se describen el % que representa cada unidad geológica en el centro poblado.

Tabla 22. Representación de cada unidad geológica en porcentaje del centro poblado La Chuscala.

Centro Poblado La Chuscala		
Unidad Geológica	**Área (Hectáreas)**	**Porcentaje**
Depósitos de flujos de escombros y/o lodos	1,04	100%

Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Gráfico 6. Distribución de unidades geológicas en el centro poblado La Chuscala.



Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.6.2.2. Geomorfología Local

El centro poblado La Chuscala se encuentra ubicado regionalmente en el paisaje de montaña del Valle de Aburrá, representado por la subunidad de conos de flujo de lodos y escombro. Localmente se diferencian dos tipos de geoformas asociadas al nivel de inclinación que presentan los depósitos en esta zona, siendo así superficies suaves en depósitos poco incisados y superficies moderadas en depósitos poco incisados.

El área ha sido afectada moderadamente por procesos de incisión fluvial, infiltración y acción de agentes como el viento.

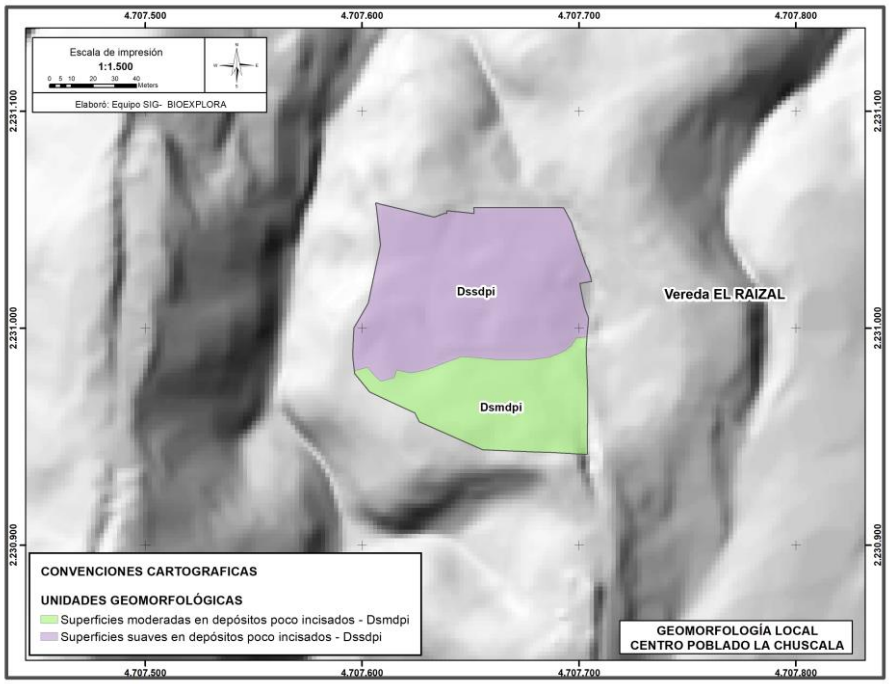


Ilustración 35.Mapa de unidades geomorfológicas del centro poblado La Chuscala.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

- **Superficies suaves en depósitos poco incisados (Dssdpi)**

Superficie de morfología plana a ondulada, localizada a lo largo del centro poblado, cubriendo aproximadamente 0,69ha, siendo así la unidad de mayor extensión. Se caracteriza por presentar vertientes suaves con inclinaciones entre 5-15°, siendo de rugosidad uniforme producto de la explanación realizada para la construcción de viviendas en la parte baja.

- **Superficies moderadas en depósitos poco incisados (Dsmdpi)**

Superficie de morfología ondulada a quebrada, localizada en la parte sur de la zona, cubriendo aproximadamente 0,35 ha, siendo así la unidad de menor extensión. Se caracteriza por presentar vertientes moderadas con inclinaciones entre 15-30°, con superficies moderadamente rugosas y convexas; esta unidad presenta un uso destinado a la ganadería, en la cual se observan procesos de aguas superficiales.

Ilustración 36. Superficies moderadas en depósitos poco incisados.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

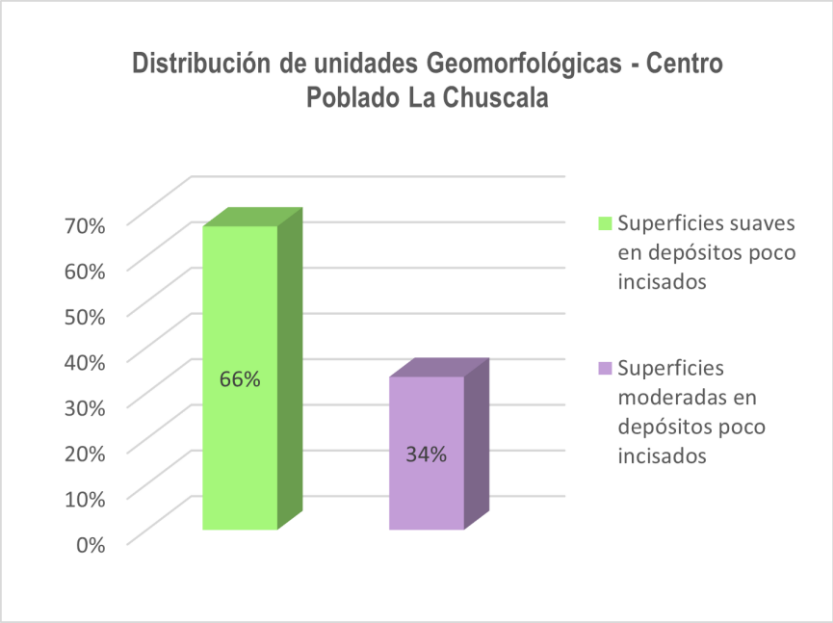
A continuación, se presenta la distribución porcentual de cada unidad geomorfológica en el centro poblado.

Tabla 23. Representación de cada unidad geomorfológica en porcentaje del centro poblado La Chuscala.

Centro Poblado La Chuscala		
Unidad Geomorfológica	**Área (Hectáreas)**	**Porcentaje**
Superficies suaves en depósitos poco incisados	0,69	66%
Superficies moderadas en depósitos poco incisados	0,35	34%

Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Gráfico 7. Distribución de unidades geomorfológicas en el centro poblado La Chuscala.



Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.6.2.3. Procesos morfodinámicos

En el centro poblado La Chuscala, no se observan procesos de remoción en masa activos. Sin embargo, la fuerte incisión que se desarrolla sobre los materiales de la zona ha generado altas pendientes en las laderas que pueden desencadenar deslizamientos.

2.4.6.2.4. Zonificación de amenaza por movimientos en masa

Se observa que el centro poblado se caracteriza por estar en su mayoría en una zona de amenaza alta, dada por las pendientes empinadas generadas por la incisión de la quebrada adyacente, la cual está removiendo los materiales más meteorizados del miembro Volcánico. La amenaza media en la zona está dada en las zonas de vertientes moderadas con grados de inclinación entre 15-30° y la amenaza baja, se encuentra asociada a zonas planas o vertientes suaves.

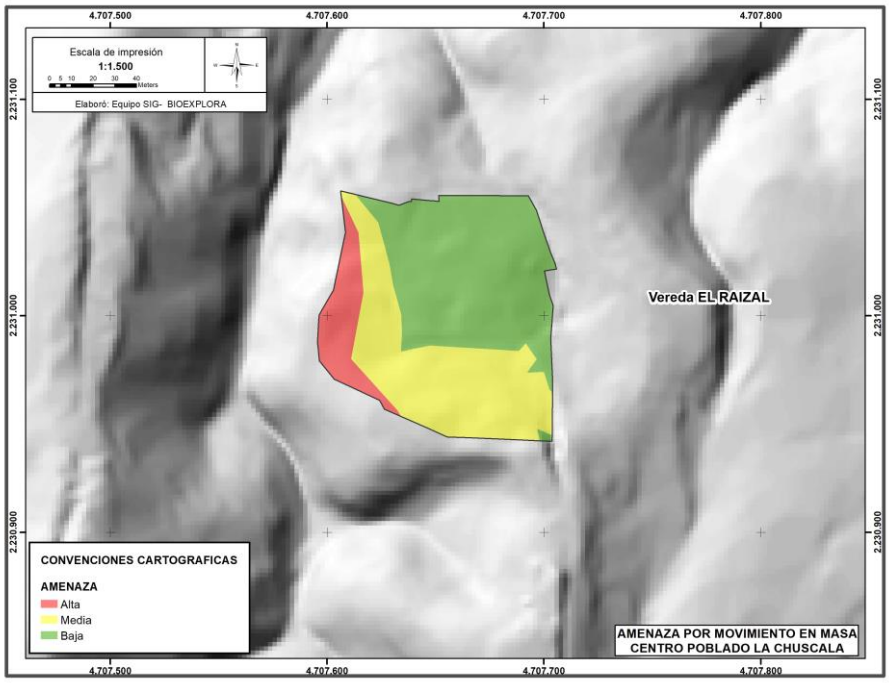
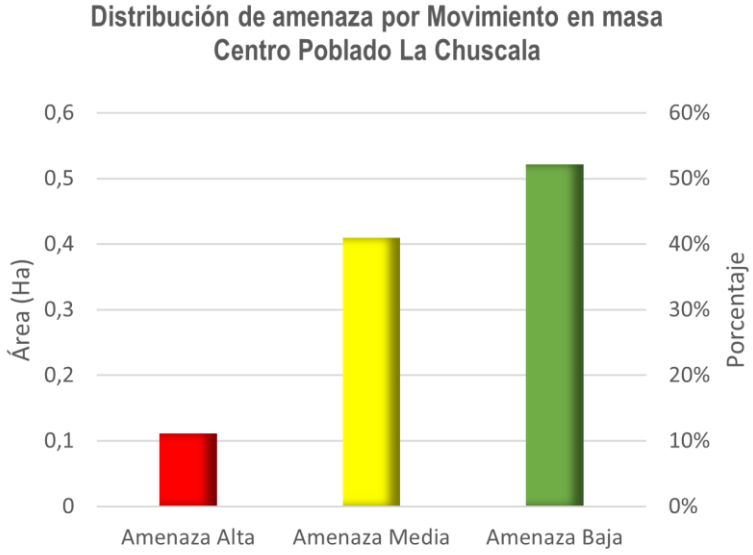


Ilustración 37.Mapa de amenaza por movimiento en masa para el centro poblado La Chuscala.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Gráfico 8. Distribución porcentual de amenaza por Movimiento en masa en el centro poblado La Chuscala.



Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.6.2.5. Zonificación de amenaza por inundación y avenida torrencial

Para el centro poblado La Chuscala no se presentan amenazas por inundación y avenidas torrenciales. En las zonas aledañas a la zona de estudio se encuentran afluentes que por su dinámica fluvial y según las evidencias geomorfológicas no tienen la capacidad de generar un potencial destructible e inundable. La mancha de inundación y de torrencialidad que se encuentra más cercana se localiza al norte de la zona de estudio, y se encuentra restringido a los depósitos torrenciales generados por la dinámica de la quebrada la Chuscala.

2.4.6.3. Centro poblado La Clara

2.4.6.3.1. Geología Local

La geología del centro poblado la Clara está conformada por diferentes materiales que van desde rocas metamórficas representado por los esquistos de Caldas hasta los depósitos recientes como los depósitos aluviales, aluviotorrenciales y de deslizamiento.

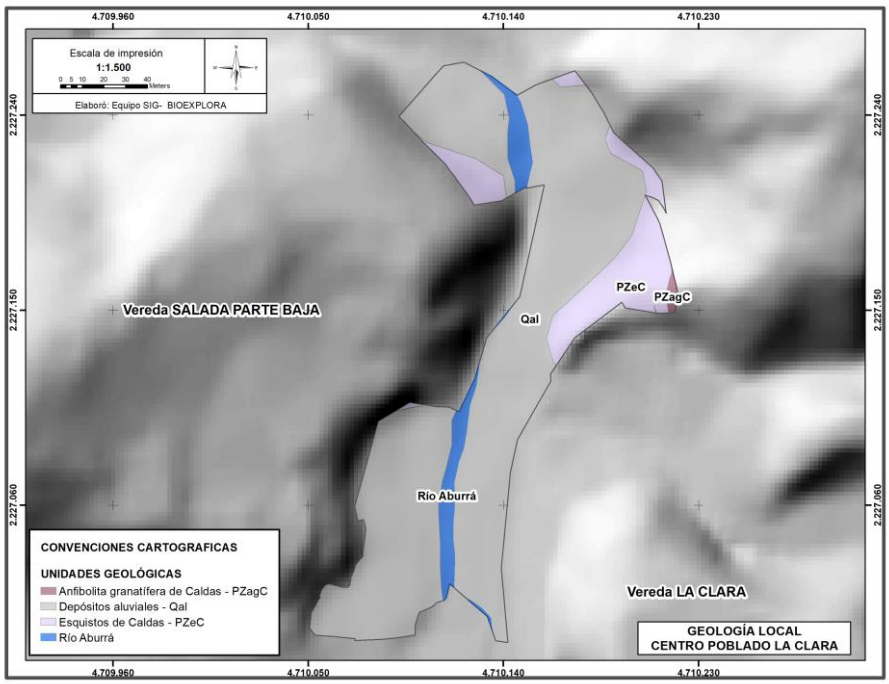


Ilustración 38.Mapa de unidades geológicas del centro poblado La Clara.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

- **Anfibolita Granatífera de Caldas (PZagC)**

Son rocas de textura principalmente gnéisica, aunque localmente grada a una textura esquistosa muy bien definida. En esta unidad se han desarrollado todos los horizontes del perfil de meteorización, observando la roca fresca en algunas zonas hasta el horizonte VI, es decir suelo residual. En zonas de mayor pendiente el perfil de meteorización es poco espeso, donde se desarrolla principalmente un horizonte V, con espesores entre dos y tres metros, reposando sobre un horizonte II y I, el cual se encuentra generalmente fracturado. En las vertientes de menor pendiente y en especial hacia las divisorias amplias, se observa un perfil de meteorización de mayor espesor, desarrollando horizontes tipo VI y V.

- **Esquistos de Caldas (PZeC)**

Esta unidad aflora en la margen izquierda del río Aburrá a la altura de la vereda la Clara. Se encuentra ubicada en la base de la secuencia, infrayaciendo los depósitos aluviotorrenciales y aluviales (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), el espesor no es posible determinarlo debido a que solo aflora en la base de la secuencia. Presenta una dirección de buzamiento hacia el SW, con cristales de moscovita y con colores verdes que indican alteración de las micas como la biotita.

Ilustración 39.Esquistos de Caldas, ubicados en la margen izquierda del río Aburrá a la altura del centro poblado La Clara.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

- **Depósitos aluviotorrenciales (Qat)**

Esta unidad se presenta sobre el margen del rio Aburrá, en cuerpos aislados de tamaño variable que presentan composición dominada por bloques de diferente composición, con un tamaño que varía entre 10-50 cm, angulosos, con esfericidad media, envueltos en una matriz arcillosa. Se encuentran en contacto discordante con los esquistos de Caldas e infrayaciendo en algunas partes de la secuencia a los depósitos aluviales. Son producto de la depositación en las partes bajas de los bloques transportados por el río Aburrá en eventos de alta energía.

Ilustración 40.Depósitos aluviotorrenciales suprayaciendo los esquistos de Caldas, localizados en la margen derecha del río Aburrá a la altura del centro poblado La Clara.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

- **Depósitos aluviales (Qal)**

Esta unidad corresponde a los depósitos de origen más reciente, cubren un área aproximada de 40000m2, siendo así la de mayor de extensión en la zona. Se ubican en forma dispersa a lo largo del tope de la secuencia y se caracterizan por presentar una matriz limo-arcillosa de color café, con clastos menores a un 1cm. Corresponden a la actual llanura de inundación y son producto de la depositación de sedimentos finos, asociados a la dinámica fluvial del río Aburrá.

Ilustración 41.Depósitos aluviales formados por la sedimentación de material fino por parte del río Aburrá y sus quebradas adyacentes. Localizada a la altura del centro poblado La Clara.

Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

- **Río Aburrá**

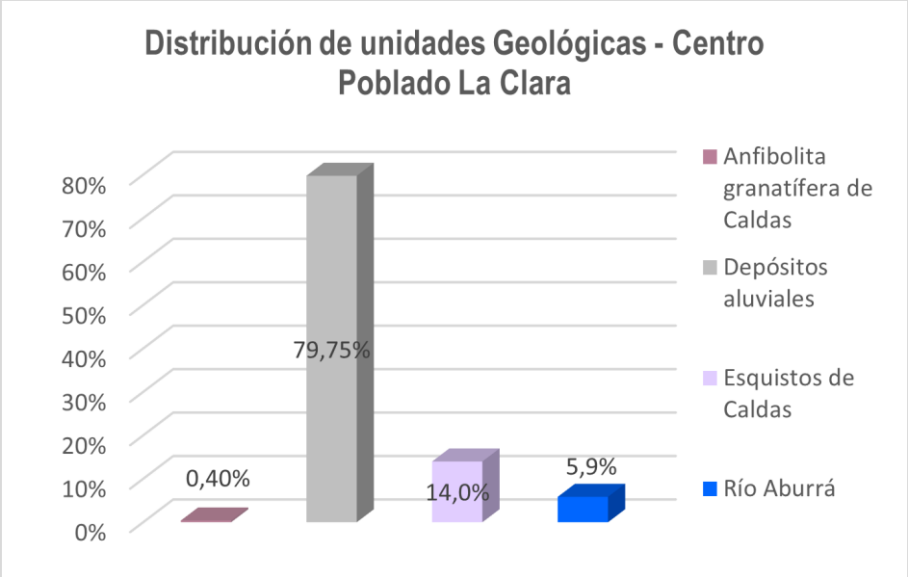
Se observa el cauce aluvial, representado en la zona por el río Aburrá. A continuación, se describen el % que representa cada unidad geológica en el centro poblado.

Tabla 24. Representación de cada unidad geológica en porcentaje del centro poblado La Clara.

Centro Poblado La Clara		
Unidad Geológica	**Área (Hectáreas)**	**Porcentaje**
Anfibolita Granatífera de Caldas	0,01	0,4%
Depósitos aluviales	1,36	79,7%
Esquistos de Caldas	0,24	14,0%
Río Aburrá	0,1	5,9%

Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Gráfico 9. Distribución de unidades geológicas en el centro poblado La Clara.



Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.6.3.2. Geomorfología Local

El centro poblado La Clara se encuentra ubicado en ambas márgenes del río Aburrá, asentados sobre la llanura de inundación, caracterizándose por estar afectada por inundaciones periódicas que afectan a la comunidad. Se tienen principalmente dos ambientes geomorfológicos, los cuales están controlando la dinámica del modelamiento, primero está el ambiente predominante el cual es fluvial, controlado por el río Aburrá, el cual presenta en este tramo un patrón de drenaje meándrico; sus procesos predominan en la zona plana, generando subunidades como la llanura de inundación. El otro ambiente que modela la zona es el denudacional, asociado a procesos erosivos y gravitacionales, a partir de estos procesos se generaron las subunidades geomorfológicas como los lomos denudados.

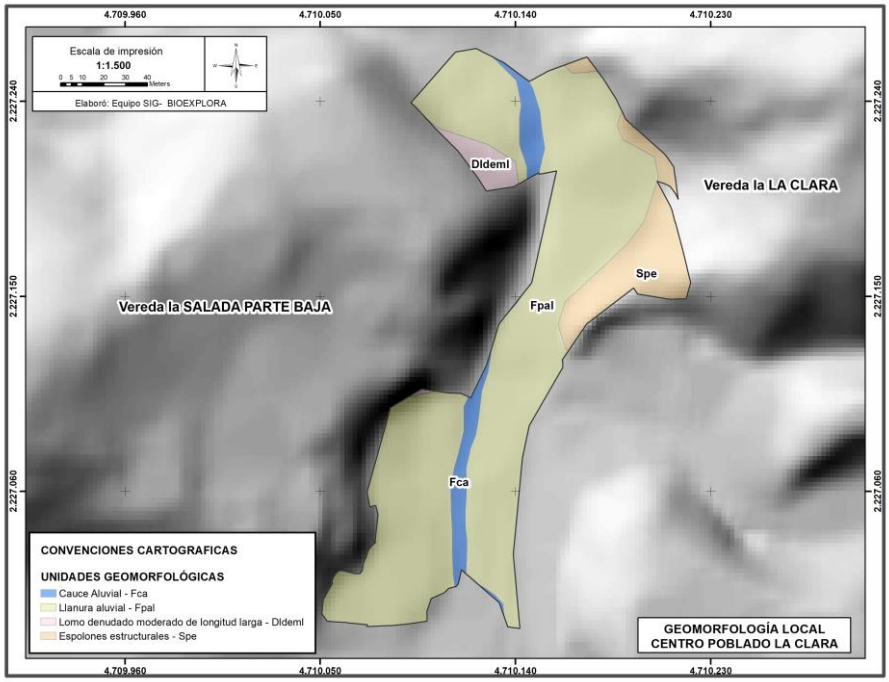


Ilustración 42.Mapa de unidades geomorfológicas del centro poblado La Clara.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

- **Cauce aluvial (Fca)**

Superficie de agua. uniforme, limitada en ambos extremos por la llanura aluvial, cubriendo aproximadamente 5,9% del área. Se caracteriza por ser un canal irregular excavado por la erosión del Río Aburrá, el cauce es de tipo meándrico, debido a cambios en la dirección de flujo del suelo urbano.

- **Espolones estructurales (Spe)**

Esta unidad a nivel del centro poblado presenta una morfología empinada, con laderas cortas entre 17 y 20m de longitud, las vertientes se caracterizan por ser de pendiente moderada a empinada, de forma cóncava en su base y convexa al tope, con inclinaciones entre 15-45°. Esta unidad se encuentra afectada por agentes erosivos tales como agua de origen pluvial y socavación por parte de la quebrada La Clara.

- **Llanura aluvial (Fpal)**

Geoforma formada por la dinámica fluvial del río Aburrá, la cual frente a eventos de crecientes puede ser inundada. Se caracteriza por ser de morfología plana, con pendientes suaves entre 5-15° y en donde se encuentra asentado la mayoría de la comunidad de la Clara.

Ilustración 43.Llanura aluvial formada por la dinámica del río Aburrá.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

- **Lomo denudado moderado de longitud larga (Dldeml)**

Esta geoforma a nivel de centro poblado se observa como una vertiente de unos 10 m de altura y de unos 16 m de largo, con inclinaciones en promedio de 25°, localizándose en la parte noroeste de la zona y cubriendo aproximadamente el 2,7% del área.

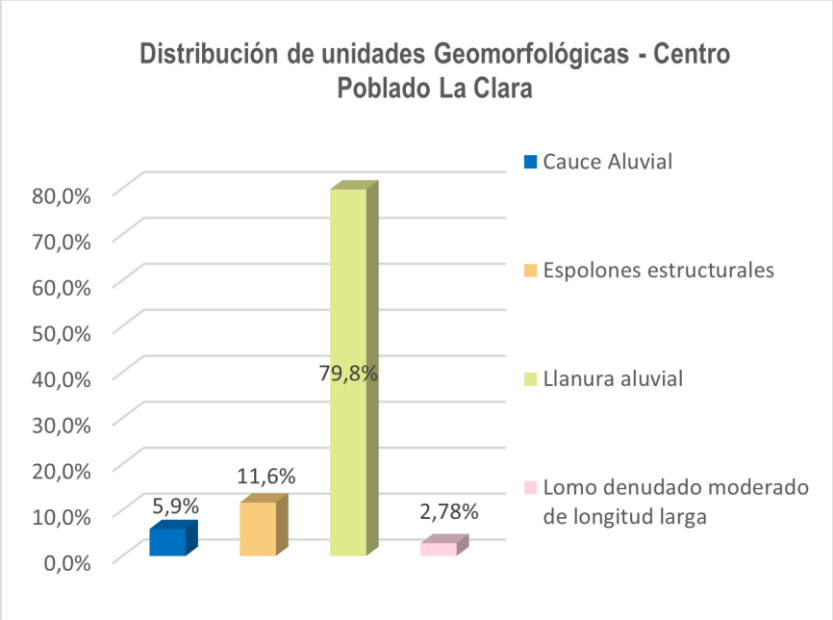
A continuación, se presenta la distribución porcentual de cada unidad geomorfológica en el centro poblado.

Tabla 25. Representación de cada unidad geomorfológica en porcentaje del centro poblado La Clara.

Centro Poblado La Clara		
Unidad Geomorfológica	**Área (Hectáreas)**	**Porcentaje**
Cauce Aluvial	0,10	5,9%
Espolones estructurales	0,20	11,6%
Llanura aluvial	1,36	79,8%
Lomo denudado moderado de longitud larga	0,05	2,7%

Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Gráfico 10. Distribución de unidades geomorfológicas en el centro poblado La Clara.



Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.6.3.3. Procesos morfodinámicos

En el centro poblado la Clara, se observan procesos de socavación lateral, el material poco competente conformado por unos depósitos matriz soportados son lavados por el cauce, generando la desestabilización de la banca.

2.4.6.3.4. Zonificación de amenaza por movimientos en masa

El centro poblado La Clara se encuentra en su mayoría ubicado sobre una zona de amenaza baja, la cual está dada por las zonas de baja pendiente con inclinaciones entre 0-15°, correspondientes a la unidad geomorfológica llanura aluvial. Las áreas que se encuentran en amenaza media están representadas en las zonas próximas a las unidades de morfología alomada con pendientes suaves a moderadas, por último, las zonas de amenaza alta, las cuales cubren el 12% del área, se asocian a las vertientes con pendientes moderadas a empinadas.

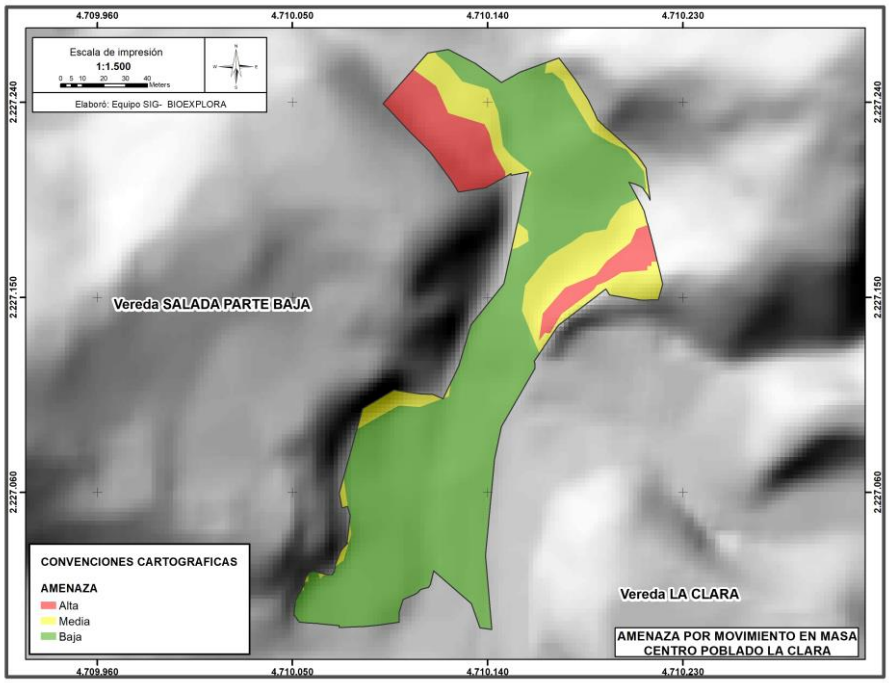
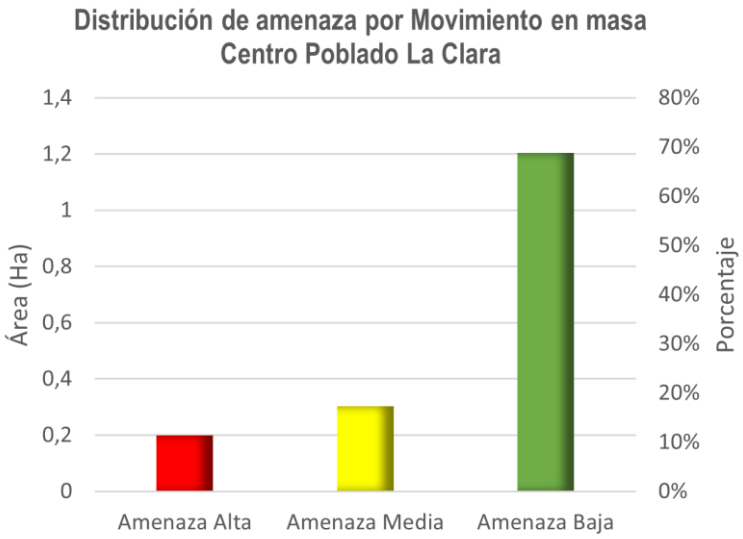


Ilustración 44.Mapa de amenaza por movimiento en masa para el centro poblado La Clara
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Gráfico 11. Distribución porcentual de amenaza por Movimiento en masa en el centro poblado La Clara.



Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.6.3.5. Zonificación de amenaza por inundación y avenida torrencial

El centro poblado La Clara se encuentra en su mayoría clasificada en amenaza alta por inundación (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), asociado a los depósitos aluviales del rio Aburrá en donde se ubica la mayor parte de los habitantes de la zona; el área de esta amenaza se caracteriza por tener pendientes suaves, y superficies uniformes a casi uniformes; la amenaza media y baja en esta zona se encuentran en menor proporción ubicándose en un segundo nivel de terraza, en donde las vertientes presentan pendientes suaves y uniformes.

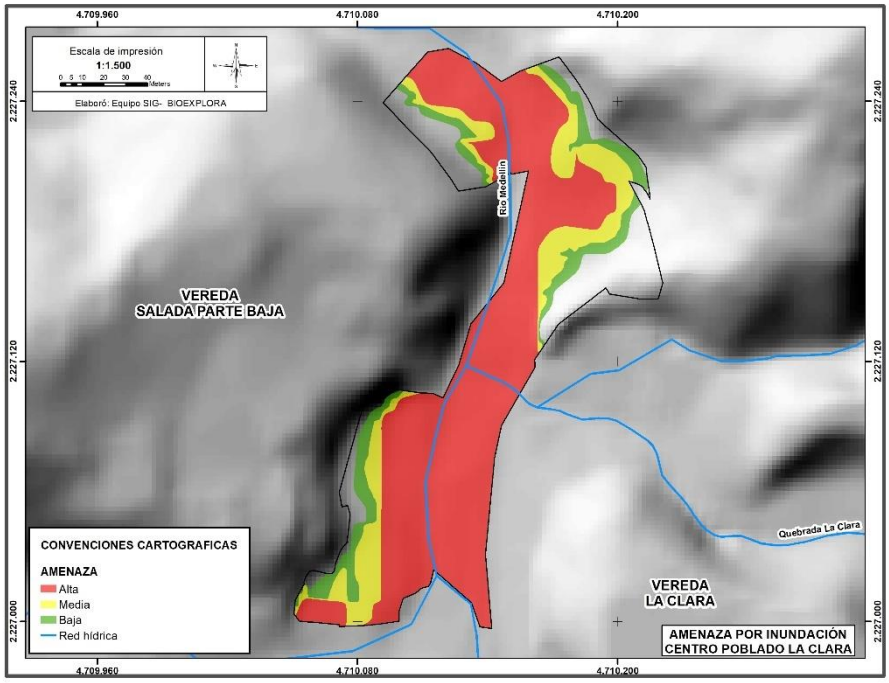
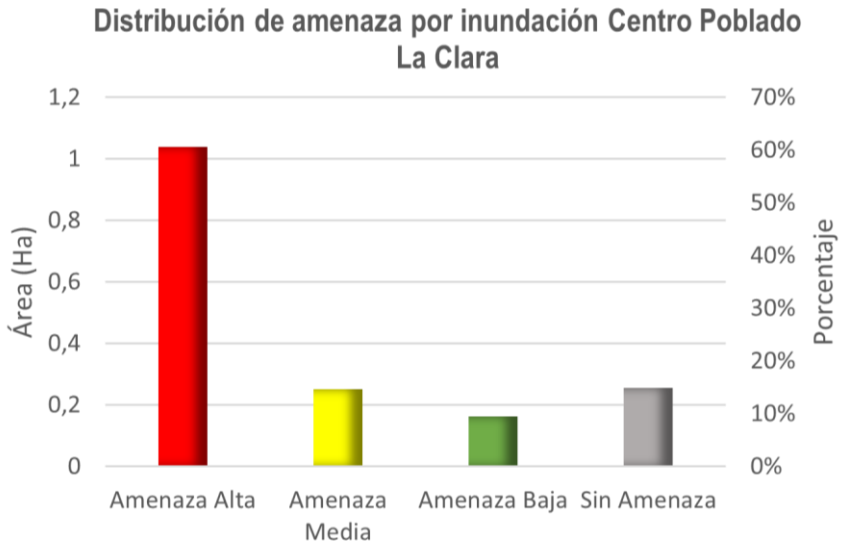


Ilustración 45.Mapa de amenaza por inundación para el centro poblado La Clara.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Gráfico 12. Distribución de amenaza por inundación en el centro poblado La Clara.



Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Para la avenida torrencial se presenta un incremento en todas las amenazas siendo la amenaza alta la que cubre la mayor parte de la zona con un 90,5%, esto es evidenciado por los depósitos aluviotorrenciales presentes, los cuales se encuentran dispersos a lo largo de la secuencia mostrando evidencias de diferentes periodos de energía y de desbordamiento. La amenaza media representa el 2,5%, y se caracteriza por ser zonas de evidencias geomorfológicas, siendo áreas en donde se han depositado sedimentos y bloques por parte del río Aburrá y de la quebrada la Clara. Por último y en menor proporción se presenta la amenaza baja en un 1,8%, la cual se encuentra ubicada en zonas de mayor altura en superficies irregulares.

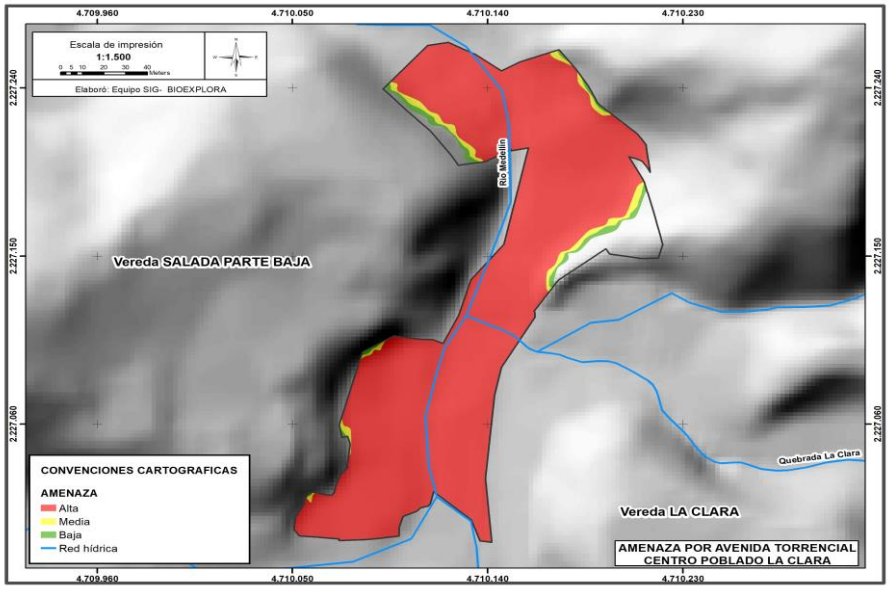
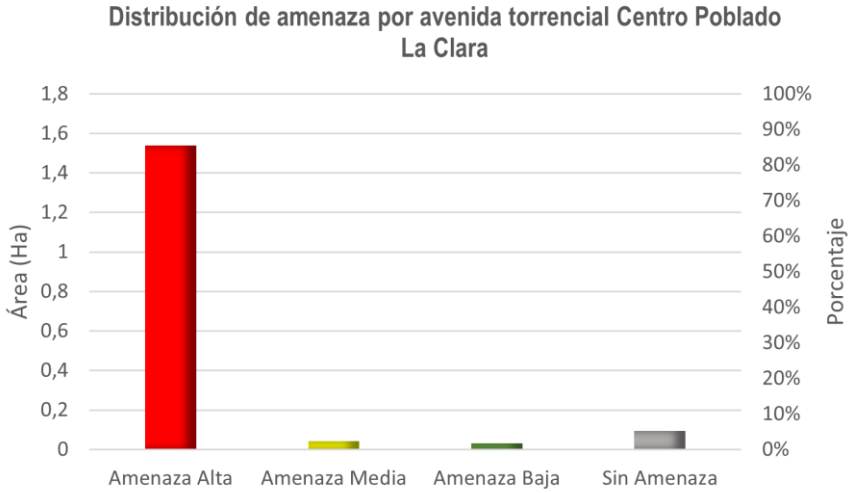


Ilustración 46.Mapa de amenaza por avenida torrencial para el centro poblado La Clara.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Gráfico 13. Distribución de amenaza por avenida torrencial en el centro poblado La Clara.



Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.6.4. Centro poblado La Corrala

2.4.6.4.1. Geología Local

La geología del centro poblado La Corrala está conformada por rocas metamórficas de bajo grado, correspondientes a los esquistos de Caldas y a los depósitos de flujo de lodos y/o escombros.Estas unidades varían de una edad Devónica a Cuaternaria.

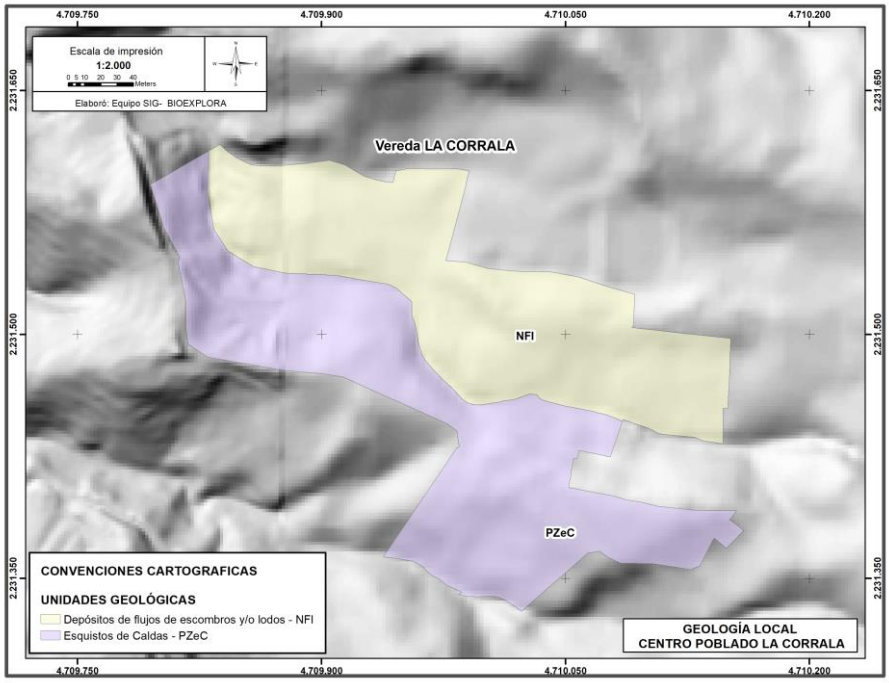


Ilustración 47.Mapa de unidades geológicas del centro poblado La Corrala..
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

- **Depósitos de flujos de escombros y/o lodos (NFI)**

Litológicamente, los depósitos de flujo se encuentran completamente meteorizados desarrollando un suelo residual de depósito; se caracterizan por presentar una matriz limosa de color café amarillento con clastos de tamaño de hasta 6 cm, subangulosos. Esta unidad se encuentra en discordancia con los suelos residuales de los esquistos de Caldas, presentan una extensión de 2,39 ha, representando así el 47% del centro poblado.

- **Esquistos de Caldas (PZeC)**

Corresponden a rocas metamórficas de textura esquistosa, las cuales han sufrido procesos de alteración y descomposición desarrollando un perfil de suelo residual. Se caracteriza por presentar una composición limo-arcillosa de color rojizo de consistencia blanda. En algunos sectores, en cercanías a las quebradas, donde la acción del cauce ha lavado los materiales más meteorizados, se puede observar la roca alterada con un horizonte IV, conservando algunas estructuras de la foliación y estando compuesta por minerales como moscovitas y cuarzo.

Ilustración 48.Suelo residual de los esquistos de Caldas.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

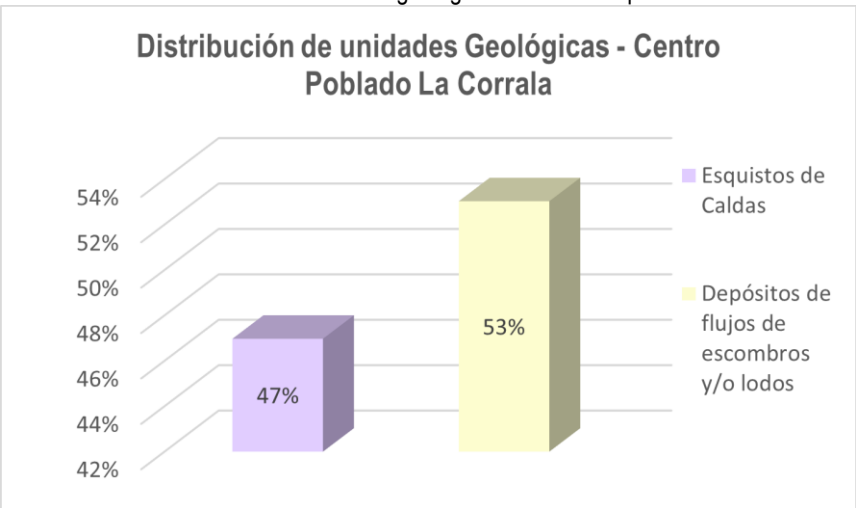
A continuación, se describen el % que representa cada unidad geológica en el centro poblado.

Tabla 26. Representación de cada unidad geológica en porcentaje del centro poblado La Corrala.

Centro Poblado La Corrala		
Unidad Geológica	**Área (Hectáreas)**	**Porcentaje**
Depósitos de flujos de escombros y/o lodos	2,39	47%
Esquistos de Caldas	2,59	53%

Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Gráfico 14. Distribución de unidades geológicas en el centro poblado La Corrala.



Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.6.4.2. Geomorfología Local

El centro poblado La Corrala, se localiza regionalmente sobre lomos denudados y localmente varían a diversas geoformas que se definen según la pendiente y su ubicación en la zona. El área se caracteriza

por ser una zona muy rugosa, con vertientes suaves a empinadas, en donde las geoformas resultantes son producto de los procesos superficiales tales como la erosión fluvial.

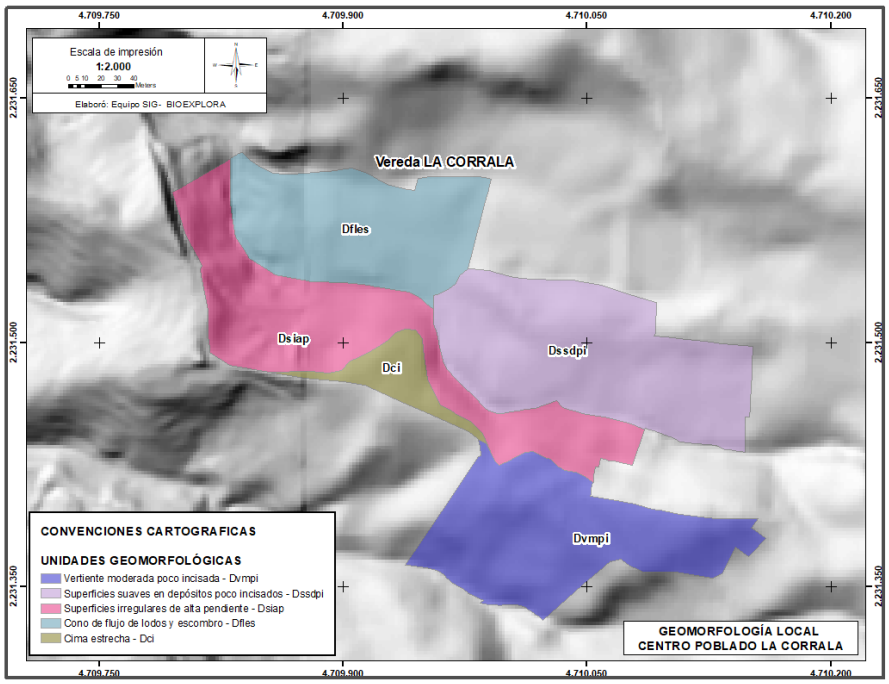


Ilustración 49.Mapa de unidades geomorfológicas del centro poblado La Corrala.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

- **Cima estrecha (Dci)**

Superficie elevada, estrecha, de morfología plana, con pendientes que varían entre 5-15°, de unos 25 m de ancho en promedio, levemente disectada con un patrón subdendrítico, con tipo de relieve muy alto y limitada por laderas moderadamente empinadas. Esta unidad cubre 0,21 ha, siendo así la unidad de menor extensión en la zona.

- **Cono de flujo de lodos y escombro (Dfles)**

Superficie alargada, de morfología ondulada a quebrada, con pendientes suaves a moderadas, uniformes a moderadamente rugosas. Se encuentra localizada en la parte oriental de la zona, y su formación se asocia al transporte y depositación de materiales de tamaño lodo por parte de las aguas de escorrentía. Esta geoforma representa el 20% del centro poblado y se encuentra asociada a los depósitos de flujo de lodos y escombro.

- **Superficies irregulares de alta pendiente (Dsiap)**

Superficie de morfología inclinada, localizada en la parte oeste del centro poblado, cubriendo aproximadamente 1,23 ha. Se caracteriza por presentar vertientes empinadas, convexas, rugosas, con inclinaciones entre 30-45°. Esta geoforma es producto de la incisión generada por la escorrentía superficial y por las quebradas adyacentes, lavando los suelos superficiales y generando zonas de alta pendiente.

- **Superficies suaves en depósitos poco incisados (Dssdpi)**

Superficie de morfología plana a ondulada, localizada en la parte norte del centro poblado, cubriendo aproximadamente 1,40 ha, siendo así la unidad de mayor extensión. Se caracteriza por presentar vertientes suaves con inclinaciones entre 5-15°, convexas y de rugosidad uniforme. Esta geoforma corresponde a los depósitos de flujo de lodo y escombros que se encuentran en la zona.

- **Vertiente moderada poco incisada (Dvmpi)**

Ladera localizada en la vertiente izquierda del centro poblado con dirección a la quebrada La Corrala, cubriendo el 23% de la totalidad del área. Esta geoforma se caracteriza por presentar pendientes y una rugosidad moderada, convexas, con inclinaciones entre 15-30°; la unidad no ha sido afectada por grandes procesos denudativos, siendo los principales agentes de erosión las aguas de escorrentía y la incisión por parte de la quebrada La Corrala.

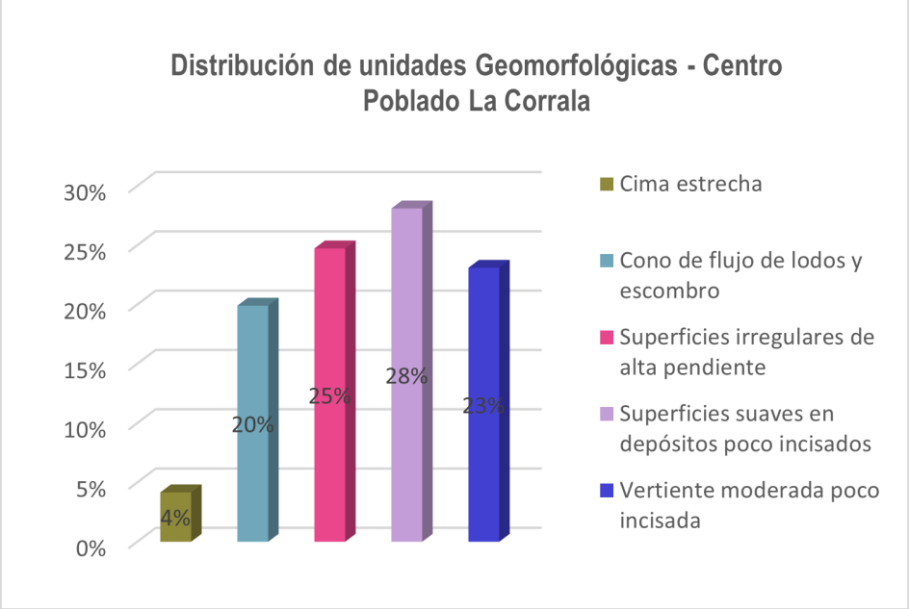
A continuación, se presenta la distribución porcentual de cada unidad geomorfológica en el centro poblado.

Tabla 27. Representación de cada unidad geomorfológica en porcentaje del centro poblado La Corrala.

Centro Poblado La Corrala		
Unidad Geomorfológica	**Área (Hectáreas)**	**Porcentaje**
Cima estrecha	0,21	4%
Cono de flujo de lodo y escombro	0,99	20%
Superficies irregulares de alta pendiente	1,23	25%
Superficies suaves en depósitos poco incisados	1,40	28%
Vertiente moderada poco incisada	1,15	23%

Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Gráfico 15. Distribución de unidades geomorfológicas en el centro poblado La Corrala.



Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.6.4.3. Procesos morfodinámicos

El centro poblado La Corrala, no presenta procesos de remoción en masa. Sin embargo, por su ubicación en el tope de la unidad geomorfológica, se ve afectada en sus laderas por procesos denudativos, representados por la incisión fluvial de las quebradas que desembocan en la Quebrada La Corrala.

2.4.6.4.4. Zonificación de amenaza por movimientos en masa

El centro poblado La Chuscala, se encuentra mayoritariamente dominado por una condición de amenaza baja en un 47,5% ; esta área presenta zonas con vertientes suaves a localmente moderadas, con un patrón convexo y con pendientes entre 0-15°. Las áreas de amenaza por movimientos en masa media representan el 44,5% de la zona, se caracteriza por tener vertientes moderadas a suavizadas, de pendientes entre 15-

30° y por último está la amenaza alta, esta cubre un 8% y está asociada principalmente a las laderas de vertiente empinada, las cuales son de mayor pendiente (30- 45°), producto de la incisión de los cauces que cortan el centro poblado.

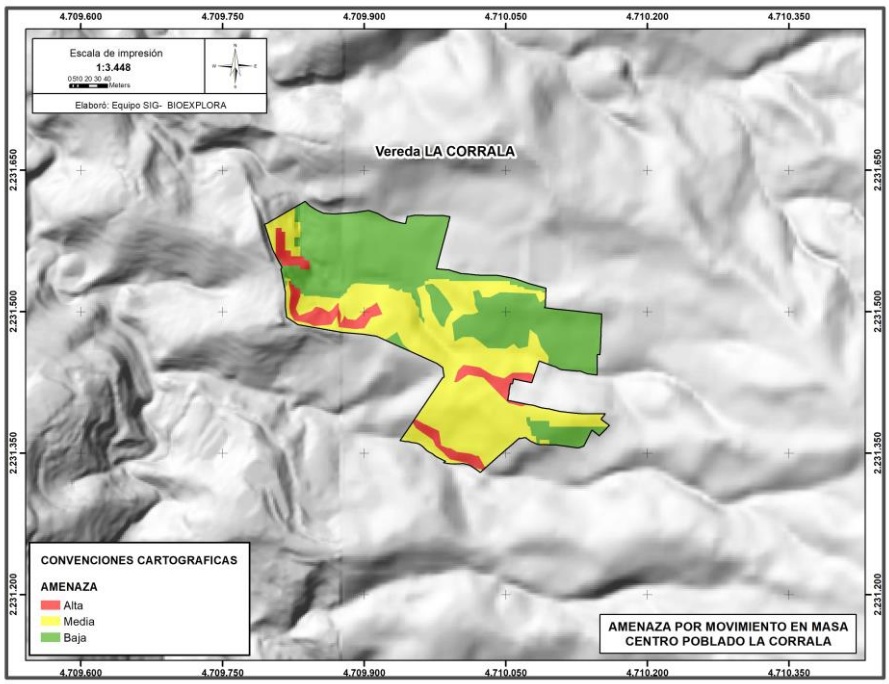
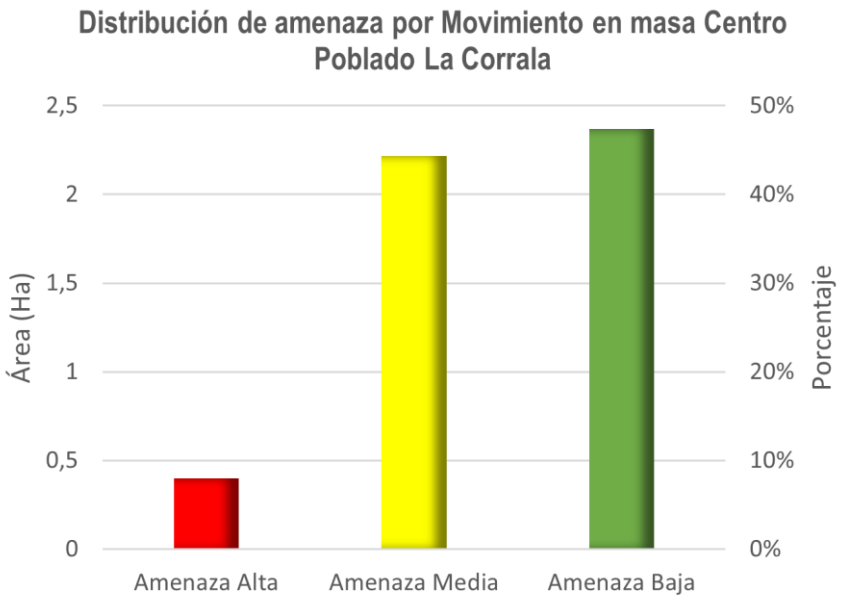


Ilustración 50.Mapa de amenaza por movimiento en masa para el centro poblado La Corrala.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Gráfico 16. Distribución porcentual de amenaza por Movimiento en masa en el centro poblado La Corrala.



Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.6.4.5. Zonificación de amenaza por inundación y avenida torrencial

Para el centro poblado La Corrala no se presenta amenazas por inundación y avenida torrencial, esto es producto a que las quebradas presentes en la zona no cuentan con potencial inundable, reflejada en la ausencia de depósitos de origen aluvial. Del mismo modo la amenaza por eventos torrenciales, no se

encuentra afectando a la zona, y siendo los depósitos más cercanos asociadas al arrastre y depositación de bloques por parte de la quebrada La Corrala.

2.4.6.5. Centro poblado La Miel

2.4.6.5.1. Geología Local

La geología del centro poblado La Miel, está conformada por rocas metamórficas de alto grado, depósitos de flujos de lodos y/o escombros, depósitos aluviales y llenos antrópicos. (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Dichos materiales varían entre una edad del Devónico y el cuaternario.

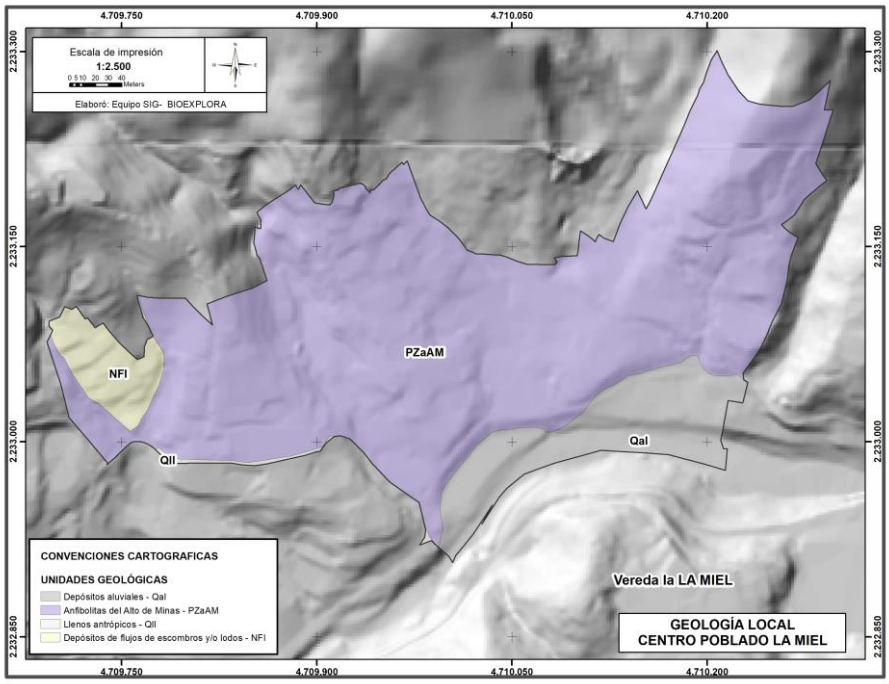


Ilustración 51. Mapa de unidades geológicas del centro poblado La Miel.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

- **Anfibolitas del alto de Minas (PZaAM)**

Esta unidad cubre aproximadamente un área de 86400m2, siendo la de mayor extensión y representando el 83,7% del centro poblado. Se localiza en la parte media de la vertiente en donde predominan los procesos de remoción en masa. Está caracterizada por presentar una textura foliada, esquistosa, compuesta principalmente de cuarzo y micas en abundancia; a lo largo del centro poblado se observan pocos afloramientos, los cuales presentan un grado de meteorización moderado, desarrollando un perfil de meteorización con un horizonte III, el cual no se encuentra fracturado, pero si es fácil desintegrarlo y conserva la foliación.

- **Depósitos aluviales (Qal)**

Los depósitos aluviales se localizan en ambas márgenes de la quebrada La Miel, cubriendo 12000m2. Se caracteriza por presentar una matriz limo-arenosa de color gris claro. Son producto del transporte y depositación del material fino de la quebrada La Miel conformando la llanura de inundación.

- **Depósitos de flujos de escombros y/o lodos (NFI)**

Los depósitos de flujo de escombro y/o lodos cubren aproximadamente un área de 4400m2, representando el 4,3% del centro poblado. Estos se encuentran suprayaciendo y en contacto discordante con las Anfibolitas del alto de Minas. Litológicamente se caracterizan por presentar una matriz arcillosa de color

café oscuro, envolviendo clastos muy meteorizados y redondeados de tamaño de hasta 6cm; esta unidad presenta una humedad alta a lo largo de la zona.

- **Llenos antrópicos (GAn)**

Zona de relleno, ubicada en la margen derecha de la quebrada La Miel, la cual está compuesta de distintos materiales de tamaños variables, y se utiliza para la disposición de diferentes industrias (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). En el área se observan 2 llenos antrópicos, los cuales cubren un área aproximada de 400m2, representando el 0,4% del centro poblado.

Ilustración 52.Lleno antrópico, localizado en el centro poblado La Miel.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

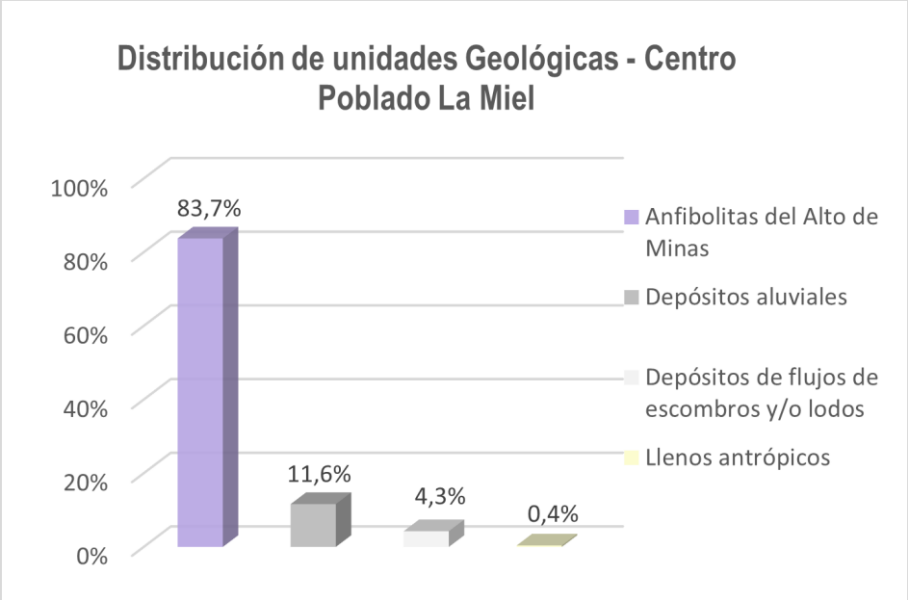
A continuación, se describen el % que representa cada unidad geológica en el centro poblado.

Tabla 28. Representación de cada unidad geológica en porcentaje del centro poblado La Miel.

Centro Poblado La Miel		
Unidad Geológica	**Área (Hectáreas)**	**Porcentaje**
Anfibolitas del Alto de Minas	8,64	83,7%
Depósitos aluviales	1,20	11,6%
Depósitos de flujos de escombros y/o lodos	0,44	4,3%
Llenos antrópicos	0,04	0,4%

Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Gráfico 17. Distribución de unidades geológicas en el centro poblado La Miel.



Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.6.5.2. Geomorfología Local

El centro poblado La Miel se encuentra ubicado sobre diferentes tipos de geoformas, controladas por los diversos agentes denudativos que se presentan en la zona. Las geoformas presentes son las siguientes: Conos de flujo de lodos y/o escombros, cimas amplias, superficies suaves y moderadas en suelo residual, vertientes empinadas, lomos denudados bajos y geoformas de origen antrópico, estas unidades serán explicadas a continuación:

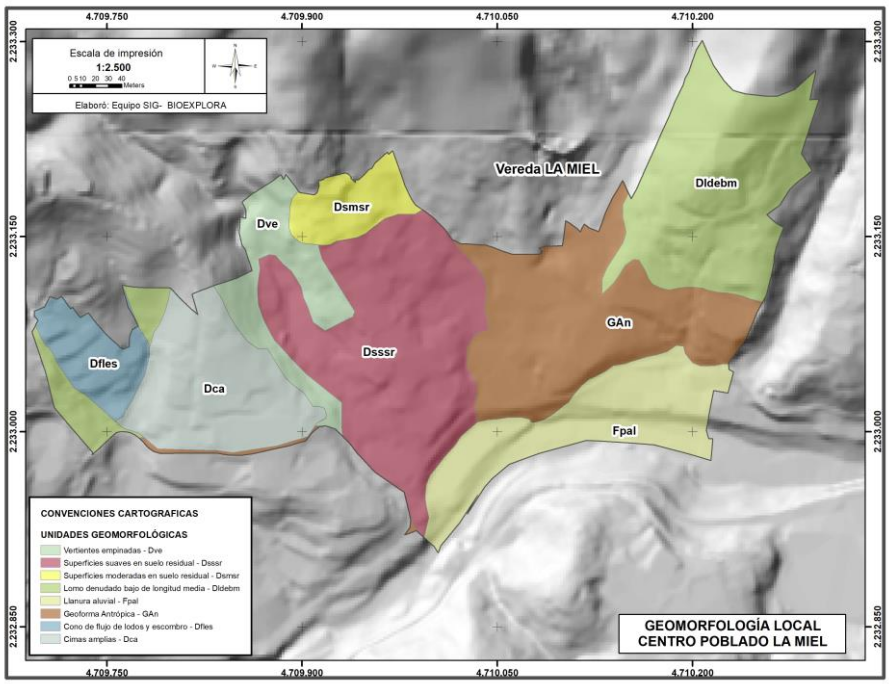


Ilustración 53.Mapa de unidades geomorfológicas en el centro poblado La Miel.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

- **Cono de flujo de lodos y escombro (Dfles)**

Superficie alargada, de morfología ondulada a quebrada, con pendientes suaves a moderadas, uniformes a moderadamente rugosas. Se encuentra localizada en la parte occidental de la zona, y su formación se asocia al transporte y depositación de materiales de tamaño lodo por parte de las aguas de escorrentía. Esta geoforma representa el 4,3% del centro poblado y se encuentra asociada a los depósitos de flujo de lodos y escombro.

- **Cimas amplias (Dca)**

Superficies elevadas de perfil transversal amplio, de morfología plana, convexo, con pendientes que varían entre 5-15°, levemente disectada con un patrón subdendrítico, con tipo de relieve bajo y limitada por laderas moderadamente empinadas a suaves.

- **Geoforma antrópica (GAn)**

Superficie plana, con pendientes suaves a moderadas en algunos sectores, con una rugosidad uniforme, la cual está limitada hacia las partes bajas por la llanura de inundación. Esta unidad cubre 2000m2, representando el 19,4% del centro poblado.

- **Llanura aluvial (Fpal)**

Superficie de morfología plana, con una pendiente entre 5-15° y una rugosidad uniforme. Se encuentra localizada en ambas márgenes de la quebrada la Miel, y se caracteriza por ser una zona de potencial inundable producto de una creciente del cauce.

Ilustración 54.Llanura aluvial de la quebrada La Miel.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

- **Lomo denudado bajo de longitud media (Dldebm)**

Geoforma de morfología alomada, localizada en la parte media a baja de la vertiente, se caracteriza por presentar una forma convexa, de topes cortos y filosos, con laderas de longitudes medias, con vertientes moderadas a empinadas hacia las partes altas y suaves a moderadas en las partes bajas. Esta unidad se localiza en la parte norte, cubriendo aproximadamente el 2,12 ha del centro poblado, representado así el 20,6%. Estas superficies han sufrido fuertes procesos denudativos por parte de la acción fluvial, generando que en sus laderas se produzcan movimientos en masa de los suelos residuales de las Anfibolitas del alto de Minas.

- **Superficies moderadas en suelo residual (Dsmsr)**

Superficie de morfología ondulada a quebrada, localizada en la parte norte del centro poblado, cubriendo aproximadamente 0,40 ha, representando el 3,9% de la zona, siendo así la unidad de menor extensión. Esta unidad se desarrolla sobre los suelos residuales de las anfibolitas del alto de minas y se caracteriza por presentar vertientes moderadas con inclinaciones principalmente entre 15-30°, convexas y de rugosidad moderada.

- **Superficies suaves en suelo residual (Dsssr)**

Superficie de morfología plana a ondulada, localizada en la parte este del centro poblado, cubriendo aproximadamente 2,30 ha, siendo así la de unidad de mayor extensión. Esta unidad se desarrolla sobre los suelos residuales de las anfibolitas del alto de minas y se caracteriza por presentar vertientes suaves con inclinaciones principalmente entre 5-15°, convexas y de rugosidad uniforme.

- **Vertientes empinadas (Dve)**

Superficies inclinadas, con pendientes moderadas a empinadas, convexas, con inclinaciones en promedio mayores a 30°. El grado de evolución de estas geoformas está asociado a la fuerte incisión por parte de la quebrada adyacente, lavando los suelos residuales superficiales de la Anfibolita del alto de Minas y generando fuertes inclinaciones en las laderas.

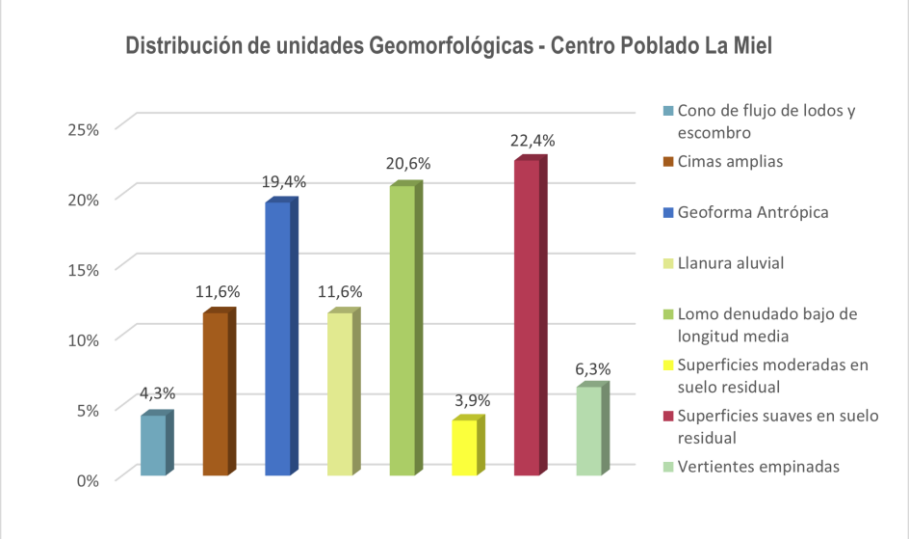
A continuación, se presenta la distribución porcentual de cada unidad geomorfológica en el centro poblado.

Tabla 29. Representación de cada unidad geomorfológica en porcentaje del centro poblado La Miel.

Centro Poblado La Miel		
Unidad Geomorfológica	**Área (Hectáreas)**	**Porcentaje**
Cono de flujo de lodos y escombros	0,44	4,3%
Cimas amplias	1,19	11,6%
Geoforma antrópica	2,00	19,4%
Llanura aluvial	1,20	11,6%
Lomo denudado bajo de longitud media	2,12	20,6%
Superficies moderadas en suelo residual	0,40	3,9%
Superficies suaves en suelo residual	2,30	22,4%
Vertientes empinadas	0,65	6,3%

Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Gráfico 18. Distribución de unidades geomorfológicas en el centro poblado La Miel.



Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.6.5.3. Procesos morfodinámicos

En el centro poblado La Miel, no se observan procesos de remoción en masa activos. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, la fuerte incisión que se presenta en la zona genera que los suelos residuales de las anfibolitas del Alto de Minas sean susceptibles a movimientos en masa. Además, en la parte baja del centro poblado se puede observar procesos de socavación lateral por parte de la quebrada La Miel, generando pérdida progresiva de la banca.

2.4.6.5.4. Zonificación de amenaza por movimientos en masa

La zonificación de amenaza por eventos de movimiento en masa en el centro poblado la Miel, está dominada por categorías de amenaza baja, asociado a zonas de morfología plana a suave, localizadas en las partes bajas de los lomos denudados. La amenaza media, está representada principalmente por las laderas con pendientes moderadas. Por último, la amenaza alta está dada en las zonas empinadas, producto de la fuerte incisión de las quebradas a las laderas lavando los suelos superficiales.

.

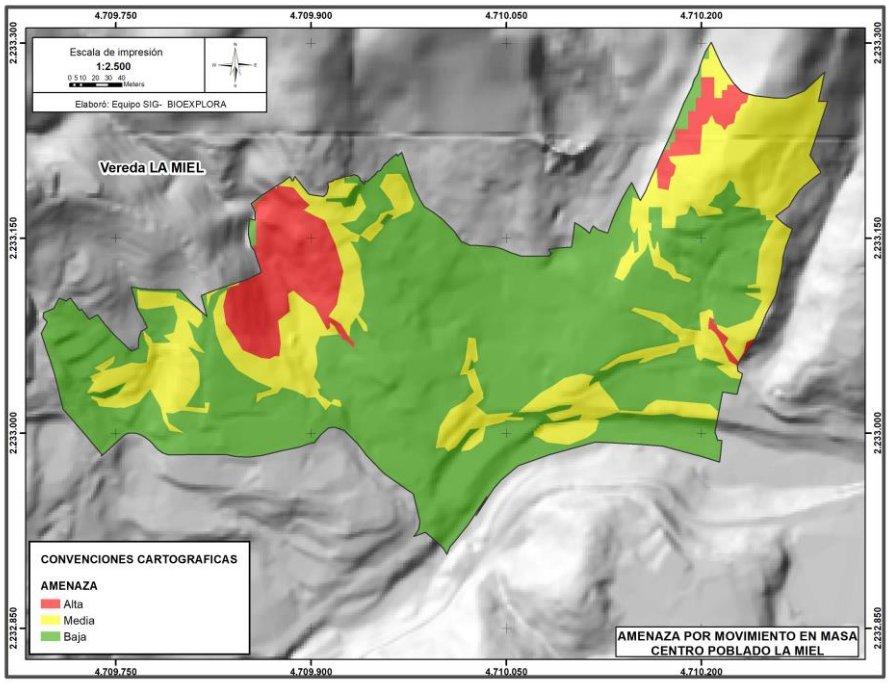
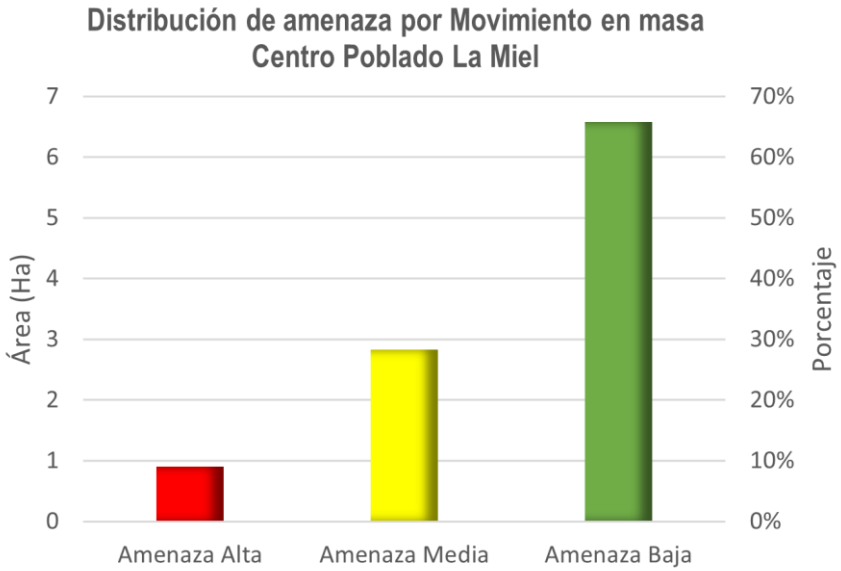


Ilustración 55.Mapa de amenaza por movimiento en masa para el centro poblado La Miel
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Gráfico 19. Distribución porcentual de amenaza por Movimiento en masa en el centro poblado La Miel.



Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.6.5.5. Zonificación de amenaza por inundación y avenida torrencial

Para el centro poblado La Miel se presentan amenazas por inundación y avenida torrencial, siendo la quebrada La Miel el cauce principal que genera este tipo de eventos. La amenaza por inundación está dada principalmente en las zonas bajas en donde se desarrolla la geoforma de la llanura aluvial y están caracterizadas por un ser una zona de topografía

Estas zonas ocupan una considerable extensión de la parte baja de la vertiente, donde se observa una alta densidad de ocupación. Se desarrollan en su totalidad sobre depósitos aluviales y están caracterizadas por una topografía ondulada a plana de pendientes suaves a localmente moderadas, orientadas hacia el fondo del valle. Su favorable configuración geométrica y la presencia de la corriente antes descrita generan unas condiciones favorables para la generación de fenómenos de inundación.

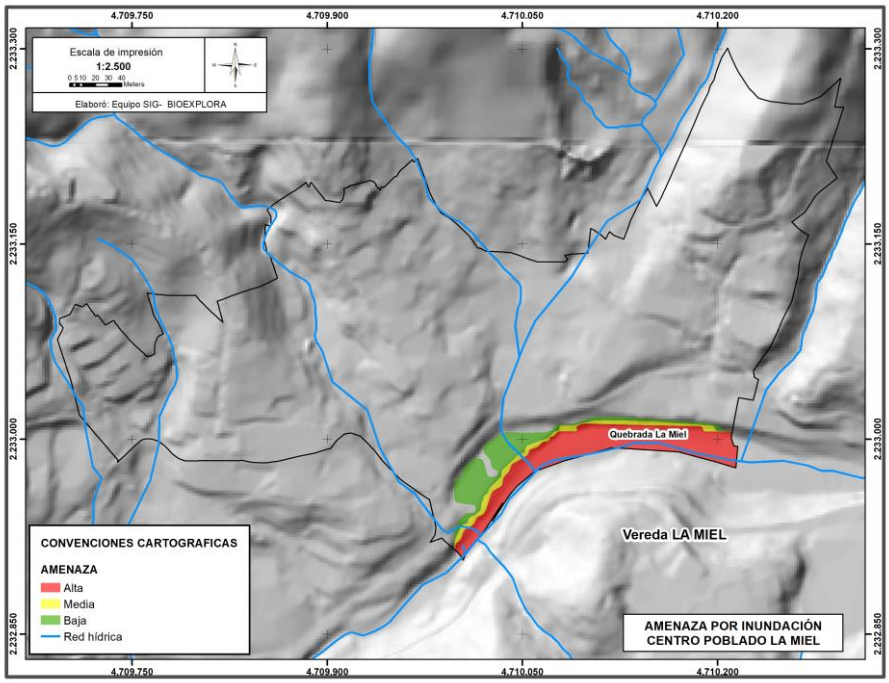
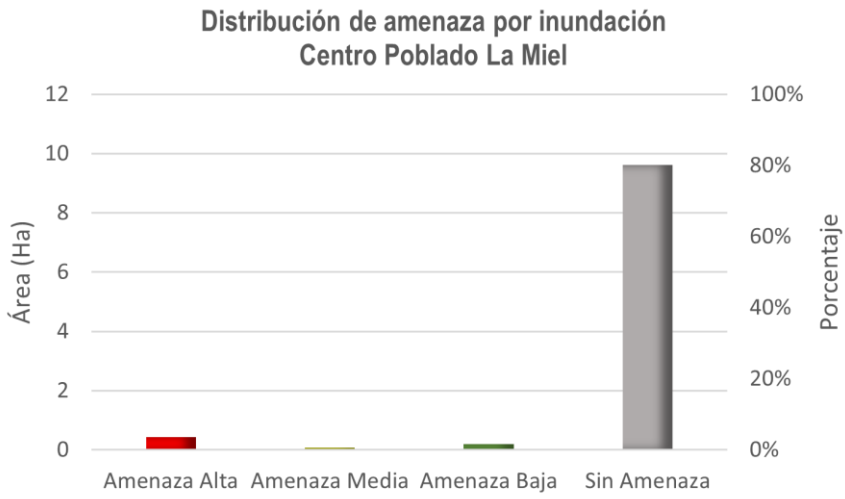


Ilustración 56.Mapa de amenaza por inundación para el centro poblado La Miel
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Gráfico 20. Distribución de amenaza por inundación en el centro poblado La Miel.



Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

También se presenta amenaza por eventos torrenciales a nivel local, en donde se observa una mayor mancha de amenaza alta en la llanura de inundación del cauce que corresponde a un área uniforme plana entre 0 y 5°. Seguido está la amenaza medida y baja, que al igual de la amenaza alta, se extiende hasta los depósitos aluviotorrenciales regionales asociados a la quebrada La Miel.

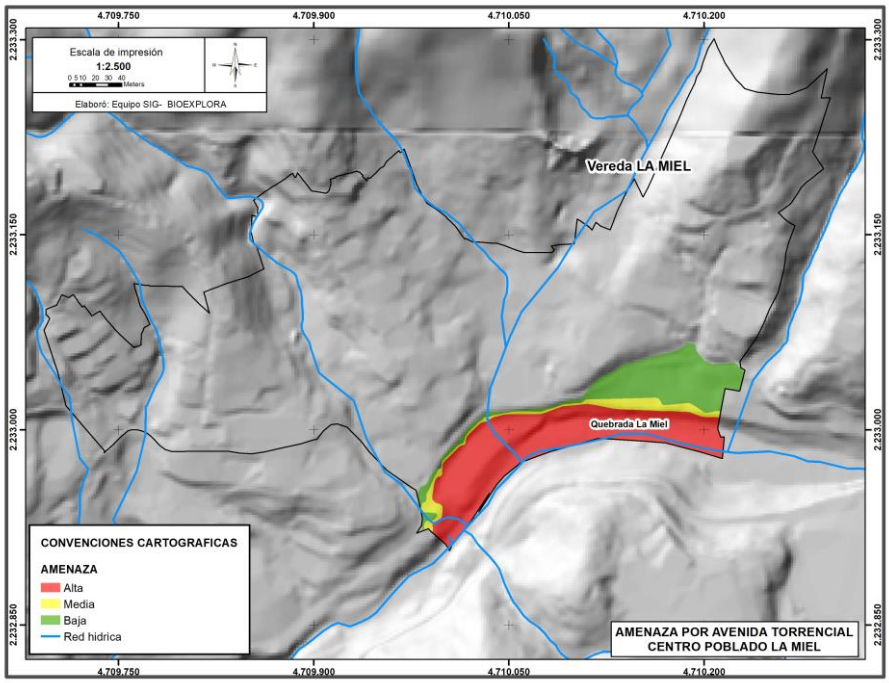
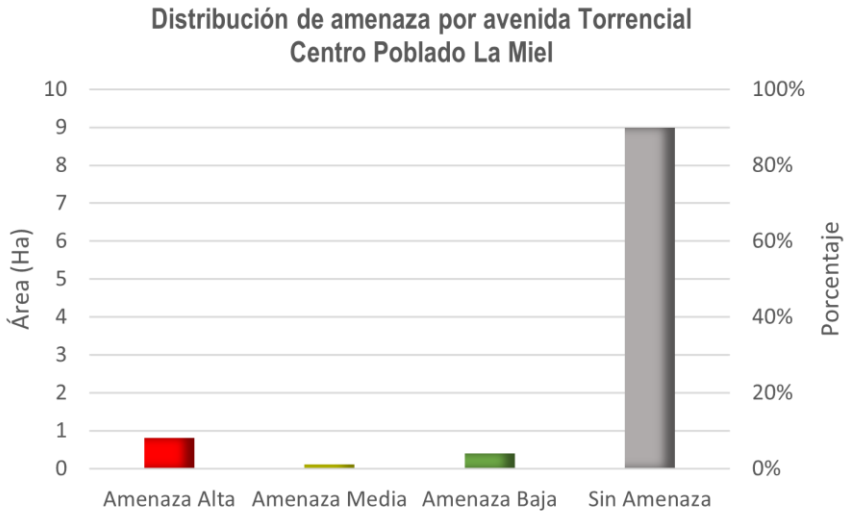


Ilustración 57.Mapa de amenaza por avenida torrencial para el centro poblado La Miel.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Gráfico 21. Distribución de amenaza por avenida torrencial en el centro poblado La Miel.



Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.6.6. Centro poblado La Quiebra

2.4.6.6.1. Geología Local

Dentro del centro poblado se logran identificar dos unidades geológicas, correspondientes al miembro Volcánico y a los depósitos no litificados, los cuales cubren las partes bajas de la zona y equivalen al 70% del área total. Debido a que la vereda la Quiebra se encuentra muy urbanizada, se alcanzaron a observar pocos afloramientos de las unidades correspondientes, por tal motivo se hará una descripción del material de estas zonas, complementándolas con zonas aledañas o trabajos anteriores realizados. Estas unidades varían de una edad desde el Cuaternario hasta el Jurásico Medio.

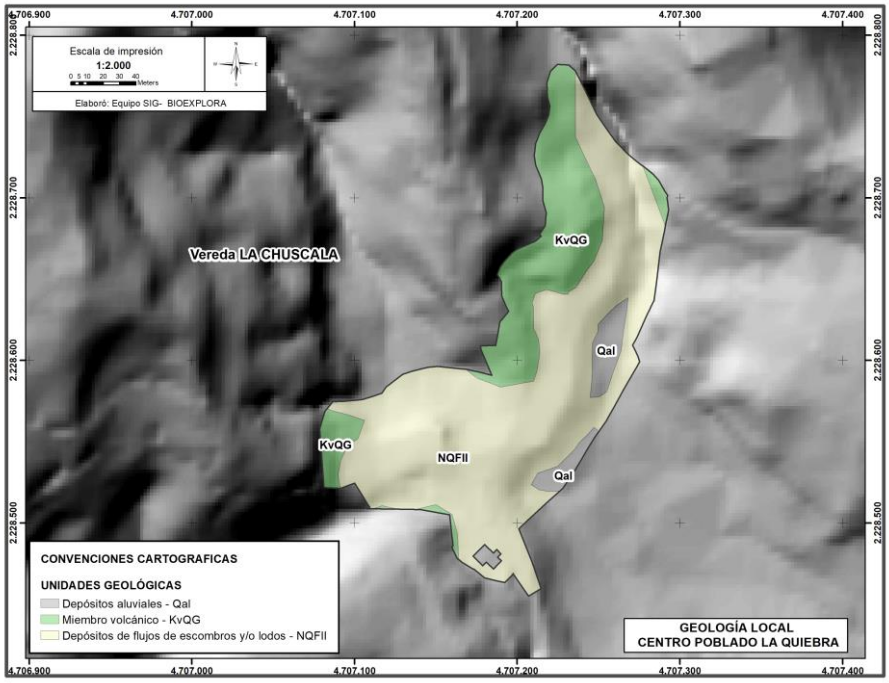


Ilustración 58.Mapa de unidades geológicas del centro poblado La Quiebra.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

- **Miembro Volcánico (KvQG)**

Esta unidad representa el 25% del área del centro poblado, cubriendo aproximadamente 7000m2. Se ubica en las partes altas de las vertientes, afectado por una fuerte meteorización. Esta unidad ha desarrollado grandes espesores de suelo residual, presentando una matriz limo-arcillosa de color rojo y amarillo.

Depósitos no litificados

Estos depósitos se asocian a la actividad reciente de las quebradas presentes en la zona, además de estar influenciado por los grandes espesores de suelo residual. Entre estos se identificaron los depósitos aluviales, de deslizamiento y de flujo y escombro.

- **Depósitos aluviales (Qal)**

Esta unidad cubre un área aproximada de 1300m2. representando el cuerpo de menor área de la zona. Se localiza en la parte baja de la vertiente, asociada a la depositación de material fino transportado por la quebrada San Francisco.

- **Depósitos de flujos de escombros y/o lodos (NQFII)**

Este tipo de depósitos cubren el 70% del centro poblado, siendo así la unidad de mayor extensión. Se ubican en las zonas de media pendiente y topografía empinada. Están controlados aguas arriba por zonas en forma de escarpe o valle, donde provienen los materiales que los componen.

Son producto del sobresaturamiento del material parental, ya sean suelos u otros materiales que se presenten en las partes altas de las vertientes; y su estabilidad está condicionada por los parámetros intrínsecos como la permeabilidad y la cohesión, haciéndolos más vulnerables a fenómenos de remoción en masa y actividades sísmicas.

Este depósito en campo, se clasifico como un depósito de flujo de lodo, en general presentan espesores variables, con una matriz arcillosa de amarillo, con bloques de 40 cm en promedio, cuya composición corresponde a rocas volcánicas de formas subangulosas a subredondeadas.

Ilustración 59.Depósitos de flujos de escombros y/o lodos, localizadas sobre la parte media de la vertiente a la altura de la vereda La Quiebra.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

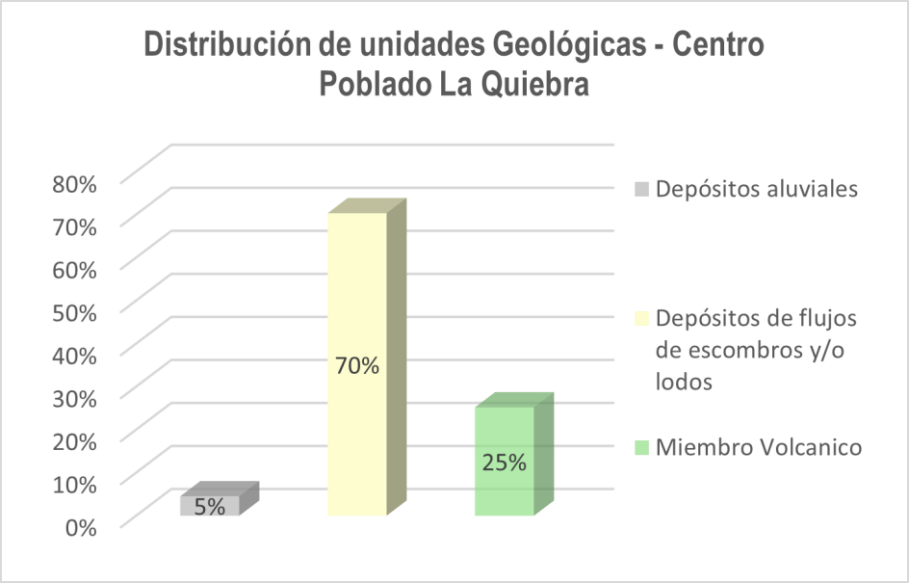
A continuación, se describen el % que representa cada unidad geológica en el centro poblado.

Tabla 30. Representación de cada unidad geológica en porcentaje del centro poblado La Quiebra.

Centro Poblado La Quiebra		
Unidad Geológica	**Área (Hectáreas)**	**Porcentaje**
Depósitos aluviales	0,13	5%
Depósitos de flujos de escombros y/o lodos	1,95	70%
Miembro Volcánico	0,70	25%

Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Gráfico 22. Distribución de unidades geológicas en el centro poblado La Quiebra.



Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.6.6.2. Geomorfología Local

El centro poblado La Quiebra se ubica en la parte media de la vertiente, en donde predominan procesos superficiales tales como la erosión fluvial, movimientos en masa y la depositación del material.

La caracterización geomorfológica de este centro poblado sigue la jerarquía establecida para el estudio, logrando un mayor detalle y conservando la interpretación genética de las unidades. A nivel geomorfológico regional, el centro poblado se localiza en la unidad de Lomos (L) y en el paisaje de montaña. A continuación, se presenta el mapa geomorfológico del centro poblado y la descripción de las subunidades.

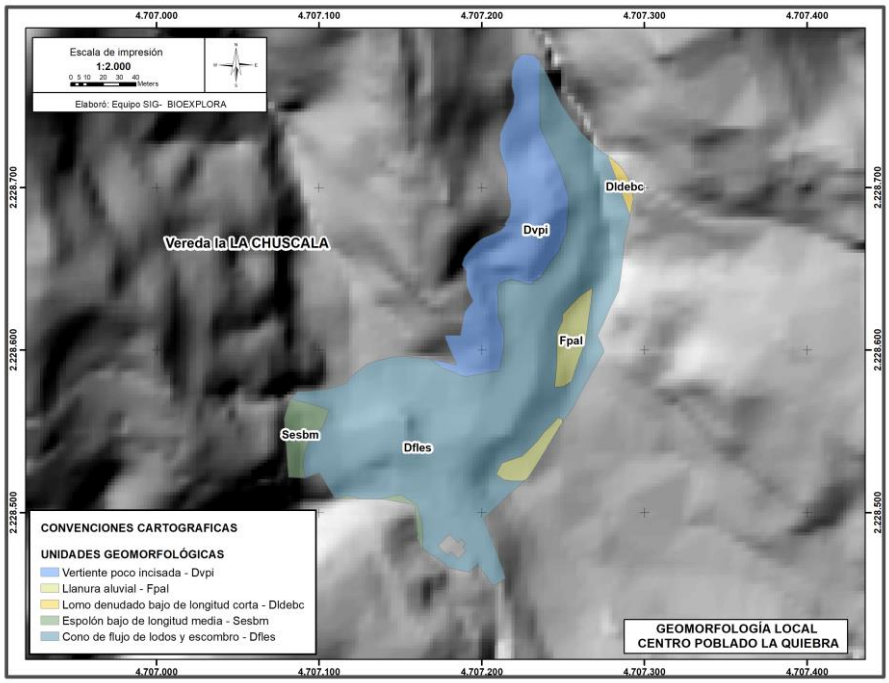


Ilustración 60.Mapa de unidades geomorfológicas del centro poblado La Quiebra.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

- **Cono de flujo de lodos y escombro (Dfles)**

Superficie alargada en forma de abanico, plana a ondulada, con pendientes suaves, uniformes a casi uniformes. Se encuentra localizada a largo de las vertientes, y su formación se asocia al transporte y depositación por parte de las quebradas presentes en la zona. Esta geoforma es la de mayor extensión, representando solo el 68% del centro poblado y se encuentra asociada a los depósitos de flujo de lodos y escombro.

- **Espolón bajo de longitud media (Sesbm)**

Estructura con morfología alomada baja, con laderas convexas de longitud media, vertientes empinadas a moderadas, de forma cóncava en su parte alta, su origen es relacionado a un proceso conjunto entre los esfuerzos dominantes en la zona y los procesos de incisión por parte de las quebradas adyacentes. Se localiza en la margen izquierda del centro poblado y cubre un área aproximada de 900m2.

- **Llanura aluvial (Fpal)**

Geoforma formada por la dinámica fluvial de la quebrada San Francisco en su flanco oriental y que puede ser inundada ante eventos de alta pluviosidad.

Ilustración 61.Llanura aluvial ubicada en las partes bajas de la vereda La Quiebra.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

- **Lomo denudado bajo de longitud corta (Dldebc)**

Geoforma alomada, de forma cóncava a convexa, con vertientes empinadas a moderadas, muy rugosas a rugosas, la cual se encuentra localizada en la margen derecha del centro poblado. Esta unidad ha sido afectada por fuertes procesos de incisión fluvial de las quebradas adyacente, ocasionando que los suelos residuales del miembro Volcánico que lo conforman sufran procesos de remoción en masa.

- **Vertiente poco incisada (Dvpi)**

Unidad geomorfológica con pendientes entre 30-45°, en dirección a la quebrada principal, presentan una longitud corta, de relieve convexo y con pequeñas ondulaciones asociadas a los depósitos de flujo.

Los materiales que conforman esta ladera corresponden a suelos residuales de matriz limosa provenientes de las partes altas de la unidad del miembro volcánico, los cuales se encuentran susceptibles a procesos de remoción en masa.

Ilustración 62.Vertiente poco incisada formada por suelos residuales del miembro Volcánico.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

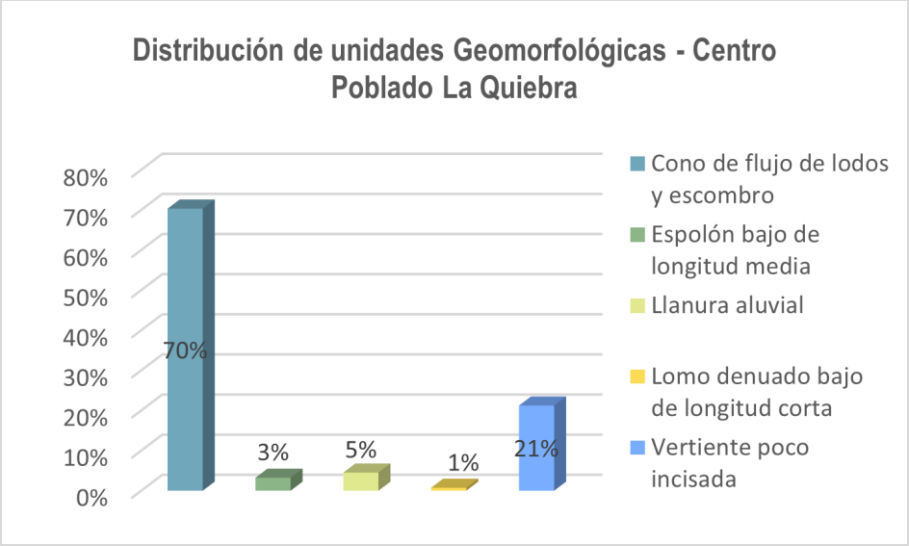
A continuación, se presenta la distribución porcentual de cada unidad geomorfológica en el centro poblado.

Tabla 31. Representación de cada unidad geomorfológica en porcentaje del centro poblado La Quiebra.

Centro Poblado La Quiebra		
Unidad Geomorfológica	**Área (Hectáreas)**	**Porcentaje**
Cono de flujo de lodos y escombro	1,95	70%
Espolón bajo de longitud media	0,09	3%
Llanura aluvial	0,13	5%
Lomo denudado bajo de longitud corta	0,02	1%
Vertiente poco incisada	0,59	21%

Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Gráfico 23. Distribución de unidades geomorfológicas en el centro poblado La Quiebra.



Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.6.6.3. Procesos morfodinámicos

En el centro poblado la Quiebra se evidenciaron procesos de remoción en masa activos (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Principalmente esto es producto de la poca compactación de los suelos residuales del miembro volcánico que sumados a fuertes periodos de lluvia y a el control estructural por parte de fallas regionales, se ve afectado la estabilidad de las laderas.

.

Ilustración 63.Proceso de remoción en masa localizado en el centro poblado La Quiebra.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.6.6.4. Zonificación de amenaza por movimientos en masa

La amenaza por movimiento en masa en el centro poblado La Quiebra se asocia a las fuertes pendientes de la zona, producto de la alta incisión de las quebradas sobre los suelos residuales del miembro volcánico y a los depósitos de flujo de lodo y escombro presentes.

En este centro poblado, se presenta en un 40,8% la amenaza por movimientos en masa alta, estas zonas presentan vertientes moderadas a empinadas, con pendientes en su mayoría entre 30-45°. La amenaza media cubre la mayor parte del área, con un 56,4%, correspondiente a zonas con pendientes suaves a moderadas y están casi en su totalidad sobre los depósitos, por último, está la amenaza baja, localizada en la parte suroccidente de la zona, con un 2,8%, caracterizada por pendientes suaves entre 15-30° (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).La construcción acelerada de viviendas sobre las laderas puede generar desestabilización, que, sumado a la escorrentía superficial, pueden provocar eventos de movimientos en masa que podrían afectar la infraestructura, los bienes o vidas humanas.

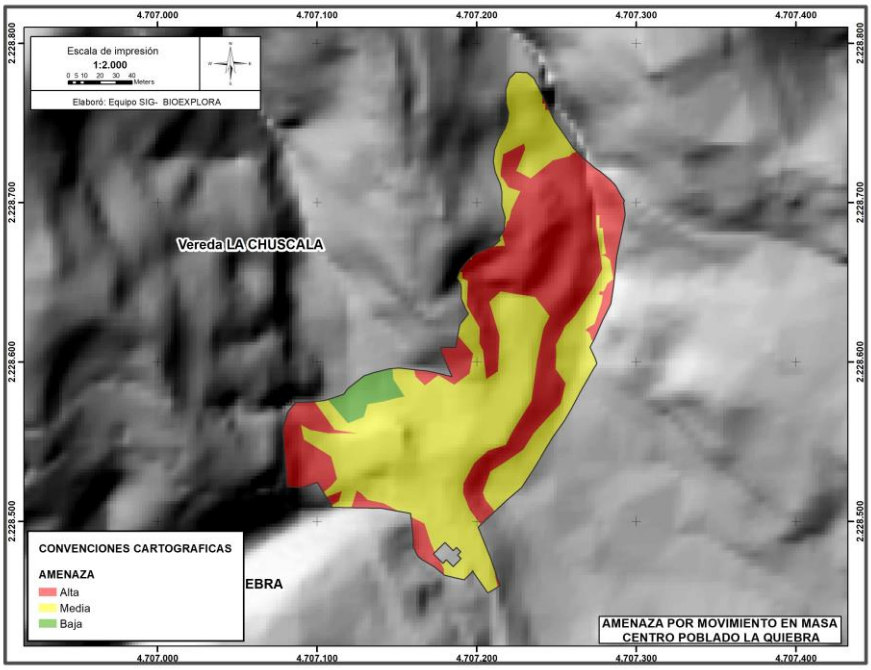
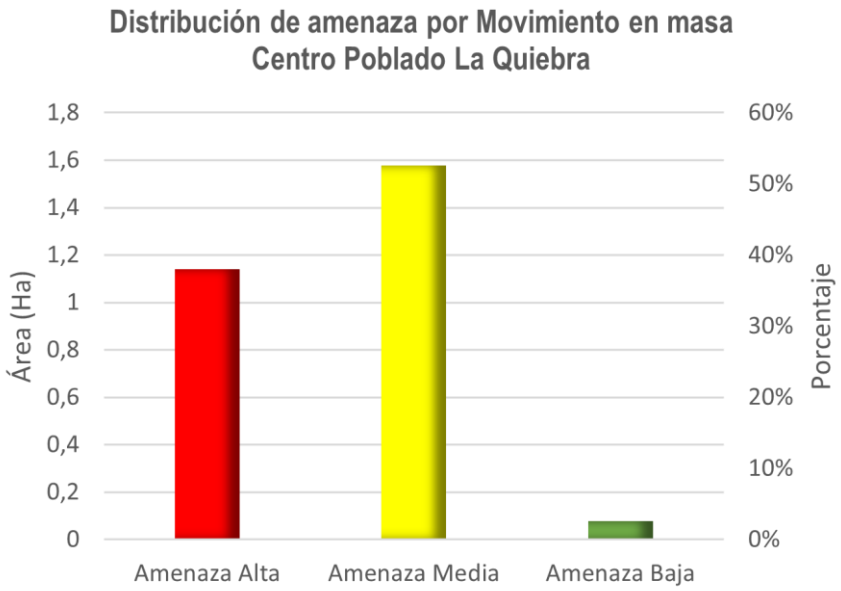


Ilustración 64.Mapa de amenaza por movimiento en masa para el centro poblado La Quiebra.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Gráfico 24. Distribución porcentual de amenaza por Movimiento en masa en el centro poblado La Quiebra.



Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.6.6.5. Zonificación de amenaza por inundación y avenida torrencial

Para el centro poblado La Quiebra no se presentan amenazas por inundación y avenida torrencial, esto es debido a que los afluentes de la zona no presentan un caudal con la suficiente energía y capacidad para generar eventos de desbordamiento que puedan generar afectaciones a la población. A su vez en la zona no se presentan evidencias geomorfológicas de depósitos de origen aluviotorrencial, siendo los depósitos de flujo los predominantes en el área.

2.4.6.7. Centro poblado El Raizal

2.4.6.7.1. Geología Local

El centro poblado El Raizal, se encuentra desarrollado sobre suelos derivados de la meteorización de las rocas del miembro Volcánico y en algunos sectores se observa el saprolito de la roca original.

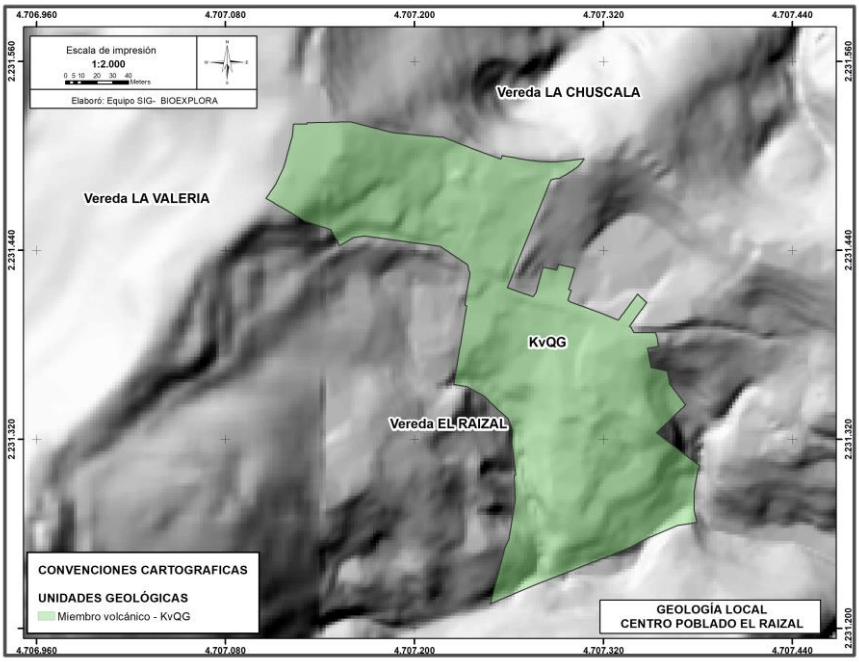


Ilustración 65.Mapa de unidades geológicas del centro poblado El Raizal.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

- **Miembro Volcánico (KvQG)**

En cercanía a las quebradas se puede observar afloramientos de la roca fresca, la cual se clasifica como una diabasa de grano fino, con pequeños cristales de biotita y anfiboles. En otras zonas la roca se encuentra muy fracturada, desarrollando un perfil de meteorización de grado V (saprolito), en donde el material está completamente alterado, formando una matriz limosa de color rojizo a anaranjado, en donde no se le observan cristales. Sobre estos se encuentran depósitos de vertiente de unos 2m de espesor, los cuales se caracterizan por presentar una matriz limo-arenosa de color anaranjado con clastos en promedio de 2 a 3 cm.

Ilustración 66.Diabasa completamente alterada desarrollando un perfil de meteorización de grado V.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

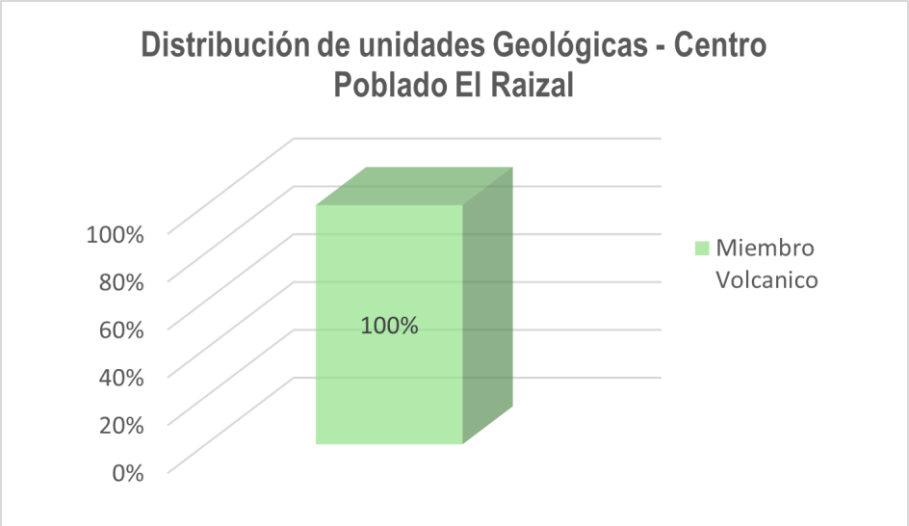
A continuación, se describen el % que representa cada unidad geológica en el centro poblado.

Tabla 32. Representación de cada unidad geológica en porcentaje del centro poblado El Raizal.

Centro Poblado El Raizal		
Unidad Geológica	**Área (Hectáreas)**	**Porcentaje**
Miembro Volcánico	3,12	100%

Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Gráfico 25. Distribución de unidades geológicas en el centro poblado El Raizal.



Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.6.7.2. Geomorfología Local

El centro poblado El Raizal, se localiza sobre la parte alta y media de la vertiente sobre geoformas moderadamente afectadas por la incisión fluvial; se caracteriza por ser una zona casi uniforme con vertientes suaves a empinadas. El área se encuentra dominado por procesos erosivos y gravitacionales, a partir de estos se generaron la subunidad de los lomeríos poco disectados.

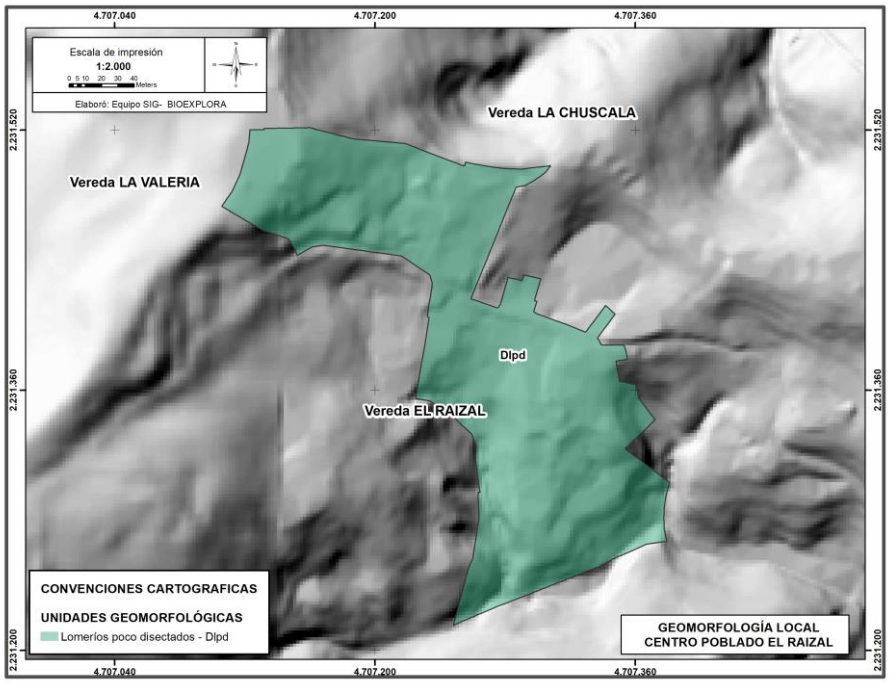


Ilustración 67.Mapa de unidades geomorfológicas del centro poblado El Raizal.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

- **Lomeríos poco disectados (Dlpd)**

Superficies de morfología alomada, convexas, con vertientes suaves a empinadas, con una rugosidad que varía desde uniformes en las zonas urbanizadas hasta muy rugosas en las zonas de mayor pendiente, y con una altura aproximadamente de 35m con respecto a las quebradas aledañas.

Ilustración 68.Lomeríos poco disectados, ubicados en las cercanías del centro poblado El Raizal.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

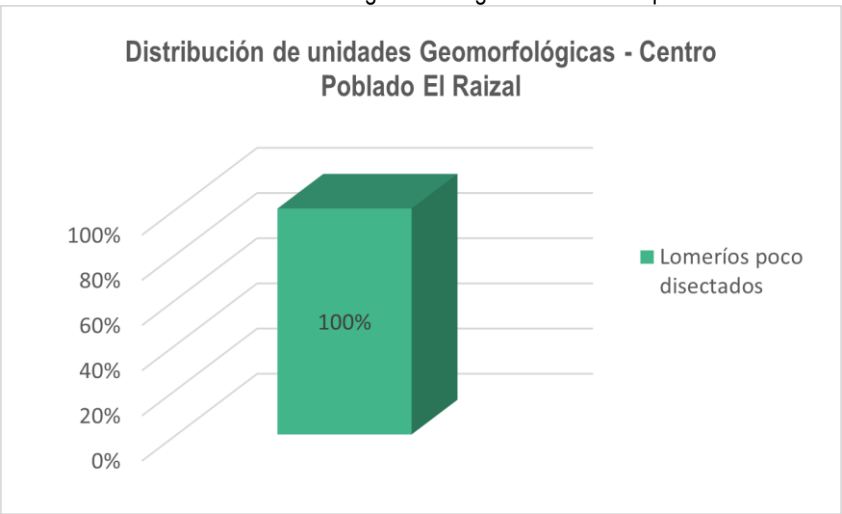
A continuación, se presenta la distribución porcentual de cada unidad geomorfológica en el centro poblado.

Tabla 33. Representación de cada unidad geomorfológica en porcentaje del centro poblado El Raizal.

Centro Poblado El Raizal		
Unidad Geomorfológica	**Área (Hectáreas)**	**Porcentaje**
Lomeríos poco disectados	3,12	100%

Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Gráfico 26.Distribución de unidades geomorfológicas en el centro poblado El Raizal.



Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.6.7.3. Procesos morfodinámicos

En el centro poblado El Raizal, se observó un deslizamiento de tipo traslacional de estado activo. Además, el desarrollo de cortes urbanísticos puede generar un incremento en la desestabilidad de las laderas y dar como resultado cambios en el modelado.

2.4.6.7.4. Zonificación de amenaza por movimientos en masa

El centro poblado El Raizal se encuentra en su mayoría clasificado en amenaza media en un 54,6%, caracterizado por ser zonas de pendientes moderadas, con inclinaciones entre 15-30°. La amenaza alta representa el 17,7% del área, y está asociada a zonas con vertientes empinadas, muy rugosas, con inclinaciones entre 30-45°. Por último, las zonas clasificadas como amenaza baja corresponden a las vertientes con pendientes planas a suaves, con inclinaciones entre 0-15°.

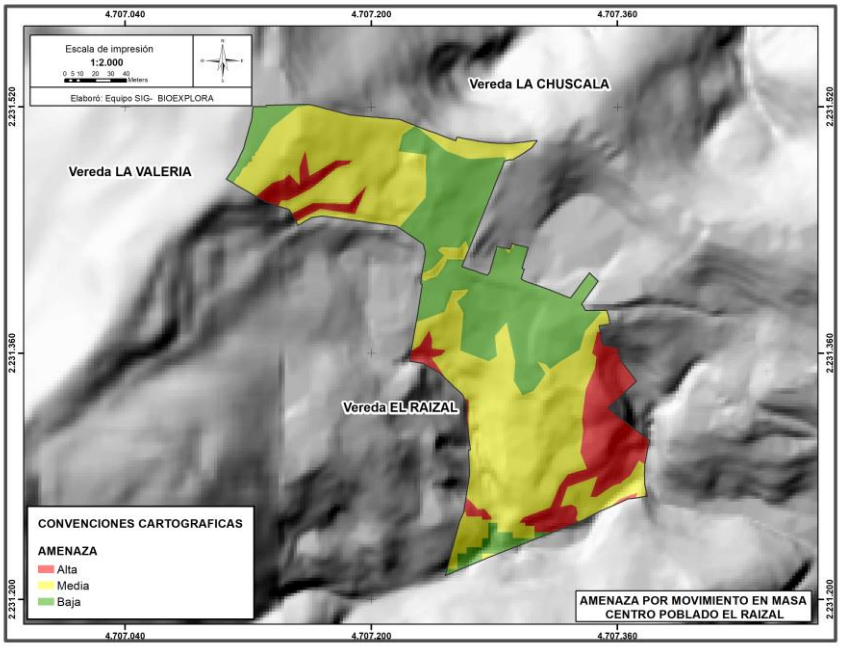
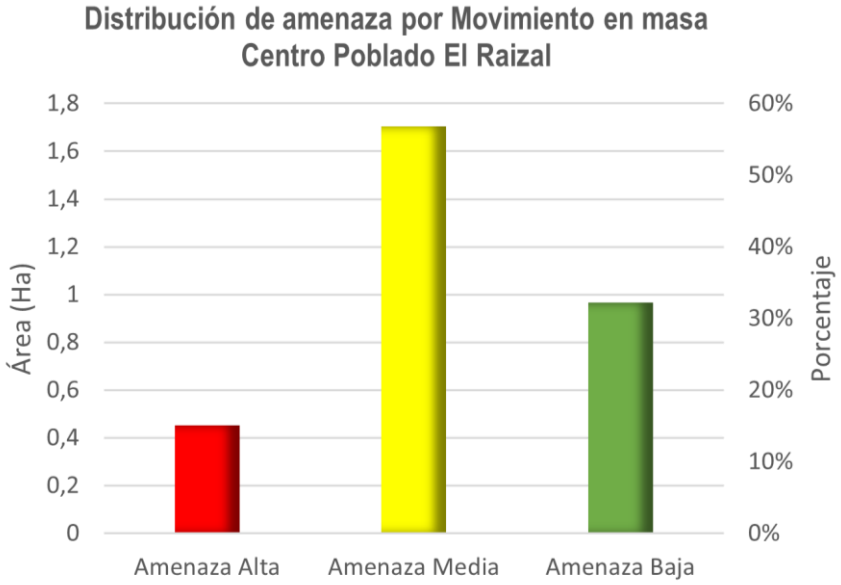


Ilustración 69.Mapa de amenaza por movimiento en masa para el centro poblado El Raizal.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Gráfico 27. Distribución porcentual de amenaza por Movimiento en masa en el centro poblado El Raizal.



Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.6.7.5. Zonificación de amenaza por inundación y avenida torrencial

Para el centro poblado El Raizal no se presenta amenazas por inundación y avenida torrencial. El afluente presente en el área no desarrolla un caudal con la suficiente energía y capacidad para generar eventos de desbordamiento a la altura de las urbanizaciones. A su vez en la zona no se presentan evidencias geomorfológicas de depósitos de origen aluvial, siendo estas ubicadas aguas abajo asociados a la depositación de la quebrada La Chuscala.

2.4.6.8. Centro poblado La Raya

2.4.6.8.1. Geología Local

La geología del centro poblado La Raya, está conformada por rocas ígneas extrusivas hasta depósitos recientes. Estos varían de una edad entre el Cretácico y el Cuaternario respectivamente.

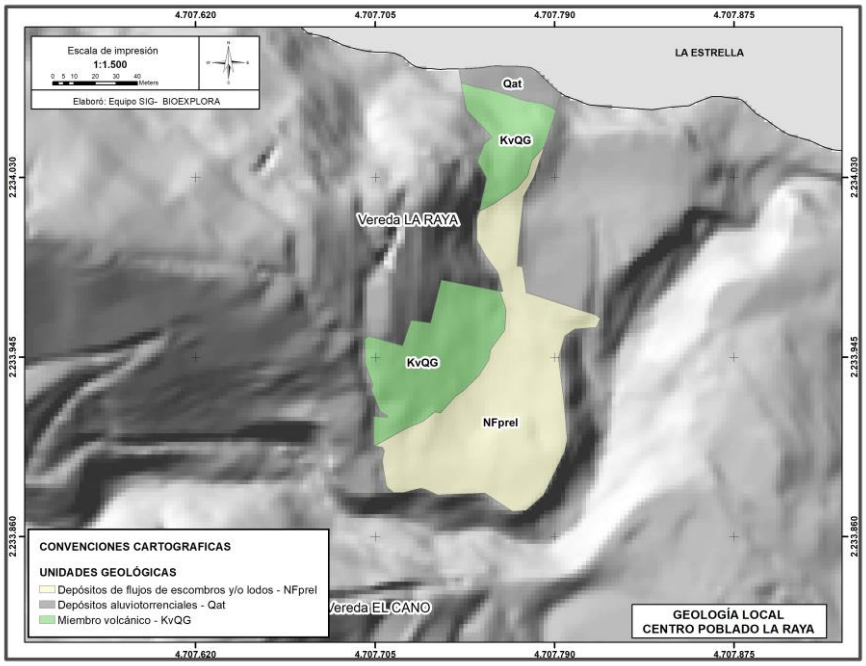


Ilustración 70.Mapa de unidades geológicas del centro poblado La Raya.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

- **Miembro Volcánico (KvQG)**

Unidad que aflora en el límite norte del municipio, cubriendo 4200 m^2, siendo la de menor extensión en la zona, y representando el 39% del centro poblado. Este cuerpo se localiza en la parte media de la vertiente, con unas pendientes empinadas, en donde se han desarrollado suelos residuales de espesores de alrededor de 2m, con una matriz limo-arcillosa de color café-amarillento.

- **Depósitos aluviotorrenciales (Qat)**

Los depósitos aluviotorrenciales se encuentran en la base de ladera en la margen izquierda de la quebrada la Raya. Se caracterizan por presentar un matriz arcillosa de color gris, envolviendo bloques de tamaño entre 10-30cm. Esta unidad cubre aproximadamente un área de 60 m^2, representando el 5% del centro poblado.

Ilustración 71.,Depósitos aluviotorrenciales, localizados a la altura del centro poblado La Raya
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

- **Depósitos de flujos de escombros y/o lodos (NFprel)**

Este tipo de depósitos cubren el 56% del centro poblado, siendo así la unidad de mayor extensión. Se ubican en las zonas de pendiente suavizadas a moderadas y se encuentran suprayaciendo y en contacto discordante con el miembro Volcánico. Se caracterizan por presentan bloques meteorizados de composición basáltica, subangulares de tamaños entre 10-13 cm, envueltos en una matriz limo-arenosa de color pardusco.

Estos depósitos son producto de la saturación del suelo en las partes altas de las vertientes, que por sus propiedades mecánicas tienden a moverse como un flujo.

Ilustración 72.Depósitos de flujo de lodos y escombro, localizados en el centro poblado La Raya.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

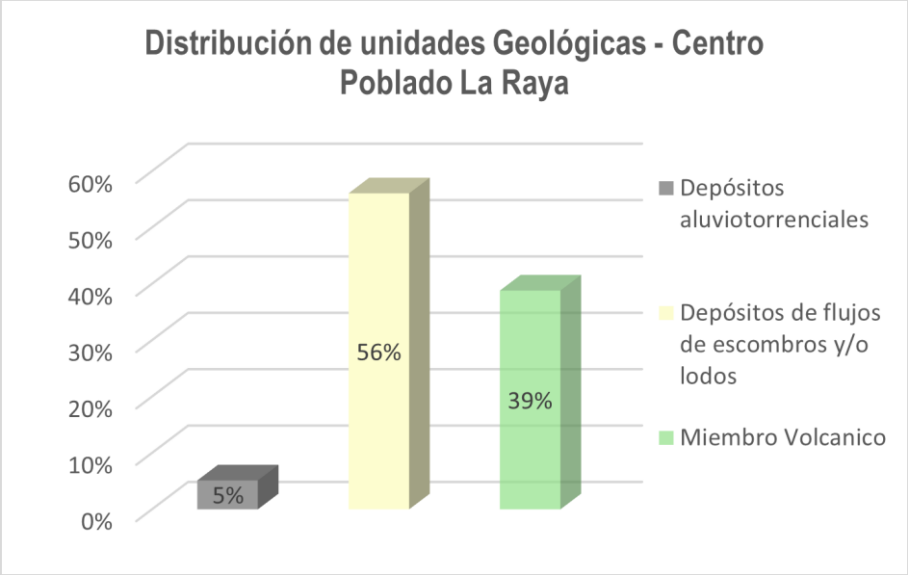
A continuación, se describen el % que representa cada unidad geológica en el centro poblado.

Tabla 34. Representación de cada unidad geológica en porcentaje del centro poblado La Raya.

Centro Poblado La Raya		
Unidad Geológica	**Área (Hectáreas)**	**Porcentaje**
Depósitos aluviotorrenciales	0,06	5%
Depósitos de flujos de escombros y/o lodos	0,61	56%
Miembro Volcánico	0,42	39%

Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Gráfico 28. Distribución de unidades geológicas en el centro poblado La Raya.



Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.6.8.2. Geomorfología Local

El centro poblado La Raya se localiza sobre la parte media y baja de la ladera, la cual corresponde a una zona irregular, con pendientes entre 5-30°. En esta área predomina el ambiente denudacional, el cual controla la dinámica del modelado; este ambiente se asocia a procesos erosivos y gravitacionales, a partir de estos procesos se generaron las geoformas de cono de flujo de lodos y escombro, y lomos denudados bajos de longitudes medias.

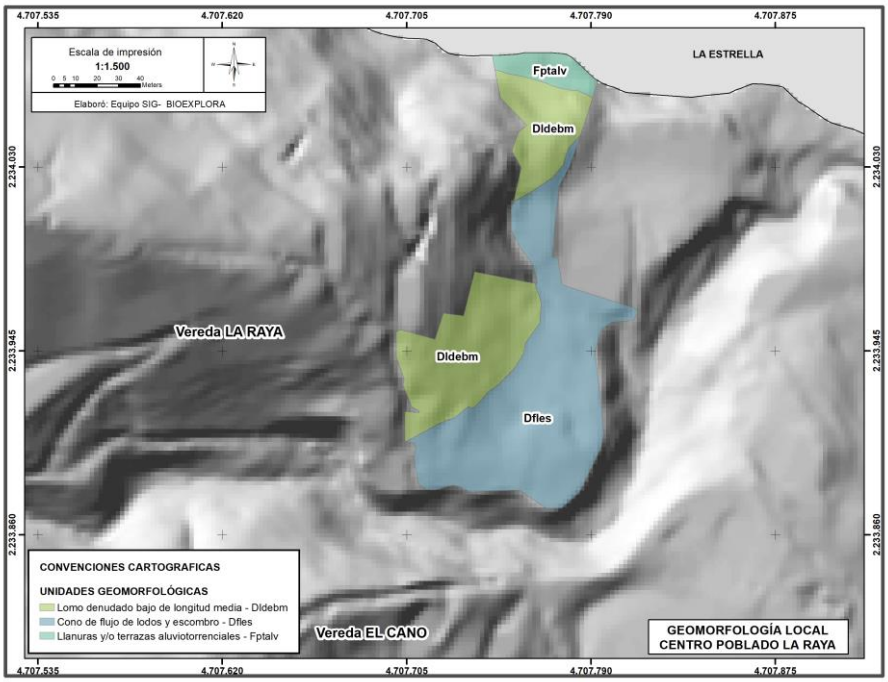


Ilustración 73.Mapa de unidades geomorfológicas del centro poblado La Raya.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

- **Cono de flujo de lodos y escombro (Dfles)**

Superficie de morfología irregular, cóncava, ubicada en la zona baja del centro poblado, en donde predominan procesos de incisión fluvial. Se caracteriza por presentar pendientes suaves con algunos sectores que llegan a ser muy empinados, con rugosidades que varían entre uniformes a muy rugosas.

Ilustración 74.Geoforma de morfología ondulada representada por los depósitos de flujo de lodos y escombro.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

- **Llanuras y/o terrazas aluviotorrenciales (Fptalv)**

Superficie de morfología plana a poco ondulada, casi uniforme a moderadamente rugoso, localizada en ambas márgenes de la quebrada La Raya. Esta unidad corresponde a los depósitos aluviotorrenciales y es producto de la depositación de bloques de tamaño entre 10 y 30 cm en eventos de alta energía, donde la fuente hídrica es capaz de transportar dichos materiales depositando en las zonas aledañas.

- **Lomo denudado bajo de longitud media (Dldebm)**

Geoforma de morfología alomada, convexa, de topes largos y filosos, con laderas de longitudes medias, pendientes moderadas a empinadas, muy rugosas, localizada en la parte media de la vertiente. Esta unidad cubre aproximadamente 4200 m^2, siendo la geoforma de menor extensión, representado el 9% del centro poblado. Estos lomos, han sufrido fuertes procesos denudativos por parte de la acción fluvial, generando que en sus laderas se produzcan procesos de remoción en masa de los suelos residuales del miembro Volcánico a diferentes escalas.

Ilustración 75.Lomos denudados bajos de longitud media.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

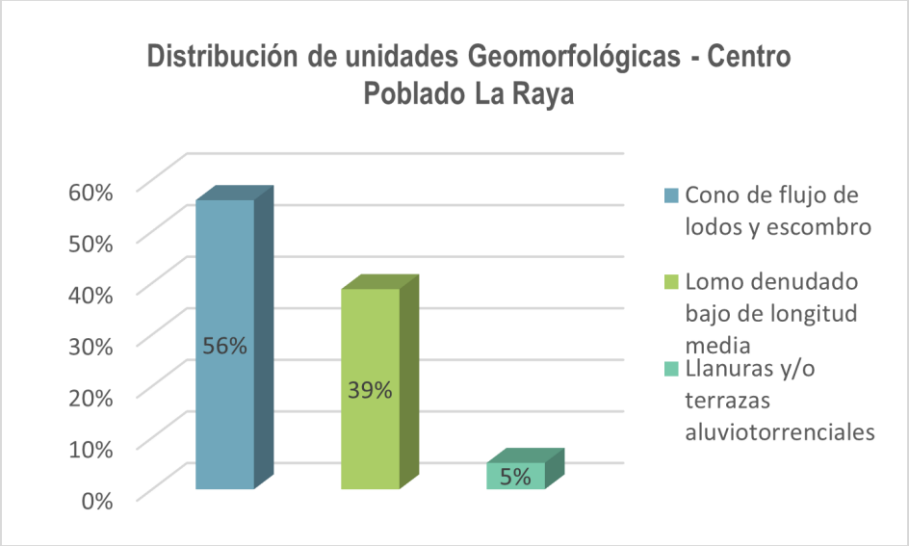
A continuación, se describen el % que representa cada unidad geomorfológica en el centro poblado.

Tabla 35. Representación de cada unidad geomorfológica en porcentaje del centro poblado La Raya.

Centro Poblado La Raya		
Unidad Geomorfológica	**Área (Hectáreas)**	**Porcentaje**
Cono de flujo de lodos y escombro	0,61	56%
Lomo denudado bajo de longitud media	0,42	39%
Llanuras y/o terrazas aluviotorrenciales	0,06	5%

Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Gráfico 29. Distribución de unidades geomorfológicas en el centro poblado La Raya.



Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.6.8.3. Procesos morfodinámicos

En este centro poblado, no se observan procesos de remoción en masa activos. Sin embargo, se identifican zonas de alta pendiente en donde se localizan las viviendas de la zona, las cuales son susceptibles a deslizamientos.

2.4.6.8.4. Zonificación de amenaza por movimientos en masa

La zonificación de amenaza por movimientos en masa realizada para el centro poblado La Raya, muestra que la mayor parte del área se encuentra clasificada en amenaza media, correspondiente a las zonas con pendientes suaves a moderadas con inclinaciones en promedio de 15-30°. Las zonas clasificadas de amenaza alta corresponden a vertientes empinadas a escarpadas con inclinaciones entre 30-45.

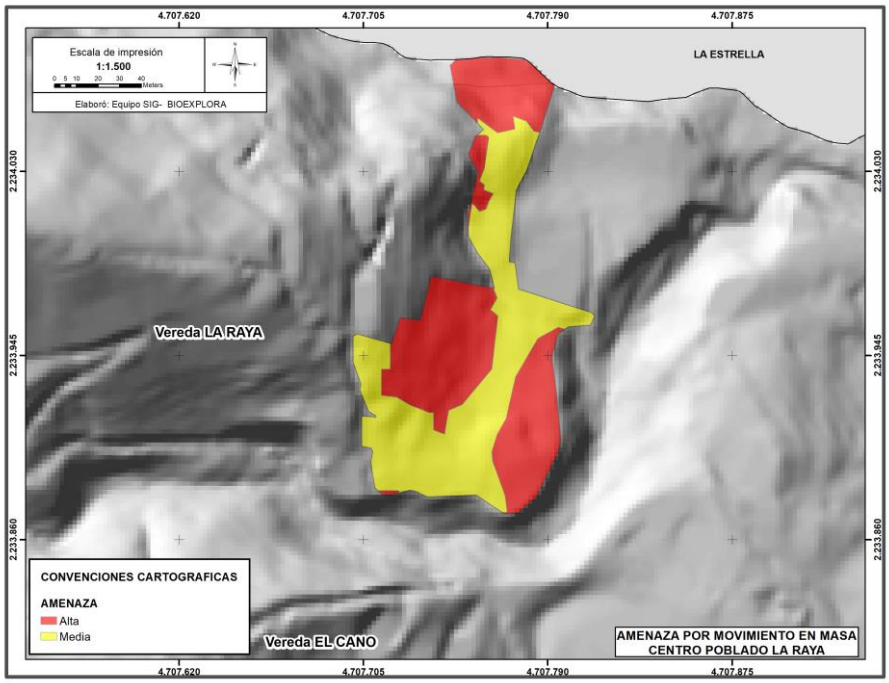
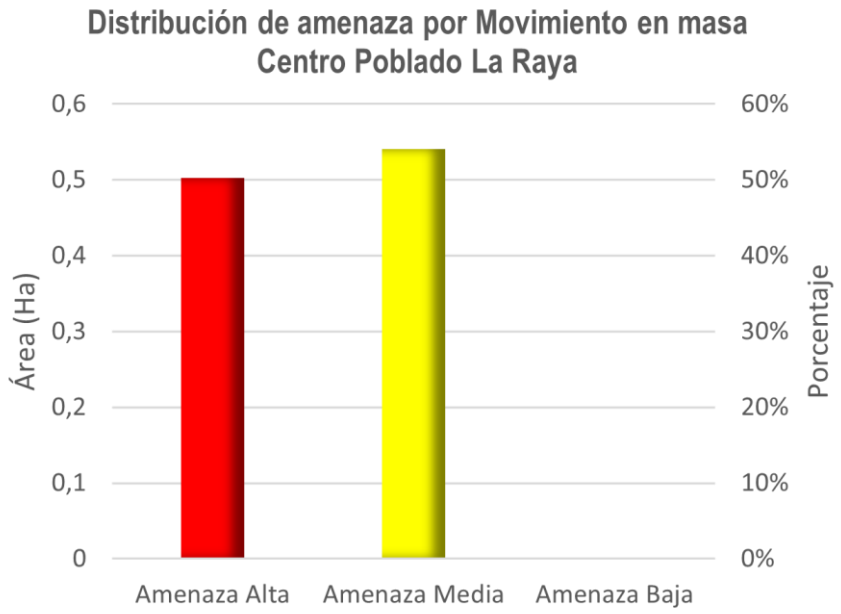


Ilustración 76.Mapa de amenaza por movimiento en masa para el centro La Raya.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Gráfico 30. Distribución porcentual de amenaza por Movimiento en masa en el centro poblado La Raya.



Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.6.8.5. Zonificación de amenaza por inundación y avenida torrencial

En el centro poblado La Raya no se presentan amenazas por inundación y avenida torrencial. Las amenazas aledañas definidas están asociadas a los depósitos torrenciales de la quebrada La Raya en la parte más baja de la zona, la cual en su dinámica fluvial y según las evidencias geomorfológicas no llega a afectar a la zona de estudio.

2.4.6.9. Centro poblado La Salada Parte Baja

2.4.6.9.1. Geología Local

La geología del centro poblado La Salada Parte Baja está conformada por rocas metamórficas de alto grado, rocas volcánicas, llenos antrópicos y secuencias de depósitos aluviotorrenciales, aluviales y de deslizamiento en la base de las laderas. Dichos materiales varían entre una edad del Devónico y el Cuaternario.

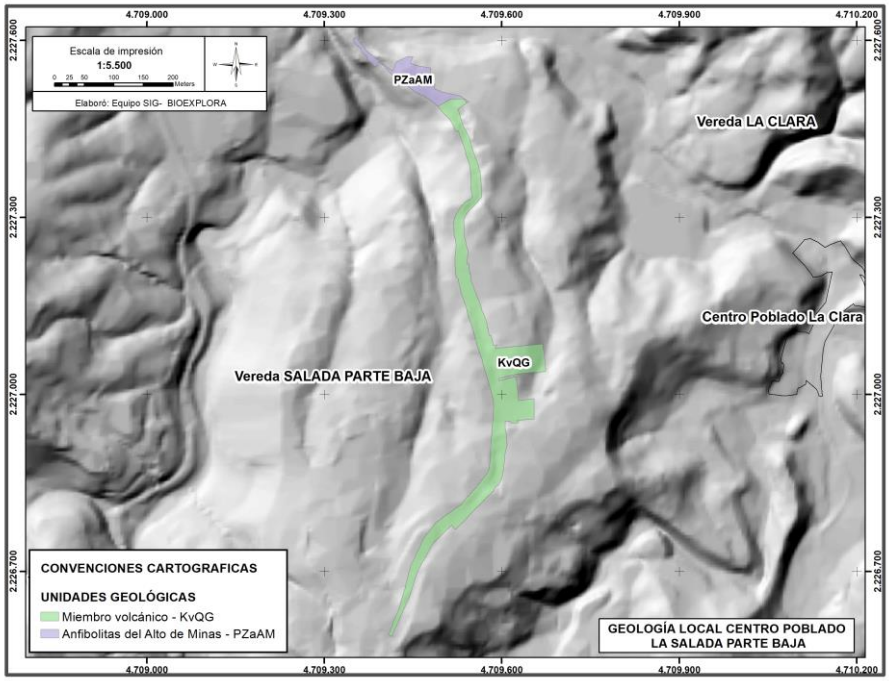


Ilustración 77.Mapa de unidades geológicas del centro poblado La Salada parte baja.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

- **Anfibolitas del alto de Minas (PZaAM)**

Se observan afloramientos de la anfibolita del alto de Minas en la parte baja del centro poblado por la vía que comunica hacia la Clara. Se distingues cuerpos de roca de textura esquistosa, la cual se encuentra compuesta en su mayoría por micas (60%) de menos de 1 cm, feldespatos, y cuarzo. A su vez, se alcanza a observar en algunos sectores la roca completamente meteorizada, alcanzando un horizonte V, de matriz arcillosa de color amarillo-anaranjado, en donde se observan pocos minerales de la roca original.

Ilustración 78.Anfibolitas del alto de Minas de textura esquistosa con micas, localizado al pie de ladera de la vereda La Salada parte baja.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

- **Miembro Volcánico (KvQG)**

La zona se encuentra conformada principalmente por suelos residuales del Miembro Volcánico de Quebradagrande, cubriendo un área aproximada de 26000m2.

A lo largo de la vía, se observan cortes, en donde se aprecia el desarrollo del suelo residual. Este se encuentra dispuesto en varios horizontes, los cuales en conjunto forman el regolito. Se observan 5 horizontes, en donde no se alcanzan observar cristales ni estructuras de la roca original; el primero está conformado por materia orgánica de color negro con presencia de raíces que correspondería al horizonte A, el segundo es un suelo arcilloso de color café-anaranjado, debajo de esta se observa un horizonte de no más de 10 cm de color naranja, por último, en la base se observan dos horizontes arcillo-limosos, uno de color ocre y otro de color amarillo-anaranjado, estos últimos cuatro corresponderían en el perfil de meteorización al horizonte B.

Ilustración 79.Suelo residual del miembro Volcánico a la altura de La Salada parte baja.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

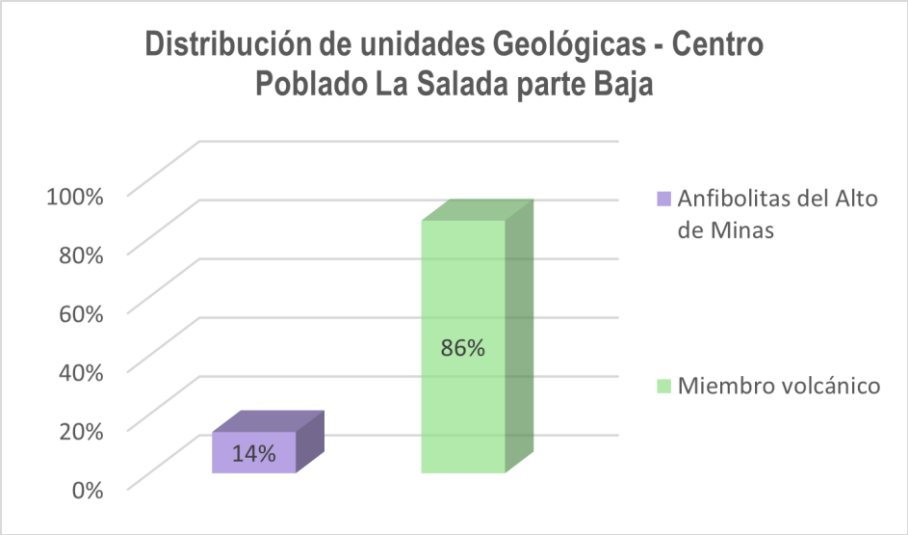
A continuación, se describen el % que representa cada unidad geológica en el centro poblado.

Tabla 36. Representación de cada unidad geológica en porcentaje del centro poblado La Salada parte baja.

Centro Poblado La Salada Parte Baja		
Unidad Geológica	**Área (Hectáreas)**	**Porcentaje**
Anfibolitas del Alto de Minas	0,42	14%
Miembro volcánico	2,60	86%

Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Gráfico 31. Distribución de unidades geológicas en el centro poblado La Salada parte baja.



Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.6.9.2. Geomorfología Local

El centro poblado La Salada parte baja, se localiza regionalmente en el Valle superior del bloque oriental (VS-BO) y más en detalle sobre lomos denudados; se caracteriza por ser una zona casi uniforme, con planicies hasta vertientes empinadas. Las geoformas resultantes donde se ubica este centro poblado son producto de los procesos superficiales, tales como la erosión fluvial, la gravedad y la depositación, además de la fuerte actividad tectónica que controla la zona.

Las principales geoformas presentes son la llanura aluvial, la cual está en menor proporción, los lomos denudados en donde se ubica la mayoría del centro poblado, los lóbulos o conos de deslizamiento y las de origen Antrópico. Estas geoformas están siendo fuertemente intervenidas para la construcción irregular de viviendas.

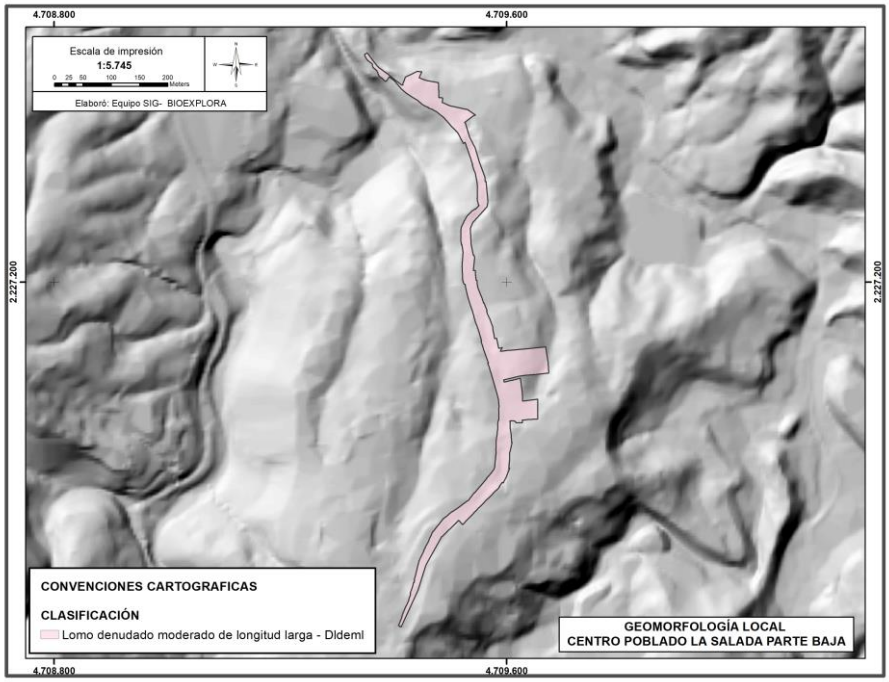


Ilustración 80. Mapa de unidades geomorfológicas del centro poblado La Salada parte baja.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

- **Lomo denudado moderado de longitud larga (Dldeml)**

Geoforma de unos 25m de altura con respecto al drenaje principal, la cual se encuentra dispuesta perpendicularmente al río Aburrá. Esta unidad ha sido afectada por moderados procesos de incisión fluvial de las quebradas adyacentes, ocasionado que los materiales que lo conforman no mantengan estabilidad y sufran procesos de remoción en masa en las laderas.

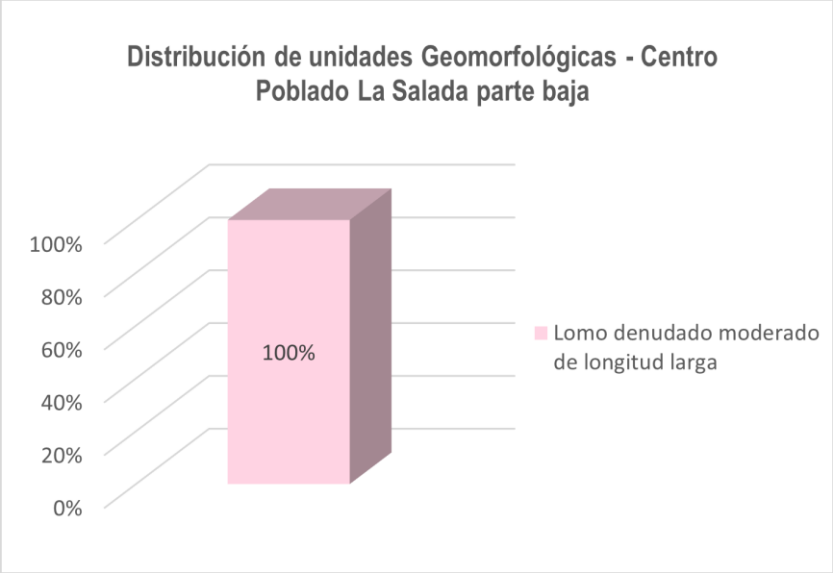
A continuación, se presenta la distribución porcentual de cada unidad geomorfológica en el centro poblado.

Tabla 37. Representación de cada unidad geomorfológica en porcentaje del centro poblado La Salada parte baja.

Centro Poblado La Salada Parte Baja		
Unidad Geomorfológica	**Área (Hectáreas)**	**Porcentaje**
Lomo denudado moderado de longitud larga	3,03	100%

Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Gráfico 32. Distribución de unidades geomorfológicas en el centro poblado La Salada parte baja.



Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.6.9.3. Procesos morfodinámicos

En el centro poblado la Salada parte baja, se observan procesos de remoción en masa por la vertiente del lado derecho, producto de la fuerte incisión de las quebradas presentes y a periodos de intensas lluvias.

2.4.6.9.4. Zonificación de amenaza por movimientos en masa

Mediante la zonificación de amenaza realizada para el centro poblado La Salada parte baja, el 80% de la zona se encuentra clasificada en la categoría de amenaza baja, correspondientes a los topes amplios de los lomos, los cuales presentan superficies planas a suaves, en donde la mayoría de las viviendas se encuentran desarrolladas. Las zonas clasificadas como de amenaza media se ubican en las vertientes moderadas con pendientes entre 15-30°, las cuales se encuentran afectadas por la incisión fluvial de las quebradas adyacentes. Por último, las zonas clasificadas como amenaza alta se localizan en las vertientes empinadas a escarpadas, estas áreas se ubican principalmente al norte del centro poblado.

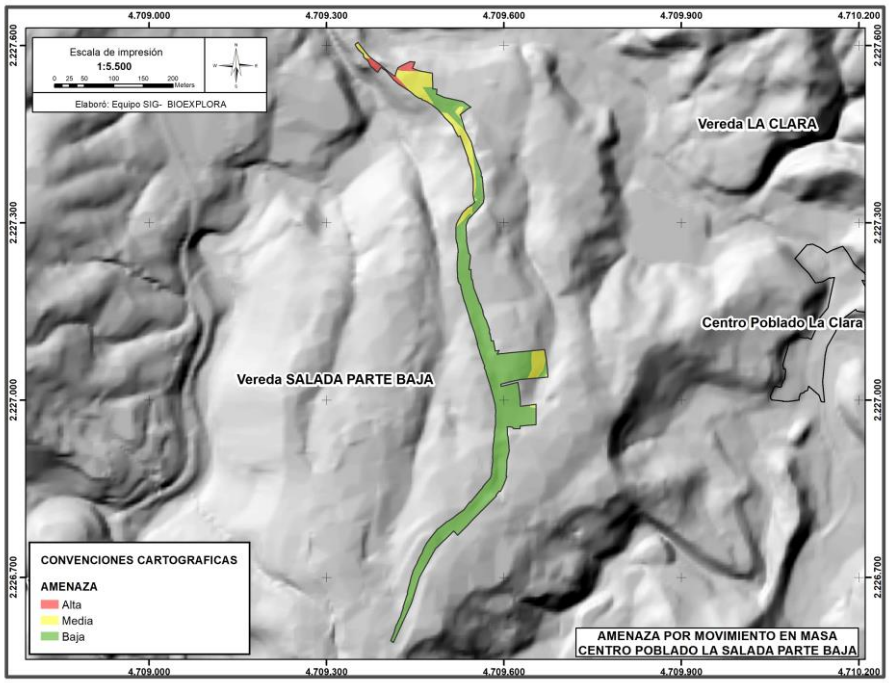
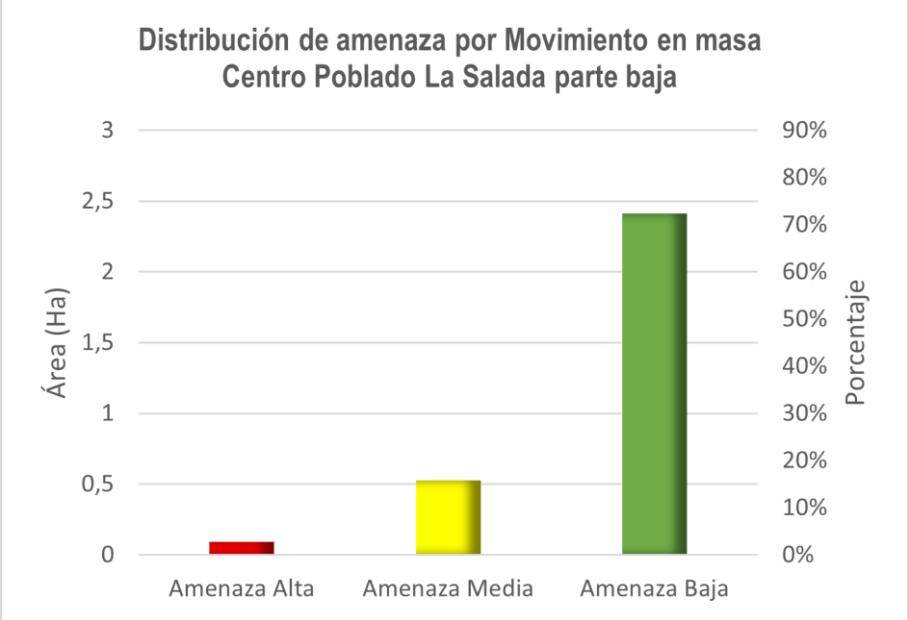


Ilustración 81.Mapa de amenaza por movimiento en masa para el centro poblado La Salada parte baja.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Gráfico 33. Distribución porcentual de amenaza por Movimiento en masa en el centro poblado La Salada parte baja.



Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.6.9.5. Zonificación de amenaza por inundación y avenida torrencial

En el centro poblado La Salada parte baja no presenta amenazas por inundación y avenida torrencial, esto es debido a el área de estudio se encuentra a una altura considerable de 50 a 80m con respecto a la quebrada La Salada y al río Aburrá.

2.4.6.10. Centro poblado La Tolva

2.4.6.10.1. Geología Local

La geología del centro poblado La Tolva está conformada por depósitos de flujo y rocas volcánicas, estos cuerpos varían entre una edad Triásico superior a Cuaternario. Debido a que la vereda La Tolva se encuentra muy urbanizada, no se alcanzaron a observar afloramientos representativos de las unidades correspondientes, por tal motivo se hará una descripción del material encontrado en campo y será complementado con trabajos anteriores realizados en cercanías a esta zona.

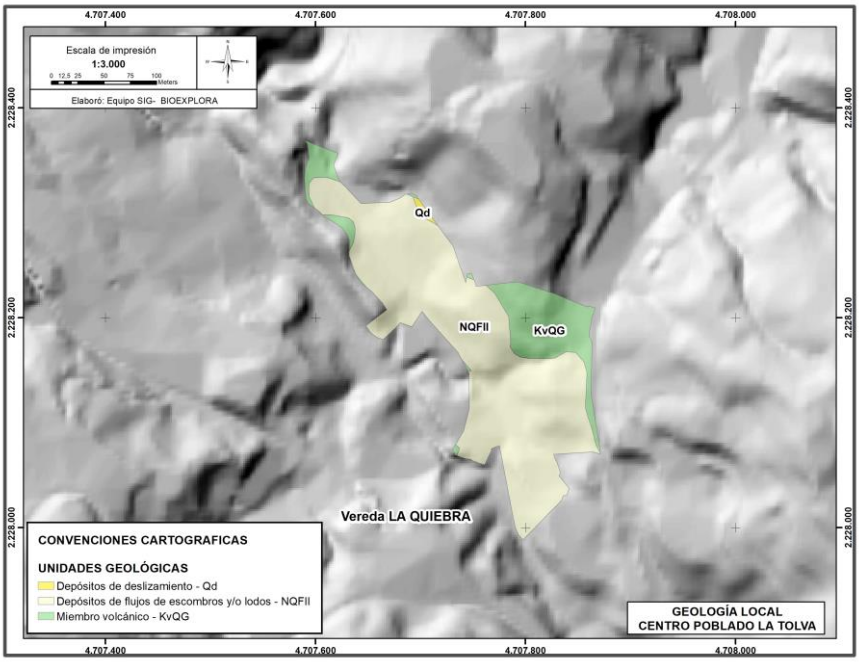


Ilustración 82.apa de unidades geológicas del centro poblado La Tolva.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

- **Miembro Volcánico (KvQG)**

Esta unidad aflora en la parte norte del centro poblado la Tolva y corresponde al 19% del área total. Por acción de procesos fluviales y su ubicación en el trópico, esta unidad ha desarrollado varios metros del perfil de meteorización, mostrando horizontes V Y VI (Dearman, 1974). Se caracteriza por presentar una matriz areno-limosa de color naranja-amarillento, con algunos bloques completamente meteorizados, en donde no se alcanzan a reconocer las características de la roca original.

Ilustración 83. Perfil de meteorización horizonte V, caracterizado por presentar una matriz areno-limosa de color naranja-amarillento.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

- **Depósitos de flujos de escombros y/o lodos (NQFII)**

Estos depósitos cubren aproximadamente 29200 m^2, siendo la unidad de mayor extensión en la zona. Los materiales pertenecientes a este depósito se clasifican como depósito de flujo de lodo, con una matriz arcillosa y cuyos clastos presentan una variación en el grado de meteorización. Los bloques presentes tienen un tamaño promedio de 40cm, mal seleccionados, de composición basáltica.

- **Depósitos de deslizamiento (Qd)**

Estos depósitos son de carácter reciente y representan el 1% del área del centro poblado. Se caracterizan por presentar una matriz limosa de color anaranjado-amarillento, con clastos meteorizados, subredondeados que varían de 1 a 4 cm y son producto de la desestabilización de las partes altas de las laderas teniendo como fuente el suelo residual del miembro volcánico.

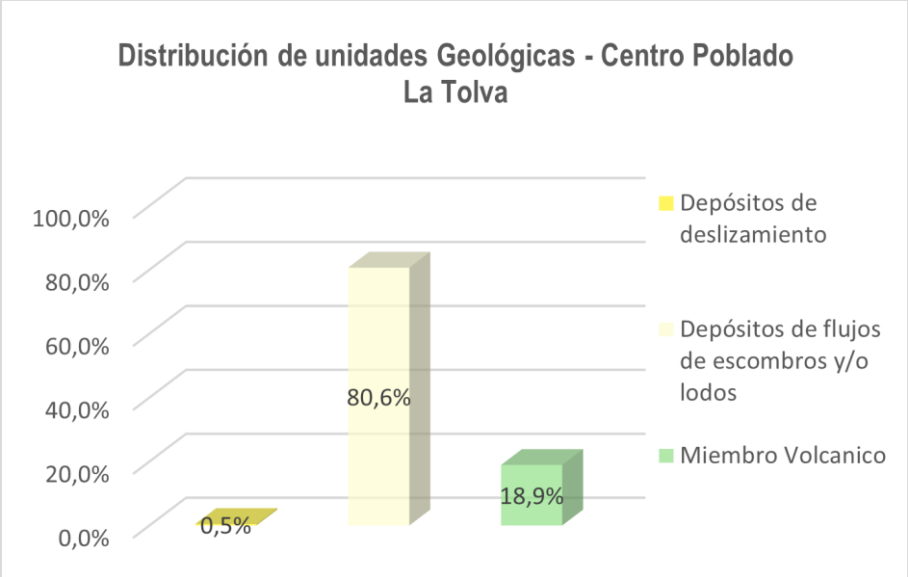
A continuación, se describen el % que representa cada unidad geológica en el centro poblado.

Tabla 38. Representación de cada unidad geológica en porcentaje del área del centro poblado La Tolva.

Centro Poblado La Tolva		
Unidad Geológica	**Área (Hectáreas)**	**Porcentaje**
Depósitos de deslizamiento	0,02	0,5%
Depósitos de flujos de escombros y/o lodos	2,92	80,6%
Miembro Volcánico	0,68	18,9%

Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Gráfico 34. Distribución de unidades geológicas en el centro poblado La Tolva.



Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.6.10.2. Geomorfología Local

Las geoformas presentes en el centro poblado La Tolva, comprenden principalmente a ambientes denudacionales,, los cuales corresponden a una escala regional a Lomos bajos (Lb) producto de la alta incisión que modela en la zona.

Las principales geoformas presentes en el centro poblado son las siguientes:

- **Cono de flujo de lodo y escombro (Dfles)**

Unidad alargada, plana a ondulada, con vertientes suaves, con una rugosidad uniforme a casi uniforme. Se encuentra localizada a lo largo de todo el centro poblado, cubriendo un área de 29200 m^2, representando el 80.7% de la zona.

- **Cono o lóbulo de deslizamiento (Dd)**

Estructura en forma de cono, con laderas de forma convexa, presentan longitudes cortas y pendientes moderadas. Su origen es relacionado de los flujos de lodo presentes en la zona.

- **Lomo denudado bajo de longitud media (Dldblm)**

Superficie alomada, de laderas de longitud de media, con vertientes empinadas a moderadas, de forma convexa. Esta unidad se localiza sobre el margen derecho de la quebrada La Lejía, cubriendo aproximadamente 6800m2 y representando el 18,8% del centro poblado. Esta geoforma es producto de la fuerte incisión por parte de la escorrentía superficial y quebradas presentes en la zona.

- **Superficies suaves en suelo residual (Dsssr)**

Superficie de morfología plana a ondulada, localizada en la parte central de la zona, cubriendo aproximadamente 20 m^2. Esta unidad se desarrolla sobre los suelos residuales del miembro volcánico y se caracteriza por presentar sectores suaves, en algunos casos pendientes moderadas, con inclinaciones principalmente entre 5-15°, convexas y de rugosidad uniforme.

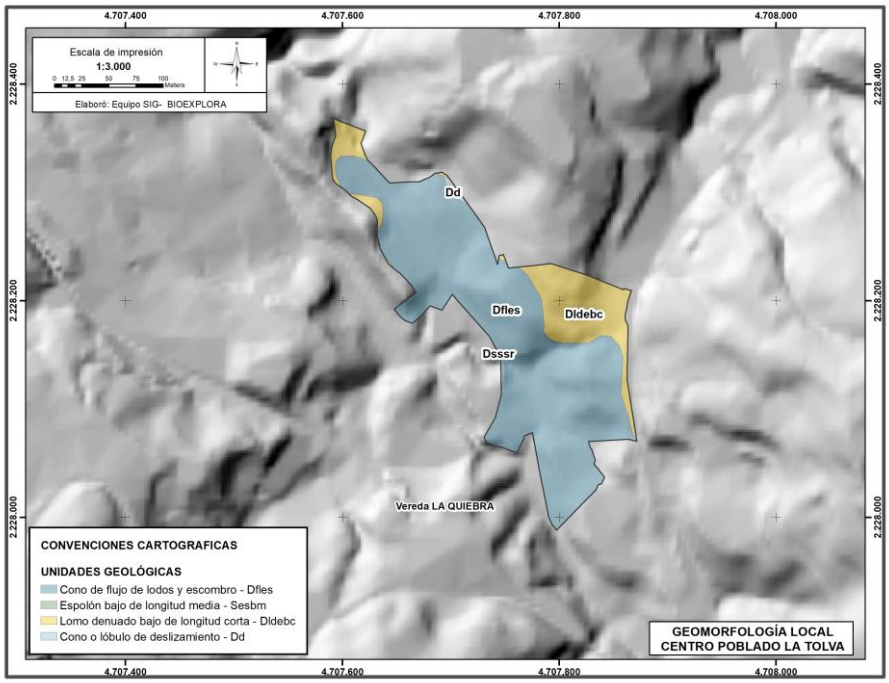


Ilustración 84. Mapa de unidades geomorfológicas del centro poblado La Tolva.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Ilustración 85.Cono de deslizamiento, conformado por suelos residuales del miembro Volcánico.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

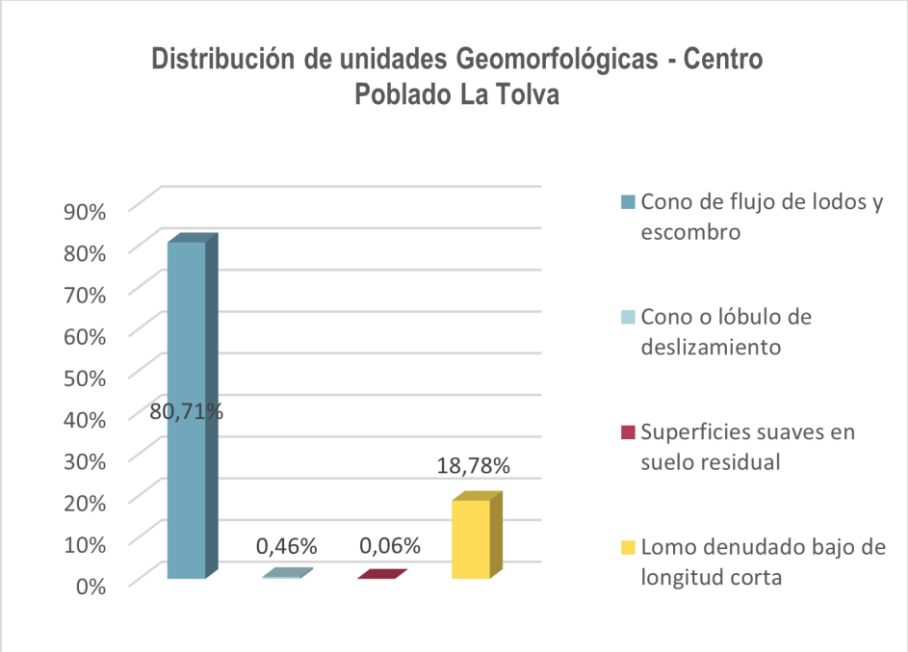
A continuación, se presenta la distribución porcentual de cada unidad geomorfológica en el centro poblado.

Tabla 39. Representación de cada unidad geomorfológica en porcentaje del centro poblado La Tolva.

Centro Poblado La Tolva		
Unidad Geomorfológica	**Área (Hectáreas)**	**Porcentaje**
Cono de flujo de lodos y escombro	2,92	80,71%
Cono o lóbulo de deslizamiento	0,02	0,46%
Lomo denudado bajo de longitud corta	0,68	18,78%
Superficies suaves en suelo residual	0,002	0,06%

Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Gráfico 35. Distribución de unidades geomorfológicas en el centro poblado La Tolva.



Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.6.10.3. Procesos morfodinámicos

En el centro poblado de la Tolva se identifican procesos activos de remoción en masa, representados por los depósitos de vertiente recientes, los cuales son producto de la alta pluviosidad, escorrentía superficial, infiltración y propiedades del suelo residual.

2.4.6.10.4. Zonificación de amenaza por movimientos en masa

Se observa que el centro poblado se caracteriza por estar clasificado en un 55,9% en la categoría de amenaza media, asociado a zonas de pendientes suaves a moderadas. Las zonas clasificadas en amenaza alta, las cuales representan el 31,3%, están relacionados a las vertientes moderadas a empinadas, y la amenaza baja en este sector este asociado a las zonas de baja inclinación, con pendientes entre 5-15°.

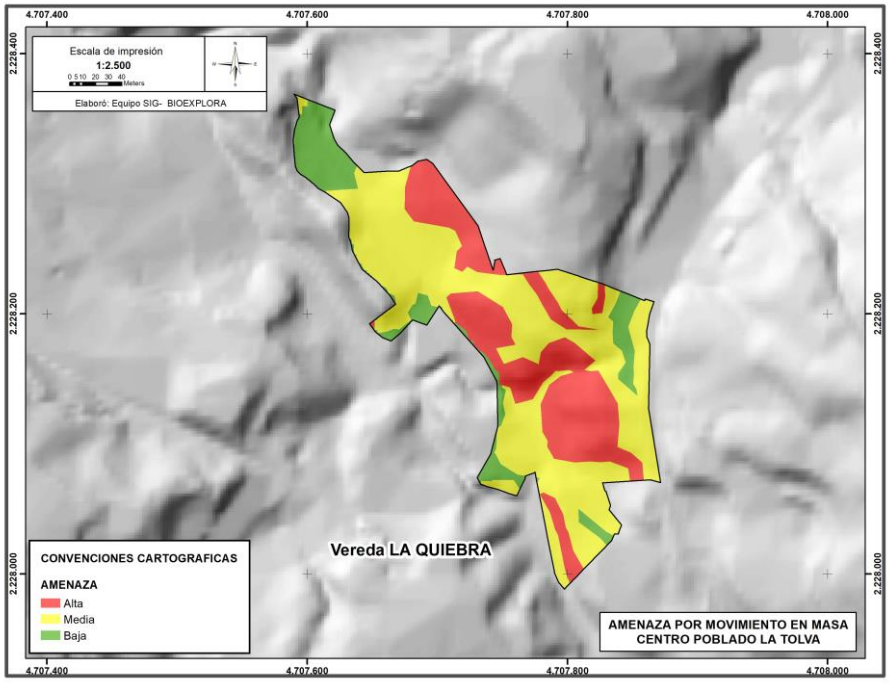
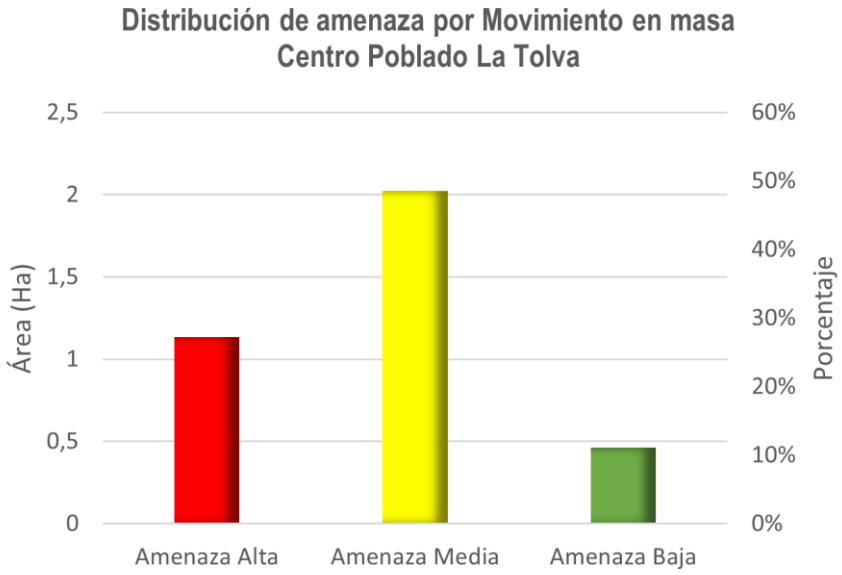


Ilustración 86.Mapa de amenaza por movimiento en masa para el centro poblado La Tolva.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Gráfico 36. Distribución porcentual de amenaza por Movimiento en masa en el centro poblado La Tolva.



Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.6.10.5. Zonificación de amenaza por inundación y avenida torrencial

Para el Centro Poblado La Tolva, se presentan franjas de amenaza por inundación en diversos sectores ,la mancha generada está asociada a la dinámica de la quebrada La lejía y los cauces que desembocan en esta; La distribución de estas de amenazas se disponen de la siguiente manera: la amenaza baja representa la mayor parte del área con un 3%, seguido de la amenaza alta con un 1,2% representada casi

en su totalidad en la parte sur de la zona, y por último en casi igual proporción la amenaza media cubriendo un 0,8%; estas áreas se caracterizan por tener vertientes moderadas a suaves y casi uniformes.

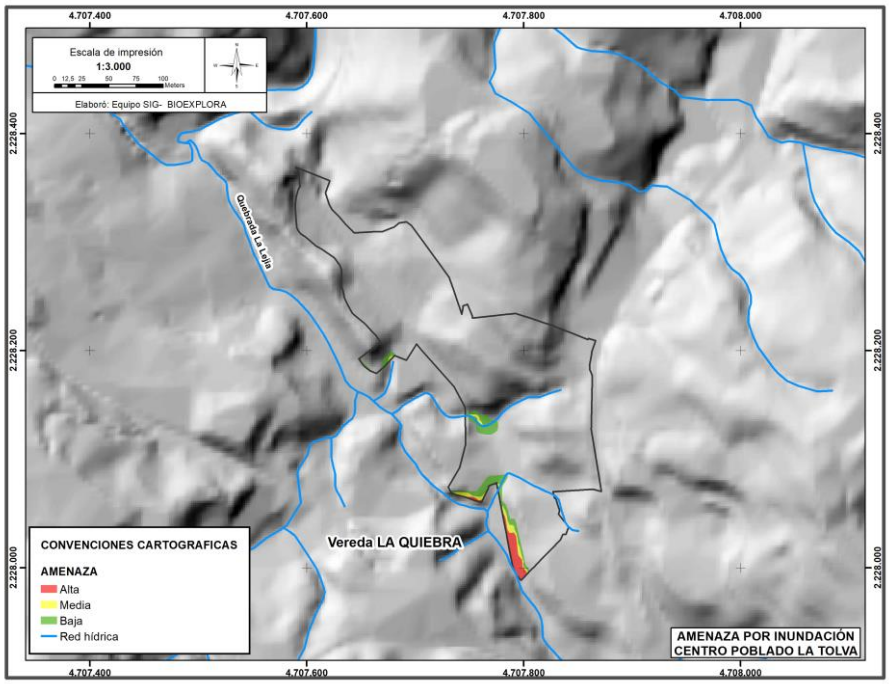
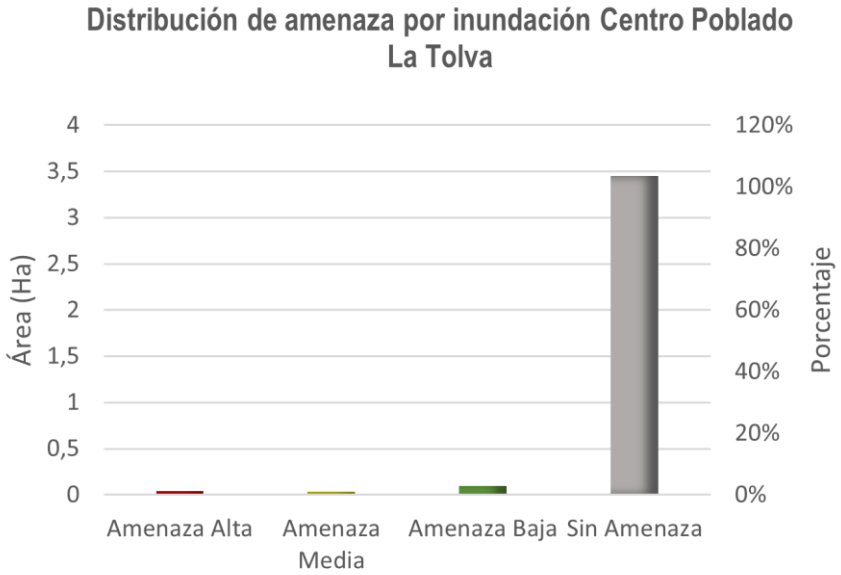


Ilustración 87.Mapa de amenaza por inundación para el centro poblado La Tolva.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Gráfico 37. Distribución de amenaza por inundación en el centro poblado La Tolva.



Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Además, se presentan amenazas por avenida torrencial , está en un 12,5% en amenaza alta, en donde el cauce muestra evidencias de la alta energía que tiene la quebrada La lejía, acompañado de las evidencias históricas muestran episodios de desbordamiento, seguido está la amenaza media con un 2,5%, asociada a los cauces que desembocan a la quebrada principal, por último, está la amenaza baja en un 2,3%, siendo zonas suaves, uniformes y de pendientes de 15°.

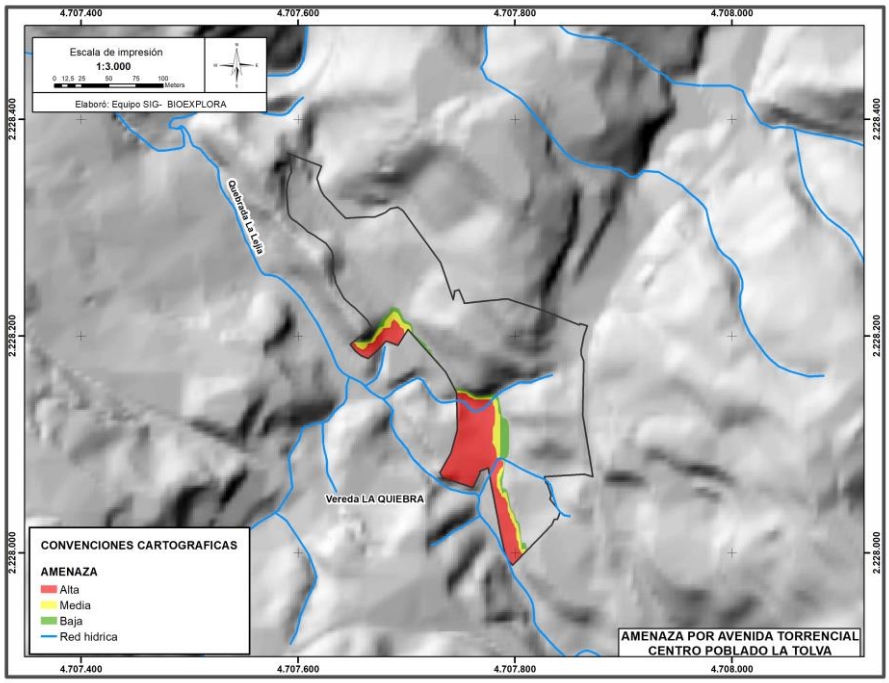
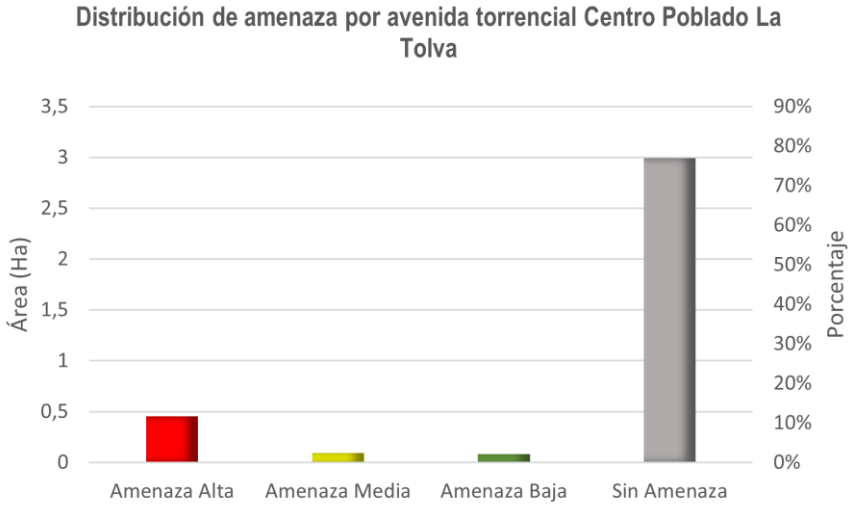


Ilustración 88.Mapa de amenaza por avenida torrencial para el centro poblado La Tolva.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Gráfico 38. Distribución de amenaza por avenida torrencial en el centro poblado La Tolva.



Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.6.11. Centro poblado La Valeria

2.4.6.11.1. Geología Local

La geología del centro poblado La Valeria está conformada por 3 unidades geológicas, como son el Miembro Volcánico de Quebradagrande, depósitos de deslizamiento y llenos antrópicos.Estas unidades serán descritas a continuación.

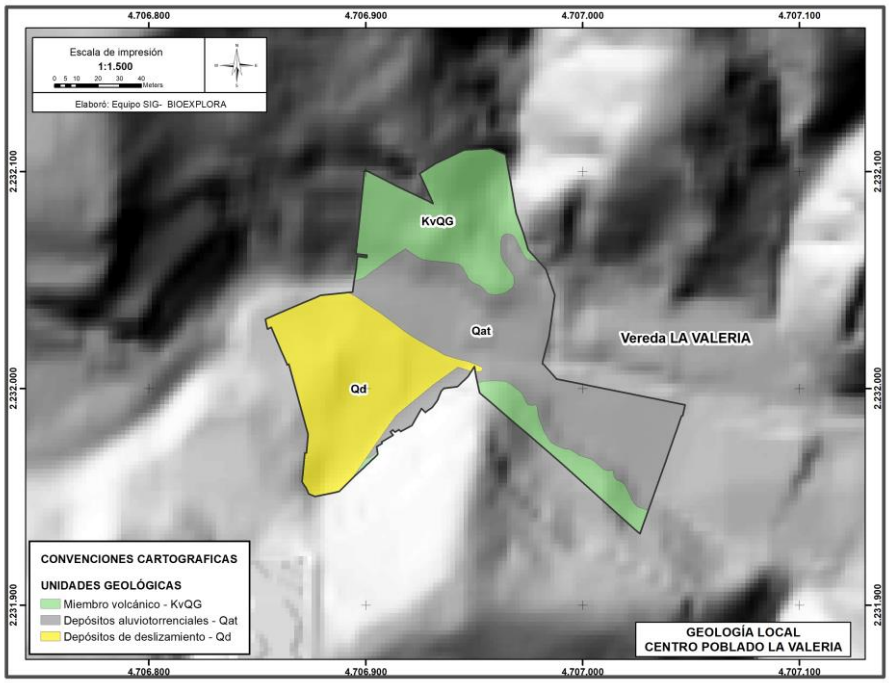


Ilustración 89.Mapa de unidades geológicas del centro poblado La Valeria.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

- **Miembro Volcánico (KvQG)**

Unidad que aflora al sur, cubriendo aproximadamente 4300 m^2 y representando el 29% del centro poblado. Este cuerpo se localiza en la parte baja de la vertiente, con unas pendientes empinadas, en donde se han desarrollado suelos residuales de espesores de menos de 2 m, con una matriz limo-arcillosa de color café-amarillento. En esta zona no se alcanzan a reconocer estructuras ni minerales de la roca original. Además, estos suelos residuales se encuentran altamente susceptibles a procesos de remoción en masa, debido a su poca compactación y propiedades de estos materiales de tamaño fino.

- **Depósitos aluviotorrenciales (Qat)**

Esta unidad se asocia a la dinámica fluvial de la quebrada La Valeria, se presentan como bloques de diferente composición, con un tamaño que varía entre 10-30 cm, angulosos, con esfericidad media, envueltos en una matriz arcillosa. Se encuentran en contacto discordante con el miembro volcánico.

Ilustración 90.Depósitos torrenciales asociados a la dinámica fluvial de la quebrada La Valeria.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

- **Depósitos de deslizamiento (Qd)**

El centro poblado La Valeria se encuentra desarrollado en su mayoría sobre depósitos de deslizamiento (Figura 163), cubriendo un área de 4300 m^2, siendo así uno de los dos cuerpos con menor extensión en la zona. Estos depósitos se caracterizan por presentar clastos de menos de 1cm, envueltos en una matriz limo-arenosa de color amarillo. Son producto de la desestabilización de las rocas fuertemente meteorizadas del miembro Volcánico en la parte alta de la vertiente, depositándose material fino en la parte baja de la ladera.

Ilustración 91.Viviendas del centro poblado La Valeria ubicadas sobre depósitos de deslizamiento.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

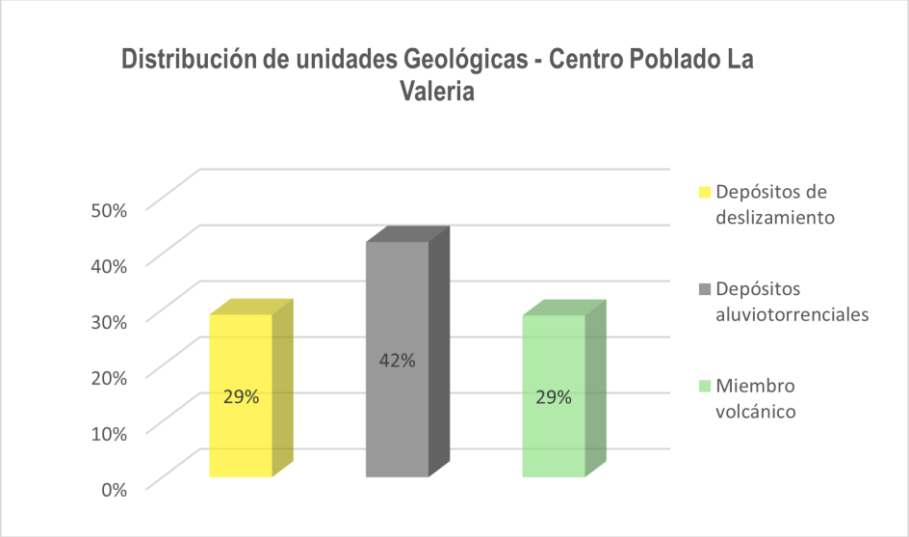
A continuación, se describen el % que representa cada unidad geológica en el centro poblado.

Tabla 40. Representación de cada unidad geológica en porcentaje del centro poblado La Valeria.

Centro Poblado La Valeria		
Unidad Geológica	**Área (Hectáreas)**	**Porcentaje**
Depósitos de deslizamiento	0,43	29%
Depósitos aluviotorrenciales	0,63	42%
Miembro volcánico	0,43	29%

Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Gráfico 39. Distribución de unidades geológicas en el centro poblado La Valeria.



Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.6.11.2. Geomorfología Local

El centro poblado La Valeria se encuentra localizado sobre la margen izquierda de la quebrada La Valeria.; su caracterización geomorfológica regional, está enmarcada en el paisaje de montaña, y más localmente sobre conos o lóbulos de deslizamiento y llanuras y terrazas aluviotorrenciales, los cuales representan la mayor parte de la zona. A continuación, se presenta la descripción de las subunidades y el mapa geomorfológico del centro poblado.

.

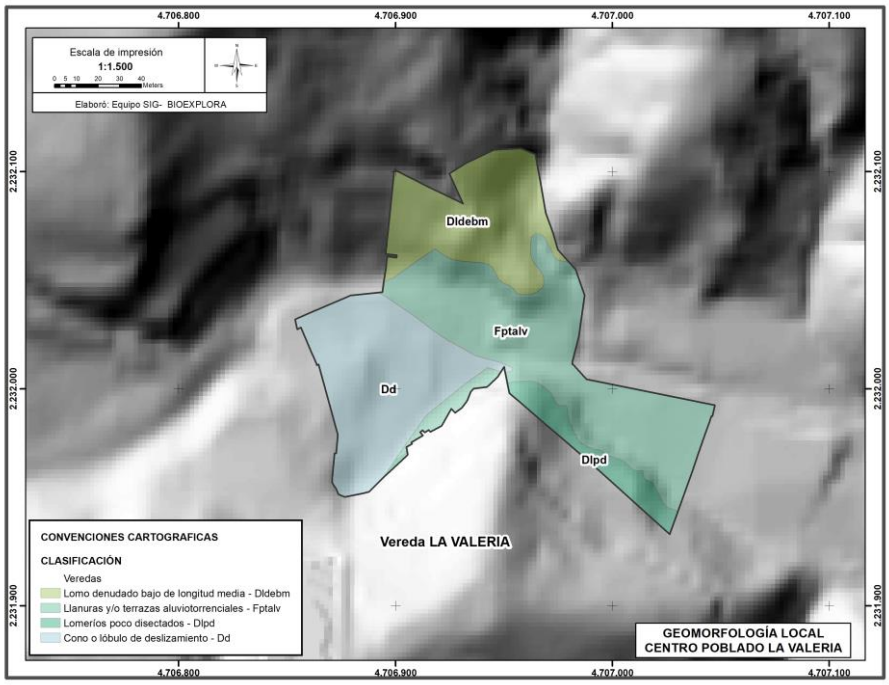


Ilustración 92.Mapa de unidades geomorfológicas en el centro poblado La Valeria.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

- **Cono o lóbulo de deslizamiento (Dd)**

Esta geoforma está representada por superficies onduladas, de forma cóncava y longitud corta, con pendientes suaves y uniformes; se encuentran limitadas hacia las partes altas por lomos disectados desarrollados sobre suelos residuales, los cuales son la fuente del material que se depositó. Sobre esta geoforma se encuentra desarrollado la mayoría de las viviendas del centro poblado La Valeria.

- **Llanuras y/o terrazas aluviotorrenciales (Fptalv)**

Geoforma formada por la dinámica fluvial de la quebrada La Valeria, la cual frente a eventos de crecientes puede ser inundada. Se caracteriza por ser de morfología plana, con pendientes suaves entre 5-15° y en donde se encuentra asentado parte de la comunidad de la Valeria.

- **Lomeríos poco disectados (Dlpd)**

Geoforma que a nivel local se observa como una vertiente empinada, convexa, muy rugosa, de unos 50 m de largo, localizándose detrás de la comunidad (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Esta superficie se encuentra desarrollada sobre los suelos residuales del miembro volcánico, por tal motivo, debido a sus altas pendientes, al material presente y a los procesos de reptación generados por la ganadería, se encuentra susceptible a procesos de remoción en masa.

Ilustración 93.Vertiente izquierda de la unidad geomorfológica de los lomeríos poco disectados.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

- **Lomo denudado bajo de longitud media (Dldebm)**

Esta geoforma localmente se observa como una vertiente de morfología ondulada a quebrada, convexa, con una longitud de 60m, con pendientes moderadas a empinadas, muy rugosas, localizada en la margen izquierda de la quebrada La Valeria. Esta unidad cubre aproximadamente 3300m2, representando el 22% del centro poblado. En general, estos lomos han sufrido fuertes procesos denudativos por parte de la acción fluvial, generando que en sus vertientes se produzcan procesos de remoción en masa de los suelos residuales del miembro Volcánico a diferentes escalas.

A continuación, se presenta la distribución porcentual de cada unidad geomorfológica en el centro poblado.

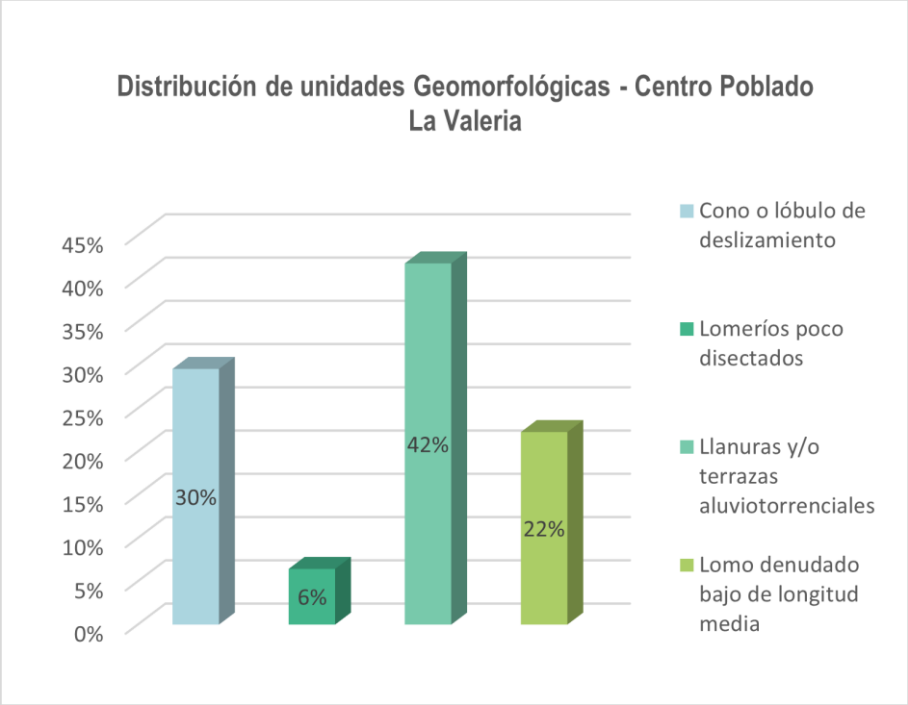
Tabla 41. Representación de cada unidad geomorfológica en porcentaje del centro poblado La Valeria.

Centro Poblado La Valeria		
Unidad Geomorfológica	**Área (Hectáreas)**	**Porcentaje**
Cono o lóbulo de deslizamiento	0,43	30%
Llanuras y/o terrazas aluviotorrenciales	0,63	42%
Lomeríos poco disectados	0,10	6%

Lomo denudado bajo de longitud media	0,33	22%

Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Gráfico 40. Distribución de unidades geomorfológicas en el centro poblado La Valeria.



Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.6.11.3. Procesos morfodinámicos

En el centro poblado La Valeria, no se observan procesos de remoción en masa activos. Esto es producto de las pendientes suaves que se presentan en la mayoría de la zona. Sin embargo, se observan depósitos de deslizamiento producto de la desestabilización de la ladera que se encuentra en dirección a las viviendas.

2.4.6.11.4. Zonificación de amenaza por movimientos en masa

El centro poblado La Valeria, se encuentra mayoritariamente clasificado en una zona de amenaza baja en un 65%.; esta área presenta zonas con vertientes suavizadas, convexas con pendientes entre 5-15°, representada por los depósitos de deslizamiento. Las áreas de amenaza por movimientos en masa media se caracterizan por tener vertientes moderadas, de pendientes entre 15-30° y por último está la amenaza alta, la cual representa el 11% y está asociada principalmente a las vertientes empinada, las cuales están afectadas por procesos de reptación producto de la ganadería con pendientes entre 30-45°.

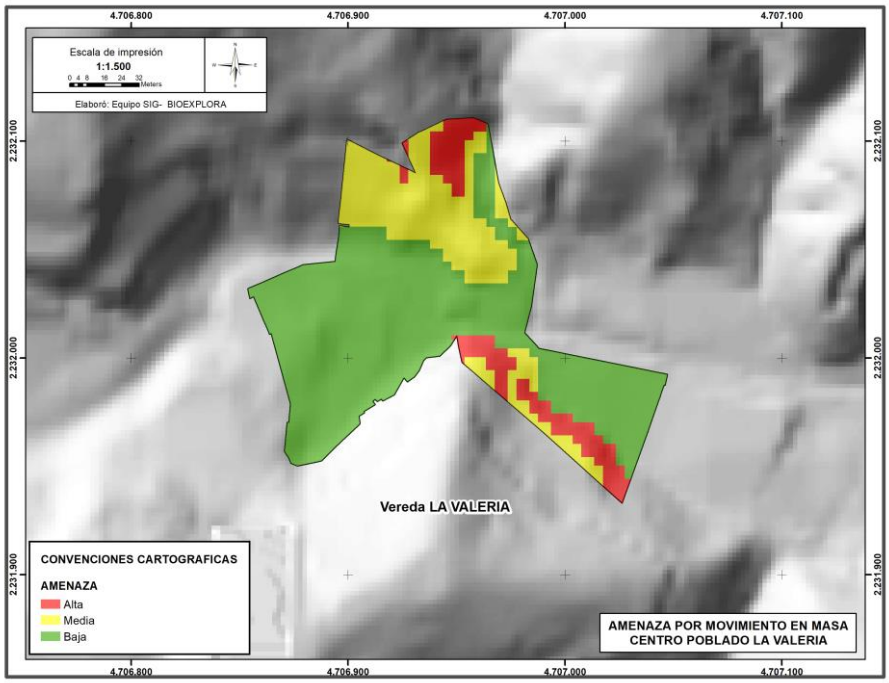
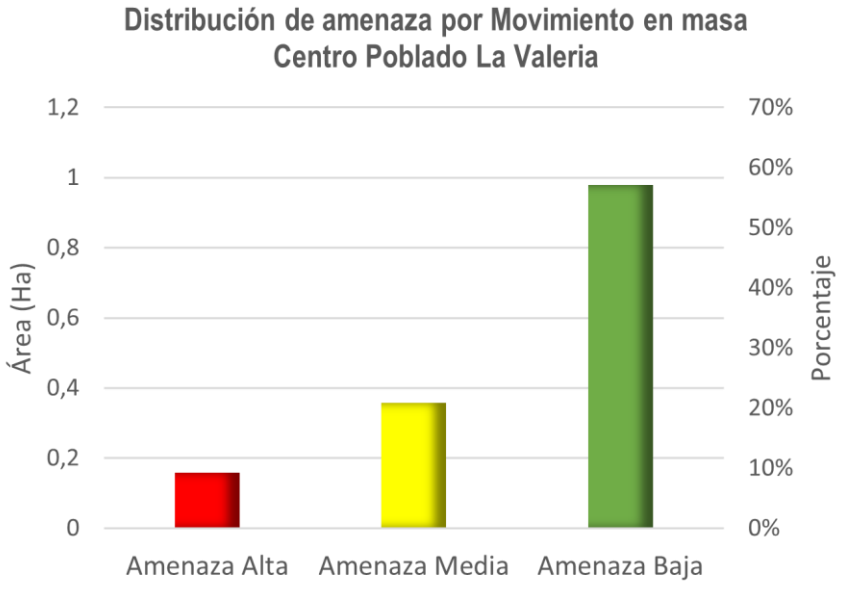


Ilustración 94.Mapa de amenaza por movimiento en masa para el centro poblado La Valeria.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Gráfico 41. Distribución porcentual de amenaza por Movimiento en masa en el centro poblado La Valeria.



Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.6.11.5. Zonificación de amenaza por inundación y avenida torrencial

De acuerdo con la amenaza por inundación en el municipio, el centro poblado de La Valeria presenta una zona de amenaza por inundación asociada al cauce de la quebrada La Valeria, asociado a las llanuras y/o terrazas presentes en la zona.

Estas zonas ocupan una considerable extensión de la parte baja de la vertiente, donde se observa una alta densidad de ocupación. Estas zonas se caracterizan por ser de topografía ondulada a plana de pendientes

suaves a localmente moderadas. Su favorable configuración geométrica y la presencia de la corriente antes descrita generan unas condiciones favorables para la generación de fenómenos de inundación.

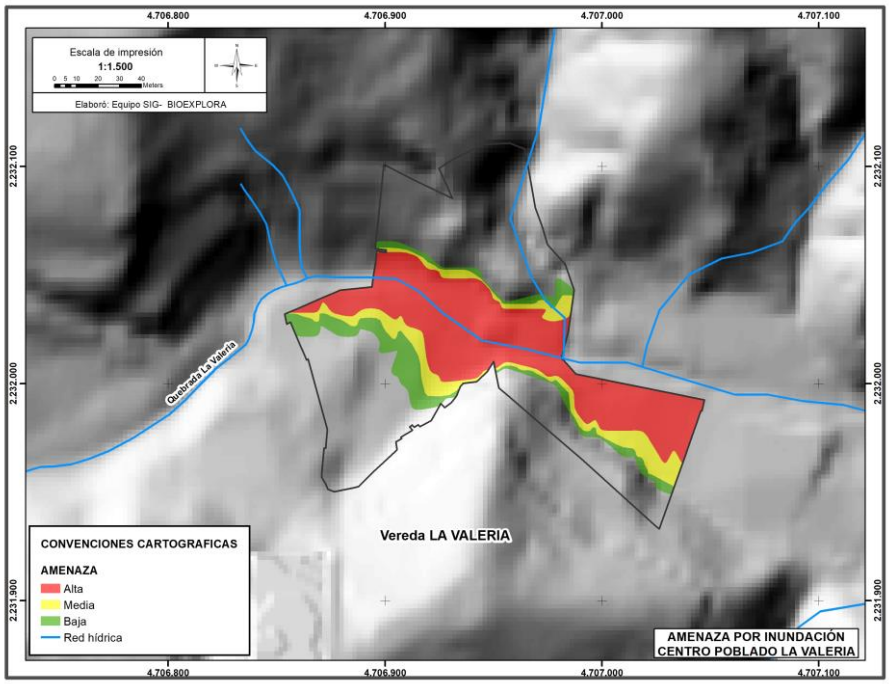
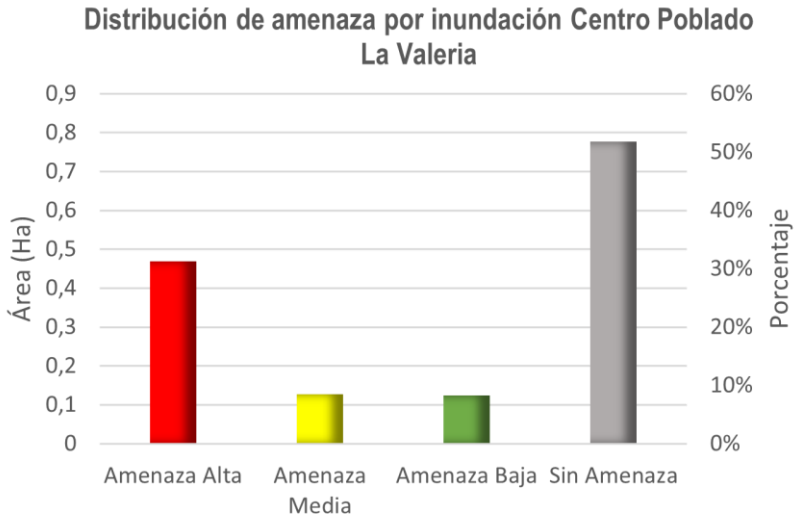


Ilustración 95.Mapa de amenaza por inundación para el centro poblado La Valeria.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Gráfico 42. Distribución de amenaza por inundación en el centro poblado La Valeria.



Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

La amenaza por avenida torrencial en el centro poblado La Valeria está asociada a la extensión de los depósitos aluviotorrenciales, siendo las evidencias geomorfológicas las que priman en estos sectores. La zona está en su mayoría clasificada en amenaza alta, estando la mancha asociada al cauce y a las áreas más cercanas a esta. Seguido está la amenaza medida y baja, que al igual que la amenaza alta, se extiende hasta los depósitos aluviotorrenciales asociados a la quebrada La Valeria.

.

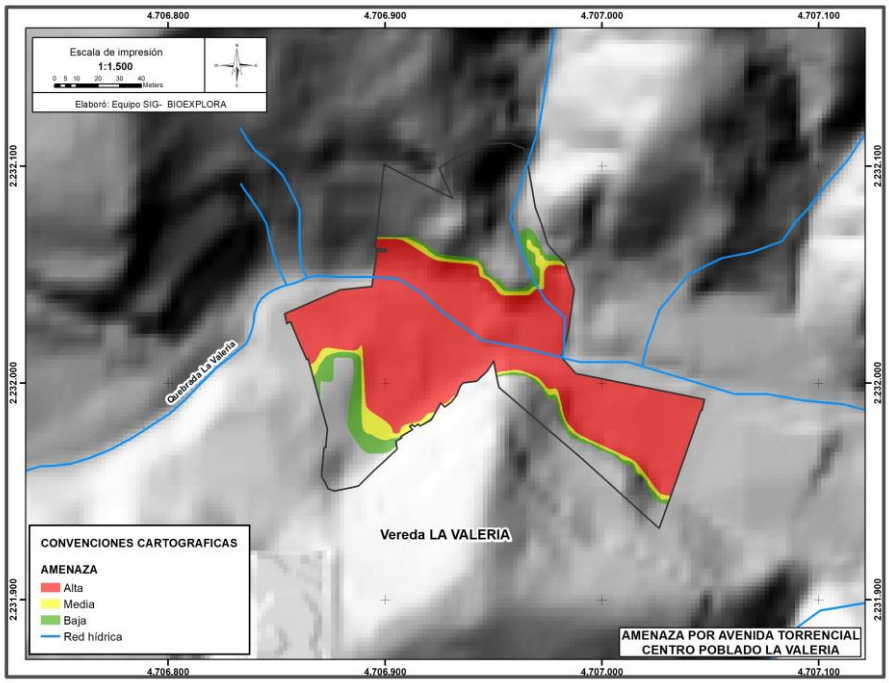
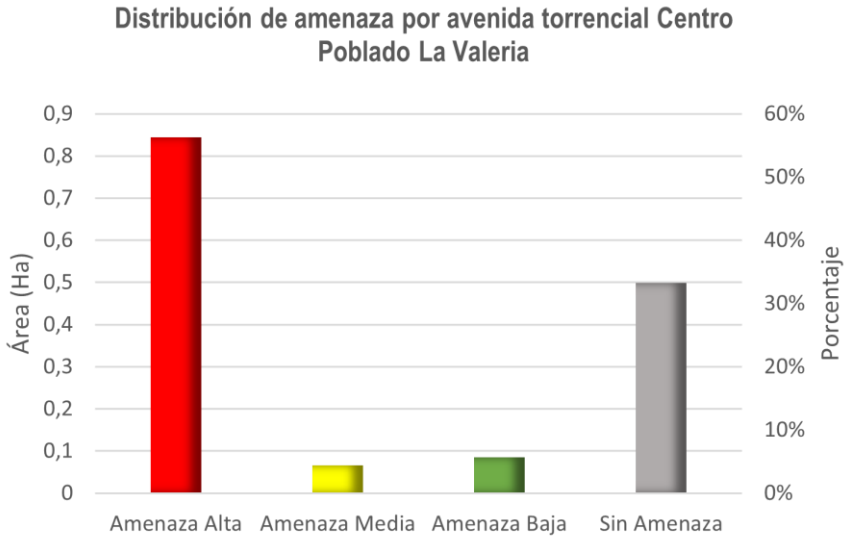


Ilustración 96.Mapa de amenaza por avenida torrencial para el centro poblado La Valeria.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Gráfico 43. Distribución de amenaza por avenida torrencial en el centro poblado La Valeria.



Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.6.12. Centro poblado Quiebrapatas

2.4.6.12.1. Geología Local

En el centro poblado Quiebrapatas se encuentran 2 unidades geológicas, representadas por los miembros Volcánico y Volcanosedimentario de Quebradagrande. Estas unidades serán descritas a continuación.

- **Miembro Volcanosedimentario (KvsQG)**

Esta unidad aflora sobre la mayor parte del centro poblado, cubriendo un área de 10200 Ha, representando el 91,3% de la zona; son cuerpos de lutitas con una orientación norte-sur, que están en contacto fallado dentro del miembro volcánico.

- **Miembro Volcánico (KvQG)**

Unidad que aflora al oeste, cubriendo aproximadamente 1000 m^2 y representando el 8,7% del centro poblado. Este cuerpo se localiza en la parte baja de la vertiente, caracterizándose por presentar pendientes suaves y uniformes, en donde se han desarrollado suelos residuales de espesores de menos de 2m, con una matriz limo-arcillosa de color café-amarillento. En esta zona no se alcanzan a reconocer estructuras ni minerales de la roca original.

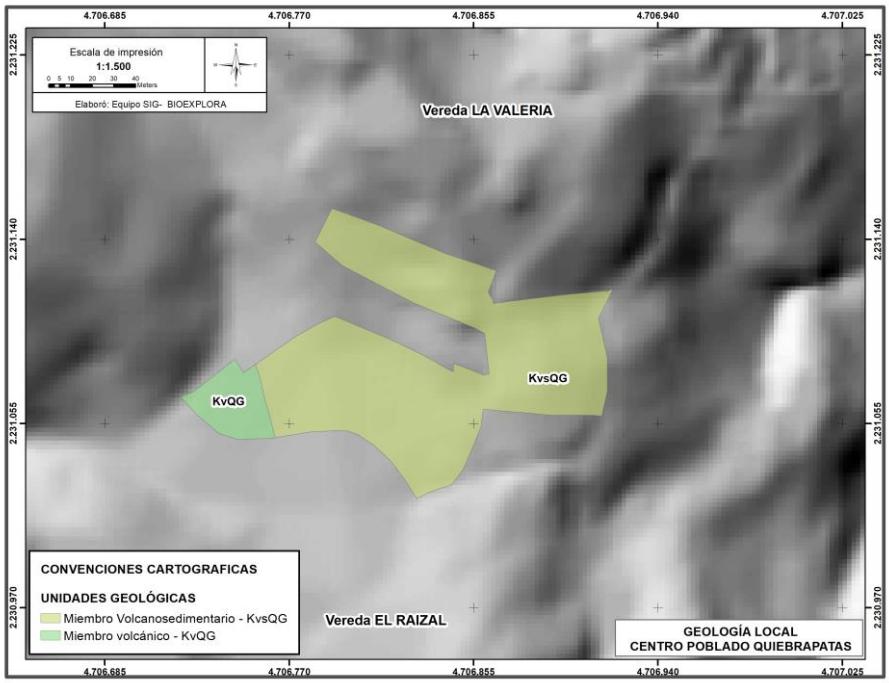


Ilustración 97.Mapa de unidades geológicas del centro poblado Quiebrapatas.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

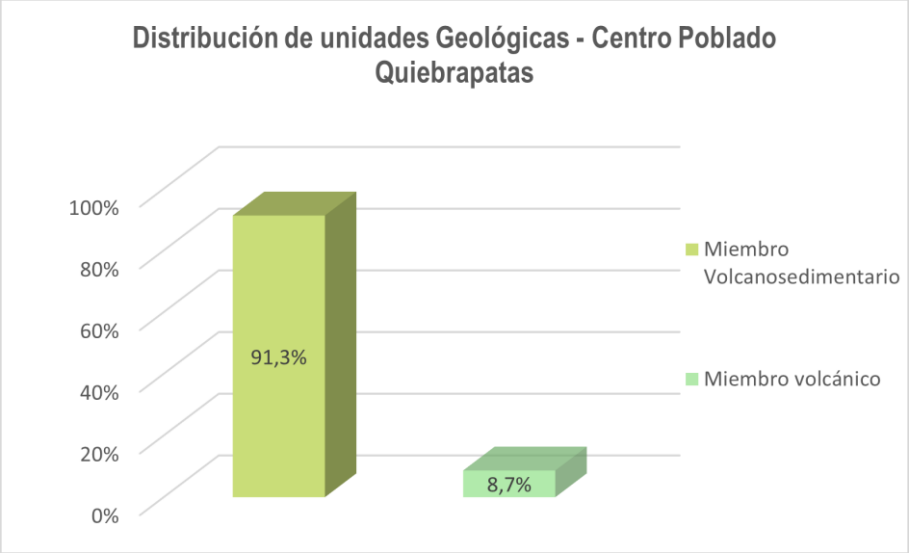
A continuación, se describen el % que representa cada unidad geológica en el centro poblado.

Tabla 42. Representación de cada unidad geológica en porcentaje del centro poblado Quiebrapatas.

Centro Poblado Quiebrapatas		
Unidad Geológica	**Área (Hectáreas)**	**Porcentaje**
Miembro Volcanosedimentario	1,02	91,3%
Miembro volcánico	0,10	8,7%

Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Gráfico 44. Distribución de unidades geológicas en el centro poblado Quiebrapatas.



Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.6.12.2. Geomorfología Local

Las geoformas presentes en el centro poblado Quiebrapatas, comprenden principalmente a ambientes denudacionales, los cuales corresponden a una escala local a superficies suaves irregulares y a vertientes moderadas poco incisadas.

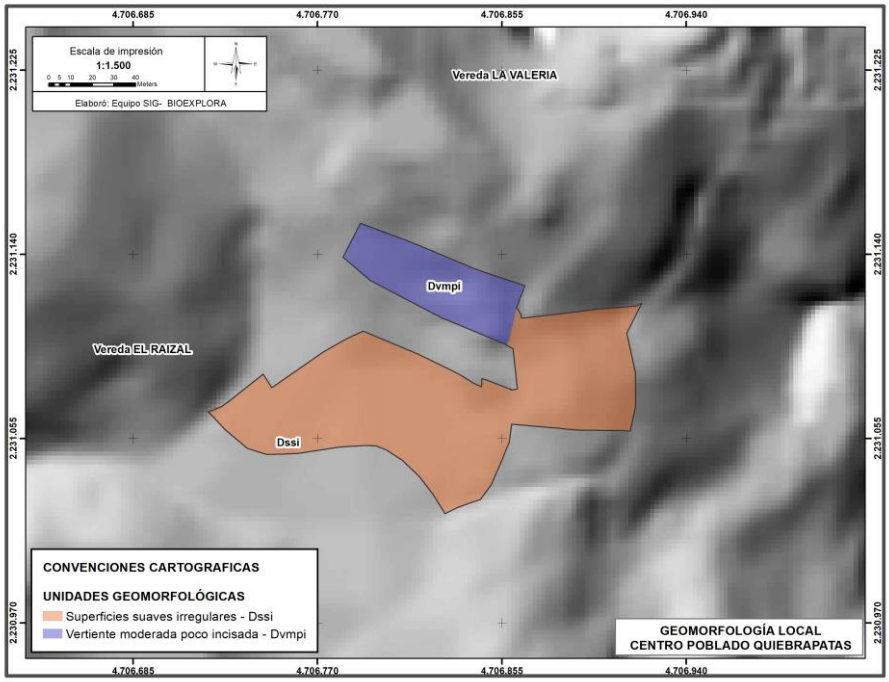


Ilustración 98.Mapa de unidades geomorfológicas del centro poblado Quiebrapatas
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

- **Superficies suaves irregulares (Dssi)**

Superficie de morfología suave a ondulada, de rugosidad uniforme a casi uniforme en algunos sectores, convexas, con inclinaciones en promedio de 5°. En esta geoforma se ubican la mayoría de las viviendas, cubriendo aproximadamente 9000 m^2, representando el 18,7% del área, siendo así la unidad geomorfológica de mayor extensión en la zona.

- **Vertiente moderada poco incisada (Dvmpi)**

Ladera localizada en la parte norte del centro poblado con una dirección N-S, cubriendo aproximadamente 2100 m². Se caracteriza por presentar pendientes y una rugosidad moderada, convexas, con inclinaciones entre 15-30°; la unidad no ha sido afectada por grandes procesos denudativos, siendo los principales agentes de erosión las aguas de escorrentía.

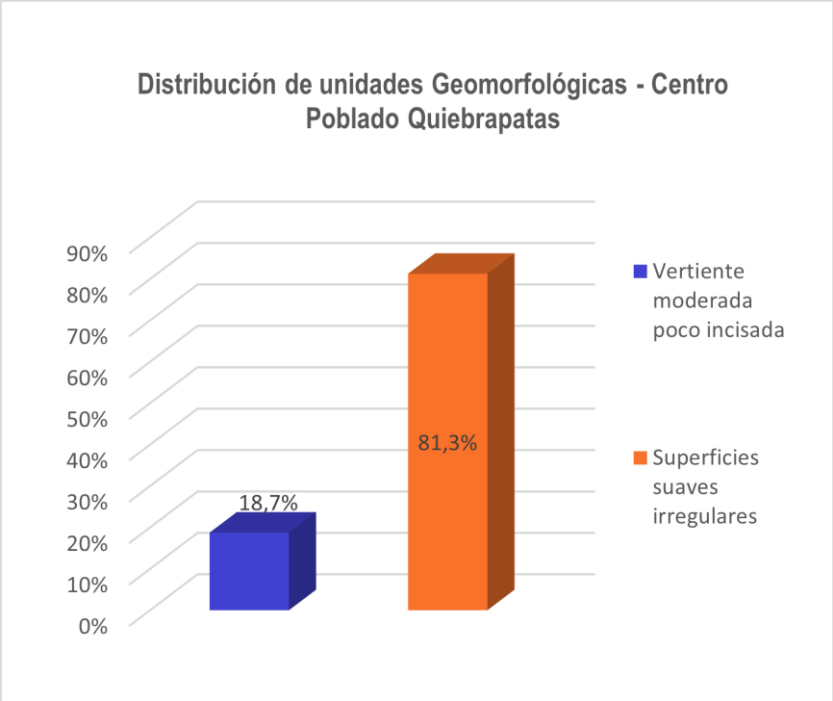
A continuación, se presenta la distribución porcentual de unidad geomorfológica en el centro poblado.

Tabla 43. Representación de cada unidad geomorfológica en porcentaje del centro poblado Quiebrapatas.

Centro Poblado Quiebrapatas		
Unidad Geomorfológica	**Área (hectáreas)**	**Porcentaje**
Superficies suaves irregulares	0,90	18,7%
Vertiente moderada poco incisada	0,21	81,3%

Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Gráfico 45. Representación de cada unidad geomorfológica en % del centro poblado Quiebrapatas.



Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.6.12.3. Procesos morfodinámicos

En el centro poblado Quiebrapatas, no se observan procesos de remoción en masa activos. Sin embargo, producto de los cortes para uso residencial pueden ocasionar la desestabilización de las laderas.

2.4.6.12.4. Zonificación de amenaza por movimientos en masa

El centro poblado Quiebrapatas se encuentra clasificado en su mayoría por amenaza baja en un 84%, caracterizado por ser zonas de pendientes suaves a planicies, con inclinaciones entre 0-5°. La amenaza media representa el 16% del área, y está asociada principalmente a vertientes con pendientes moderadas, con inclinaciones entre 15-30° y con superficies moderadamente rugosas.

El centro poblado Quiebrapatas no se encuentra clasificado en amenaza alta por movimiento en masa, esto es producto a las explanaciones realizadas y a las superficies del terreno naturales que tienden a ser zonas de baja susceptibilidad a deslizamientos.

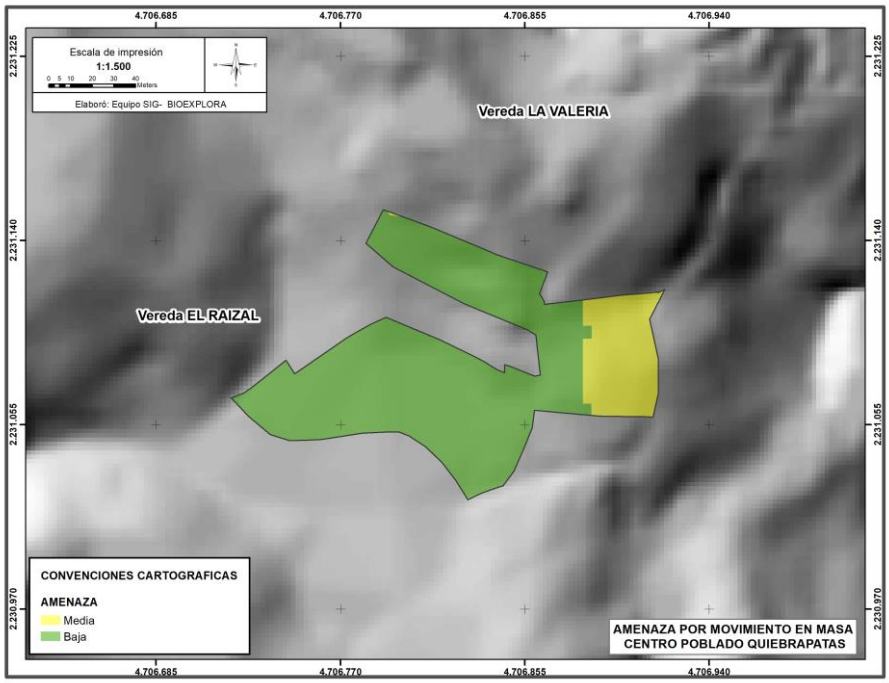


Ilustración 99.Mapa de amenaza por movimiento en masa para el centro poblado Quiebrapatas.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

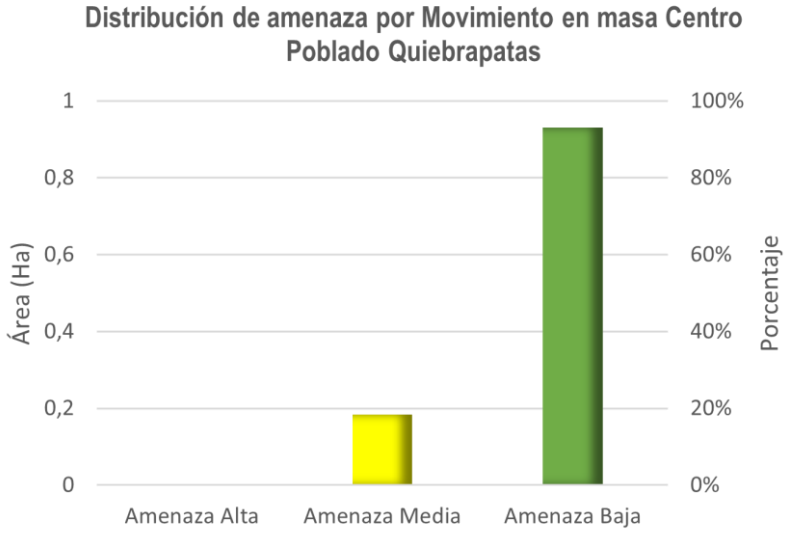


Gráfico 46. Distribución porcentual de amenaza por Movimiento en masa en el centro poblado Quiebrapatas.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.4.6.12.5. Zonificación de amenaza por inundación y avenida torrencial

En el centro poblado Quiebrapatas no presenta amenazas por inundación y avenida torrencial, localizándose en zonas altas con ausencia de afluentes que afecten la zona.

2.4.6.13. Análisis comparativo de amenazas en centros poblados

A continuación, se presenta un análisis comparativo de las amenazas presentes en centros poblados, de acuerdo con análisis del EBA del año 2017 y los resultados del presente estudio. Esto permite evaluar las condiciones de amenaza a las que han estado y estará sujeto el desarrollo de estos centros poblados.

CENTRO POBLADO	AMENAZAS 2017	AMENAZAS 2021
La Aguacatala	El resultado indica principalmente zonas de amenaza media y alta por remoción en masa si se tiene en cuenta las características topográficas como la fuerte pendiente, que asociado a un inadecuado manejo de las aguas superficiales genera laderas susceptibles a este tipo de procesos. Por su parte, la amenaza por inundación no afecta a la zona, debido a que solo se presentan aguas efímeras en periodos de fuertes lluvias que duran algunas horas.	La amenaza por movimiento en masa se encuentra asociada principalmente a las pendientes fuertes de las laderas y a la composición de los suelos residuales del Miembro volcánico. A su vez, no se presenta amenaza por inundación y avenida torrencial, siendo solo cauces efímeros que se presentan en el centro poblado.
La Chuscala	El centro poblado está clasificado casi en su totalidad en amenaza media y baja, asociados a zonas con pendientes suaves a moderadas y en donde se han realizado obras para uso residencial. No se identificaron zonas de amenaza por inundación y avenida torrencial, siendo la quebrada adyacente al centro poblado de carácter intermitente, con poco potencial para generar este tipo de eventos.	La amenaza por movimiento en masa se encuentra distribuida 90% en las categorías media y baja y solo el 10% en categoría alta. Se asocia principalmente a las pendientes de la zona, siendo los sectores con desarrollo de suelos residuales y pendientes fuertes a escapadas las más susceptibles a presentar procesos de remoción en masa. El acelerado proceso de construcción que se evidencia en este centro poblado, con sus posteriores consecuencias de modificación de las geoformas, el mal manejo de aguas residuales y de escorrentía, así como los cambios en los usos del suelo, podrían provocar eventos de movimientos en masa que podrían afectar infraestructura, bienes o vidas humanas. La ausencia de cauces permanentes con la capacidad de generar potencial destructible e inundable y la ubicación del centro poblado genera que la zona se encuentre ausente de eventos por inundación y avenida torrencial.
La Clara	En el Centro Poblado se presenta principalmente procesos de socavación por parte del cauce, afectando la banca en donde se encuentra la vía principal y algunas viviendas. La mayoría de la zona se encuentra en amenaza alta por inundación, ubicándose sobre toda la llanura aluvial. En cuanto la amenaza por movimiento en masa predomina la categoría de amenaza baja siendo zonas planas con pendientes de menos de 5°.	El centro poblado presenta una amplia zona de amenaza por inundación y avenida torrencial de categoría alta, asociada al cauce del río Aburrá, cuyas evidencias históricas muestran episodios de desbordamiento. La amenaza por movimiento en masa del centro poblado, se encuentran en las categorías media a baja, las zonas de amenaza media corresponden a las áreas que tienen mayor pendiente.
La Corrala	Las vertientes que conforman el centro poblado se encuentran clasificadas principalmente en amenaza media y alta por movimiento en masa, siendo las aguas superficiales, el mal manejo de aguas y el corte en los taludes procesos que aceleran y producen que las laderas de la zona sean susceptibles a procesos de remoción en masa. No se definió zonas de amenaza por inundación y avenida torrencial, esto es producto de la ubicación del centro poblado y a la poca capacidad de las quebradas adyacentes para generar un evento de avenida torrencial.	El centro poblado se encuentra en su mayoría clasificado en amenaza media por movimientos en masa, siendo representado principalmente por las pendientes moderadas y los suelos residuales de los Esquistos de Caldas, siendo zonas susceptibles a procesos de remoción en masa. No hay zonas de amenaza por inundación ni avenida torrencial, esto es producto de la ubicación del centro poblado al estar en la parte media de la vertiente sin presencia de corrientes.
La Miel	Se presentan explanaciones realizadas para construcción de viviendas que han dejado algunos taludes verticales que, debido a la filtración de aguas superficiales de la parte alta, ocasionan la desestabilización de éstos y provocan desplomes que afecta a las viviendas aledañas. Esta zona se clasifica principalmente como de amenaza media por remoción en masa. Por otra parte, se clasifica como amenaza alta por inundación las zonas aledañas a la quebrada La Miel, teniendo como principales zonas inundables	Respecto a los movimientos en masa, en el centro poblado predomina la categoría baja, ubicándose en la parte baja de la vertiente. con algunos sectores amenaza media y alta, asociado a algunos taludes que tienen una pendiente alta y zonas con intervención. Respecto a los eventos hidrológicos, avenida torrencial e inundación, se presenta una franja de terreno en categoría alta, a lo largo del margen de la quebrada, cubriendo entre 2 y 4 ha del territorio del centro poblado.

CENTRO POBLADO	AMENAZAS 2017	AMENAZAS 2021
	las zonas clasificadas dentro de la llanura de inundación del cauce.	
La Quiebra	Se categoriza la mayor parte del centro poblado en amenaza media y algunas partes amenaza alta por procesos de remoción en masa, dada las características topográficas donde predominan las pendientes moderadas a empinadas. No se clasifico amenaza por inundación y avenida torrencial para este centro poblado, ubicándose en las partes altas de la vertiente.	La amenaza por movimiento en masa en el centro poblado está asociada a las zonas de mayor pendiente ubicadas en la zona noreste y sureste del área donde se presentan amenazas media-alta. No se presenta amenaza por inundación ni avenida torrencial.
El Raizal	Se presentan las zonas con mayor pendiente como zonas de amenaza alta por remoción en masa, ubicados hacia la parte norte y sur de la zona de estudio. No se presenta amenaza por inundación y avenida torrencial.	La amenaza por movimiento en masa se encuentra asociada principalmente a las zonas de mayor pendiente, siendo la amenaza media la predominante, localizada a lo largo del centro poblado, mientras que las amenazas por avenida torrencial e inundación no se presentan debido a la ubicación del centro poblado y la ausencia de drenajes permanentes.
La Raya	El centro poblado La Raya se encuentra principalmente clasificado en amenaza alta y media por procesos de remoción en masa, ubicándose la mayoría de la población en la parte de media de la ladera, donde predominan las pendientes empinadas y aguas de escorrentía. Se identificó una zona por amenaza por inundación en el parte norte asociado a la quebrada La Raya.	Las condiciones de amenaza por movimiento en masa del centro poblado, se encuentran en la categoría alta a media, las zonas de amenaza alta corresponden a las vertientes empinadas y las de amenaza media a laderas con pendientes moderadas a suaves. No se presentan amenazas por inundación ni avenida torrencial. Sin embargo, en la parte norte y en otras zonas aledañas al área de estudio se presentan evidencias geomorfológicas de depósitos torrenciales asociados a la quebrada La Raya, los cuales están muy elevados respecto al cauce actual de la corriente.
La Salada parte baja	Se categoriza la mayor parte del centro poblado en amenaza baja y media por procesos de remoción en masa, dada las características topográficas, donde la comunidad se encuentra asentada en la cima de los lomos, en donde predominan las pendientes suaves. No se identifica zonas de amenaza por inundación y avenida torrencial.	La zona está clasificada mayoritariamente en amenaza baja por movimientos en masa, siendo sectores planos localizados en la parte centro y sur del centro poblado. Se observan una pequeña zona de amenaza alta por remoción en masa en la parte norte, No se presenta amenaza por inundación ni avenida torrencial.
La Tolva	La zona está clasificada en su mayoría en amenaza baja por procesos de remoción en masa, asociados a zonas onduladas a algunos sectores quebrados, en donde se ubica la mayoría de la población de la Tolva. Se identifica amenaza alta por inundación en la parte sur del centro poblado asociado a la dinámica fluvial de la quebrada de La lejía.	La amenaza por procesos de remoción en masa en la zona está asociada a las pendientes, siendo las laderas con vertientes moderadas a empinadas zonas de amenaza alta y los sectores de morfología plana zonas de amenaza baja. La amenaza por inundación se encuentra dispuesta en varios sectores, estando asociado a las zonas más bajas en cercanías a la quebrada La lejía.
La Valeria	Se categoriza la mayor parte del centro poblado en amenaza media y baja por procesos de remoción en masa, siendo zonas planas a onduladas, en donde se ubica la mayoría de las viviendas. Se observan zonas de amenaza alta en las laderas que conforman al centro poblado en la parte sur y norte, caracterizadas por ser de pendientes empinadas a moderadas. La mancha asociada a eventos de inundación se encuentra clasificada mayoritariamente en amenaza alta y está dada a la altura de la llanura aluvial.	El centro poblado La Valeria, se encuentra mayoritariamente clasificado en una zona de amenaza baja ´por movimiento en masa, siendo zonas con vertientes suavizadas, convexas con pendientes entre 5-15°, representada por los depósitos de deslizamiento. Se presenta una zona amplia de amenaza por inundación y avenida torrencial asociada a las evidencias geomorfológicas y dinámica fluvial de la quebrada La Valeria.
Quiebrapatas	El resultado indica principalmente zonas de amenaza baja y media por remoción en masa, si se tiene en cuenta las características topográficas	El centro poblado Quiebrapatas se encuentra casi en su totalidad clasificado en amenaza baja y en algunos sectores en amenaza media por procesos

CENTRO POBLADO	AMENAZAS 2017	AMENAZAS 2021
	como las pendientes suavizadas, y los cortes realizados para actividades antrópicas han generado que se tenga una susceptibilidad baja a este tipo de procesos. No se presenta amenaza por inundación y avenida torrencial.	de movimiento en masa, esto es producto a las explanaciones realizadas y a las superficies del terreno naturales que tienden a ser zonas de baja susceptibilidad a deslizamientos. En esta zona no se presenta amenaza por inundación y avenida torrencial, esto es debido a la ubicación del centro poblado en la parte alta de la ladera y a la presencia drenajes intermitentes que no tienen la suficiente energía para generar eventos con potencial destructible.

2.4.7. Áreas de población limítrofes al perímetro urbano con tratamiento de escala urbana

Como parte del análisis para la zonificación de amenaza para las diferentes clasificaciones del suelo y según la nueva normativa de gestión del riesgo para los estudios básicos de amenaza, se toman a consideración áreas de población que se encuentran limitando al perímetro urbano, que se deben analizar con respecto a las amenazas definidas en el presente estudio a una escala urbana.

A continuación, se muestra el área del suelo no perteneciente al área urbana que se analizó bajo la amenaza por movimiento en masa tratándola a una escala urbana.

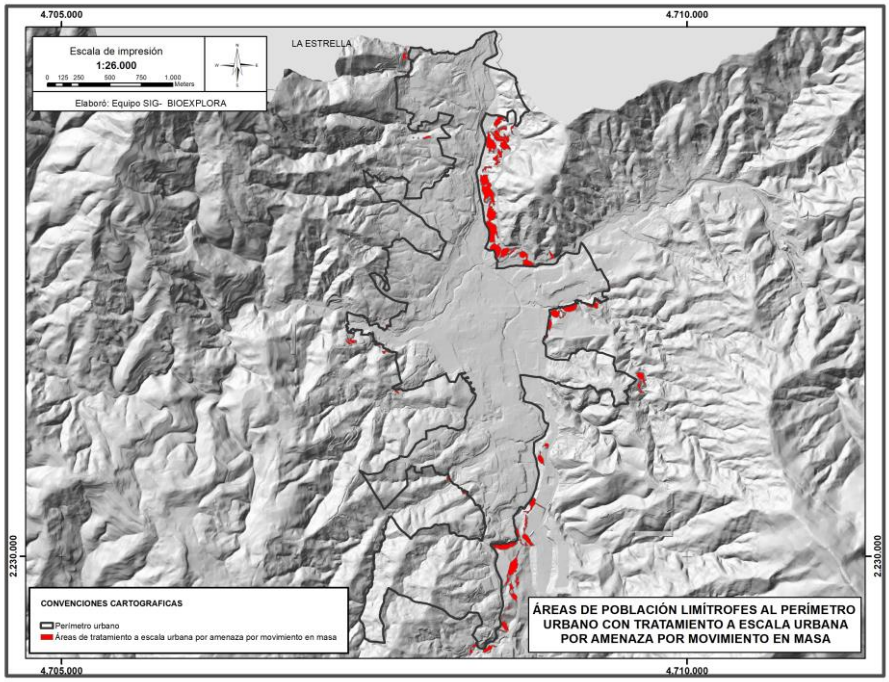


Ilustración 100.Mapa de áreas de población limítrofes al perímetro urbano con tratamiento a escala urbana por amenaza por movimiento en masa.

Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Tabla 44. Áreas de población limítrofes al perímetro urbano con tratamiento a escala urbana por amenaza por movimiento en masa.

Tipo de suelo	Área de tratamiento a escala urbana por amenaza por movimiento en masa (ha)	
Expansión	8,15	49,8%
Rural	8,23	50,2%

Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

A continuación, se muestra el área del suelo no perteneciente al área urbana que se analizó bajo la amenaza inundación tratándola a una escala urbana.

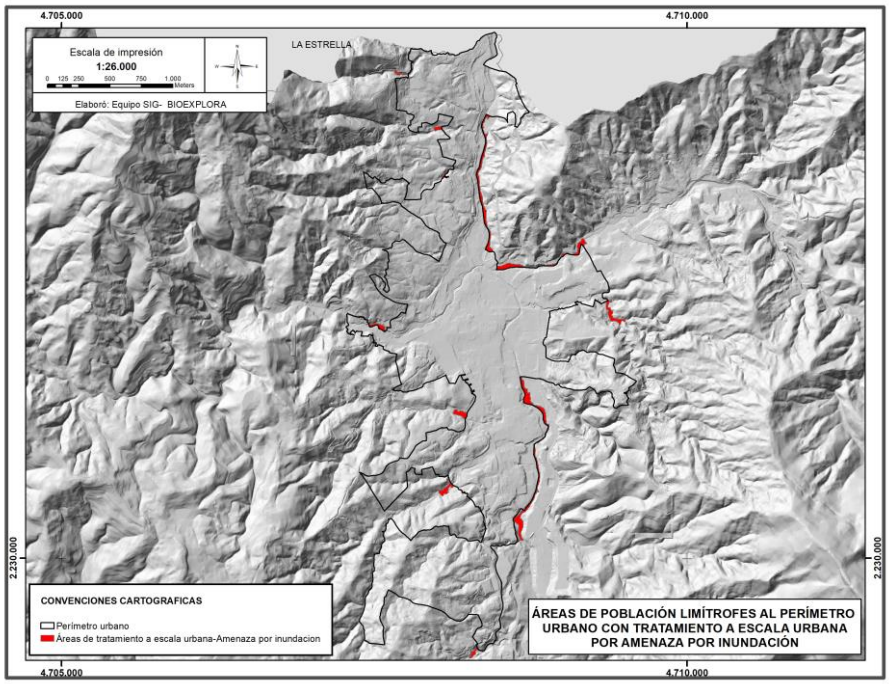


Ilustración 101.Mapa de áreas de población limítrofes al perímetro urbano con tratamiento a escala urbana por amenaza por inundación
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Tabla 45. Áreas de población limítrofes al perímetro urbano con tratamiento a escala urbana por amenaza por inundación.

Tipo de suelo	Área de tratamiento a escala urbana por amenaza por inundación (ha)	
Expansión	4,41	52,3%
Rural	4,03	47,7%

Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y en la Tabla 46, se muestra el área del suelo no perteneciente al área urbana que se analizó bajo la amenaza inundación tratándola a una escala urbana.

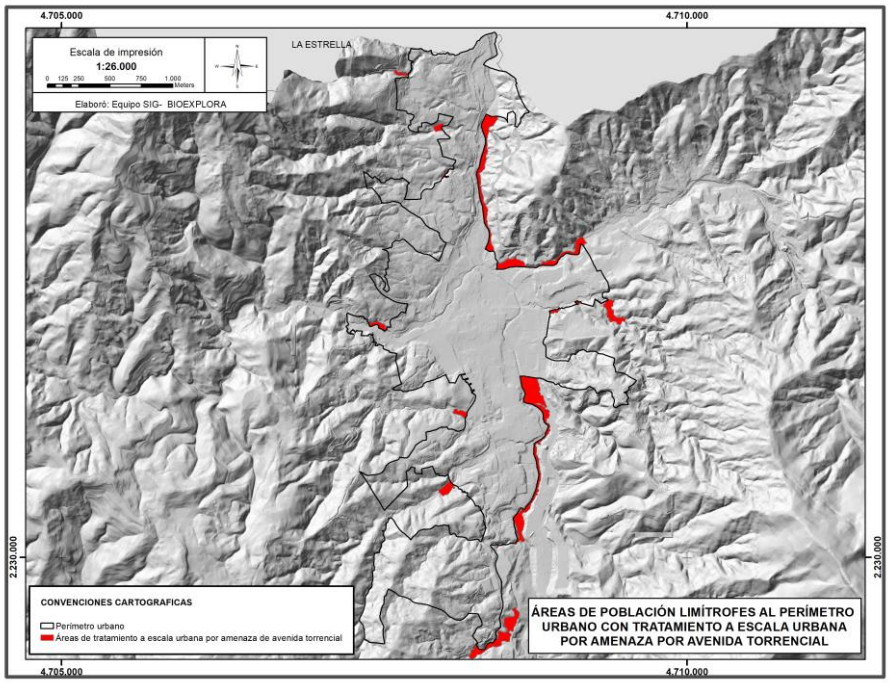


Ilustración 102.Mapa de áreas de población limítrofes al perímetro urbano con tratamiento a escala urbana por amenaza por avenida torrencial.
Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

Tabla 46. Áreas de población limítrofes al perímetro urbano con tratamiento a escala urbana por amenaza por avenida torrencial.

Tipo de suelo	Área de tratamiento a escala urbana por amenaza por avenida torrencial (ha)	
Expansión	10,96	53,5%
Rural	9,52	46,5%

Fuente: Estudio básico de amenazas Caldas (2021)

2.5.BIBLIOGRAFÍA

Acuerdo 014 de 2010. Concejo municipal de Caldas.

Estudios básicos de amenaza por movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales en los municipios de Caldas, La Estrella, Envigado, Itagüí, Bello, Copacabana y Barbosa, para la incorporación de la gestión del riesgo en la planificación territorial. Área Metropolitana, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. 2018.

Acuerdo 476 de 2016 de la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia –CORANTIOQUIA– "POR EL CUAL SE DECLARA, DELIMITA Y ALINDERA EL ÁREA PROTEGIDA "RESERVA FORESTAL PROTECTORA REGIONAL ALTO DE SAN MIGUEL" EN EL MUNICIPIO DE CALDAS, DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA"

Acuerdo 327 de 2009 de la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia –CORANTIOQUIA– "Por el cual se modifica el acuerdo N° 267 del 10 de septiembre de 2007 y aprueba el Plan Integra de Manejo del Distrito de Manejo Integrado de los Recursos Naturales Renovables Divisoria Valle de Aburrá – Río Cauca"

Plan de ordenamiento del recurso hídrico para la quebrada Sinifaná y sus principales tributarios. Corantioquia. 2016.

Acuerdo emitido por El Área Metropolitana del Valle de Aburrá, la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia –CORANTIOQUIA– y la Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare -CORNARE "Por medio de la cual se declara en ordenamiento el recurso hídrico del Río Aburrá, perteneciente a la Cuenca Hidrográfica del nivel subsiguiente Río Aburrá - NSS (2701-01), en jurisdicción del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, AMVA, la Corporación Autónoma Regional de las 'Cuencas de los Ríos Negro y Nare - CORNARE- y la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia - CORANTIOQUIA" 2015.

Convenio Cinturón Verde Metropolitano del Valle de Aburrá. Universidad Nacional de Colombia – Área Metropolitana del Valle de Aburrá. 2013.

Diagnóstico Servicios Sanitarios – Caldas. TX SEINCO ESP. 2018

PMOT - Directrices y lineamientos metropolitanos de ordena-miento territorial-ambiental en función del modelo de ocupación. Área Metropolitana del Valle de Aburrá – Universidad Nacional de Colombia. 2018.

Plan de desarrollo del municipio de Caldas. Caldas Progresa 2016 -2019

Plan Maestro de la Bicicleta del Valle de Aburrá 2030.

Cinturón Verde Metropolitano del Valle de Aburrá.

Plan Maestro de Espacios Públicos Verdes Urbanos.

Plan Maestro de Movilidad del Área Metropolitana.

Distrito de Manejo Integrado de los recursos naturales renovables la ladera occidental del Valle de Aburrá.

Plan Integral de Manejo del Distrito de Manejo Integrado de los Recursos Naturales Renovables Divisoria del Valle de Aburrá – Río Cauca.

Reserva Forestal Protectora Regional Alto De San Miguel" En El Municipio De Caldas, Departamento De Antioquia.

Actualización De La Línea Base De Gestión Del Riesgo Y Mapa De Susceptibilidad Al Cambio Climático 2014-2015 En La Jurisdicción De Corantioquia.

Línea Base De Emisiones De Gases De Efecto Invernadero Para La Jurisdicción De Corantioquia.

Plan Regional para el Cambio Climático en la Jurisdicción de Corantioquia.

Análisis De Situación De Salud Con El Modelo De Los Determinantes Sociales De Salud Del Municipio De Caldas - Antioquia – Antioquia, Actualización 2017.

Declaratoria de un área protegida reserva forestal protectora regional "Alto de San Miguel"

Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos. PGIRS 2015.

Plan de Acción Corantioquia 2016 – 2019

Plan de Gestión Ambiental Municipal. 2017. Caldas, Antioquia.

Plan Educativo Municipal Caldas 2015 – 2024.

Plan Metropolitano de Ordenamiento Territorial del Valle de Aburrá.

Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río Amagá. Corantioquia 2017.

Plan de gestión integral de residuos sólidos -PGIRS- regional del Valle de Aburrá, 2017-2030. Acodal – Área Metropolitana del Valle de Aburrá. 2017.

Diagnóstico acueductos rurales, 2016. Convenio AMVA – CREAME

Política Pública de Construcción Sostenible. AMVA 2015.

Estudio Básico de Amenazas del Valle de Aburrá del AMVA.

Evaluación de avenidas torrenciales del DAGRAN 2018.

Plan Regional para el Cambio Climático en la jurisdicción de Corantioquia.

Línea base de emisiones de gases de efecto invernadero en la jurisdicción de Corantioquia.

AIS. (2010). *Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente, NSR-10.* Bogotá, Colombia: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.

AMVA. (2006). *Microzonificación Sísmica Detallada De Los Municipios De Barbosa, Girardota, Copacabana, Sabaneta, La Estrella, Caldas Y Envigado.*

Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2006). *Directrices Metropolitanas de Ordenamiento Territorial.* Medellín: AMVA.

Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2008). *Plan de Desarrollo Turístico del Valle de Aburrá 2008-2015.* Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

Área Metropolitana del Valle de Aburrá, URBAM. (2011). *Plan Director BIO 2030.* Medellin: Mesa Editores.

Aristizabal , E., Vázquez, M., & Ruiz, D. (2019). Métodos estadísticos para la evaluación de la suceptibilidad por movimientos en masa. *TecnoLógicas*, vol. 22. no. 46, pp. 39-60.

Bennett , G., & Mulongoy, K. (2006). Review of experience with ecological networks, corridors, and buffer zones. En *CBD Technical Series No 23* (pág. 100).

Charman, P. V., & Murphy , B. W. (2000). *Soils: their properties and managment (2nd ed.).* Melbourne y Oxford: Oxford University Press.

Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). Applied Hydrology. En *Water Resources and Environmental Engineering.* New York: McGraw Hill Series.

Colorado Zuluaga, G., Vásquez Muñoz, J., & Mazo Zuluaga, I. (2017). Modelo de conectividad ecológica de fragmentos de bosque andino en Santa Elena (Medellín, Colombia). . *Acta biol. Colombia*(22(3)), 379-393. Obtenido de http://dx.doi.org/10.15446/abc.v22n3.63013

Congreso de la República. (30 de Diciembre de 1993). Ley 105 de 1993. *Reglamentada parcialmente por el Decreto Nacional 105 de 1995 ,Reglamentada por el Decreto Nacional 2263 de 1995 por la cual se dictan disposiciones básicas sobre el transporte, se redistribuyen competencias y recursos entre la Nación y las Entidades*. Bogotá.

Congreso de la República. (18 de Julio de 1997). Ley 388 de 1997. *Por la cual se modifica la Ley 9 de 1989, y la Ley 2 de 1991 y se dictan otras disposiciones*. Bogotá.

Congreso de la República. (31 de Julio de 2006). Ley 1083 de 2006. *Reglamentada parcialmente por el Decreto Nacional 798 de 2010 por medio de la cual se establecen algunas normas sobre planeación urbana sostenible y se dictan otras disposiciones.* Bogotá D.C.

Congreso de la República. (16 de Julio de 2008). Ley 1228 de 2008. *Reglamentada Parcialmente por el Decreto Nacional 4550 de 2009 por la cual se determinan las fajas mínimas de retiro obligatorio o áreas de exclusión, para las carreteras del sistema vial nacional, se crea el Sistema Integral Nacional de Información de C*. Bogotá.

Congreso de la República de Colombia. (24 de Abril de 2012). Ley 1523 Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones. *Diario Oficial 48411 de abril 24 de 2012.* Bogotá, Cundinamarca, Colombia: Imprenta Nacional.

Congreso de la República de Colombia. (13 de Julio de 2016). Ley 1796, Por la cual se establecen medidas enfocadas a la protección del comprador de vivienda, el incremento de la seguridad de las edificaciones y el fortalecimiento de la función pública que ejercen los curadores urbanos y se dictan otras disposicione. *Diario Oficial No. 49.933*. Bogotá, Colombia: Imprenta Nacional.

Cruden, D., & Varnes, D. (1996). Landslides types and processes. En A. TUrner, & L. Schuster, *Landslides: Investigation and Mitigation, Tranpsoration research Board, Spetial Report 247* (págs. 36-75). Washingron, D.C: Natonal acedemy Press.

Grosse, E. (1926). *Terciario Carbonifero de Antioquia.* Berlin.

Herrera, C., & DÍAZ, V. (2013). *Ecología del paisaje, conectividad ecológica y territorio. Una aproximación al estado de la cuestión desde una perspectiva técnica y científica. En DOSSIER ciudades 1.* Obtenido de http://www3.uva.es/iuu/DOSSIER/Dossier%2001/Dossier%2001%20043-070%20HERRERA%20CALVO.pdf

Hurlimann, M., Reckenmann, D., Medina, V., & Bateman, A. (2008). Evaluation of approaches to calculate debris-flow parameters for hazard assessment. *Engineering Geology*, 152-163.

IDEAM. (2011). *Aportes del IDEAM para la definición y aplicación de la Estructura Ecológica Nacional - Documento Sinteis. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM- .* Bogotá D.C.

IDEAM. (2013). *Lineamientos conceptuales y metodológicos para la Evaluación Regional del Agua - ERA.* Bogotá.

IDEAM. (2017). *Guía metodológica para la elaboración de mapas de inundación.* Bogotá.

Maya y Gonzalez . (1995). Unidades litodémicasde la cordillera Central de Colombia. *Boletin geologico, Ingeominas*.

McGarigal, K., Cushman, S., & Ene, E. (2012). *FRAGSTATS v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps. Computer software program produced by the authors at the*

University of Massachusetts, Amherst. Recuperado el 2018, de http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html

MINAMBIENTE. (1998). *Guía ambiental para el transporte de hidrocarburos por ductos.* Bogotá.

MINAMBIENTE. (2003). *Guía de manejo seguro y gestión ambiental para 25 sustancias químicas.* Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

MINAMBIENTE. (2003, b). *Guías ambientales de almacenamiento y transporte por carretera de sustancias químicas peligrosas y residuos peligrosos.* Bogotá: Dirección de Desarrollo Sectorial Sostenible.

Ministerio de Desarrollo Económico. (1996). *Ciudades y Ciudadanía. La Política urbana del salto social.*

Municipio de Caldas. (2015). *Fuente: Plan Municipal de Gestión de Riesgos de Desastres.*

OMM - UNESCO. (2012). *Glosario hidrológico internacional.* Ginebra.

Presidencia de la República. (17 de Mayo de 2005). Ley 1538 de 2005. *por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 361 de 1997*. Bogotá D.C.

Presidencia de la Republica de Colombia. (30 de Diciembre de 2005). Decreto 4741 de 2005. *Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejó de los residuos o*. (M. d. Territorial, Ed.) Bogotá: Colombia.

Presidencia de la República de Colombia. (26 de Mayo de 2015). Decreto 1077. *"Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio.* Bogotá, Colombia: Imprenta Nacional.

Presidencia de la República de Colombia. (26 de Mayo de 2015). Decreto 1077 de 2015. *"Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio.* Bogotá D.C.

Rickenmann, D. (1991). HYPERCONCENTRATED FLOW AND SEDIMENT. *Journal of Hydraulic Engineering*, 1419-1439.

SCS. (1972). Hidrology. En USDA, *National Engineering Han-Book* (pág. 544). Washington, D.C.: U.S Government Printing Office.

SGC. (2016). *Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimiento en masa.* Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.

Snyder, W. M. (1972). Fitting Of Distribution Functions By Nonlinear Least Squares. *Water Resources Research*, 1423-1432.

Suarez Niño, J. (1998). *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales.* Bucaramanga: División Publicaciones UIS.

Suarez, J. (2001). Capitulo 5. EROSIÓN EN MASA – FLUJOS Y AVALANCHAS. En *Control de erosión en zonas tropicales* (págs. 170-190). Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

Suárez, J. (2009). *Deslizamientos, analisis geotécnico, Volumen, 1.* Bucaramanga: División Publicaciones UIS.

Turner, M., Gardner, R., & O'Neill, R. (2001). *Landscape Ecology in Theory and Practice.* New York: Springer-Verlag.

UNAL. (2018). *Estudios básicos de amenaza por movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales en los municipios de Caldas, La Estrella, Envigado, Itaqüi, Bello, Copacabana y Barbosa, para la incorporación de la gestión del reisgo en la planificación territori.* Medellín: AMVA.

UNGRD & MADS. (2015). *Guía de Integración de la Gestión del Riesgo y el Ordenamiento Territorial Municipal.* Unidad Nacional Para La Gestión Del Riesgo De Desastres & Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá: UNGRD.

Williams, J., & Hann, W. (1973). HYMO: problem-oriented computer language for hydrologic modeling, users manual, ARS-09. (U. D. Agriculture, Ed.) *Agricultural Research Service*, 76.

Xing, Z., G. Tarboton, D., R. Maidment, D., Y. Liu, Y., & Passalacqua, P. (2018). River Channel Geometry and Rating Curve Estimation Using. *JOURNAL OF THE AMERICAN WATER RESOURCES ASSOCIATION*, 1-22.