

# **Anexo** **GESTIÓN** **DEL RIESGO**

## 1. Introducción

La evolución científica y del pensamiento técnico de la humanidad ha permitido plantear teorías e hipótesis con relación a la generación de riesgos como producto del desarrollo en todos y cada uno de los espacios de la dinámica social y de la intervención de la raza humana con el medio que los rodea, es decir que los riesgos no son producto del azar o de casualidades por el contrario podría precisarse que obedece a un proceso de construcción de riesgos, así mismo, ha de observarse los tecnicismos de percepción y realidad, en este caso el contexto geográfico, social, físico, ambiental y demás variables son fundamentales para la identificación de los riesgos y el análisis de los mismos toda vez que los riesgos no se generan de manera homogénea a nivel global o mundial, los espacios geográficos son determinantes en la medida que aportan el factor diferencial al momento de realizar estudios de gestión del riesgo.

Las materializaciones de los riesgos están ligadas y en función de las amenazas y las vulnerabilidades, el teórico Piers Blaikie planteo el modelo de presión y liberación PAR, postulando que “el desastre es la intersección de dos fuerzas opuestas: aquellos procesos que generan vulnerabilidad por un lado y exposición física a una amenaza por el otro” (Blaikie, 1996, pág. 27). El mismo autor diseño la ecuación matemática en la cual el riesgo es igual a la amenaza más la vulnerabilidad; la suma de las ultimas dan como resultado la materialización del riesgo y por ende la generación de los desastres.

Ahora bien, con relación a la construcción del riesgo a causa de la intervención humana **Ulrich Beck** esbozo que los riesgos: se generan de forma automática y sistemática de las que no se es consciente en el debate público. Los riesgos son legitimados y catalogados como residuales. Pero cuando los peligros de la sociedad industrial se apoderan de los debates públicos, los peligros incontrolables que se producen quedan legitimados y es cuando la sociedad es plenamente consciente de su generación de peligros y amenazas incontroladas. (Beck, 2002)

Expuesto los razonamientos de estos dos teóricos, haremos la introducción al escenario nacional en lo que respecta a algunas normas y el contexto del Municipio de Acacias con referencia a la gestión del riesgo de desastres; de esta manera planteamos ir mas allá de un mero cumplimiento de lo dispuesto en la Ley 388 de 1997, Ley 1523 de 2012 y demás normas complementarias vigentes en materia de ordenamiento territorial y gestión de riesgos teniendo claro que la incorporación de la prevención y reducción de riesgos en el ejercicio de la planificación territorial no implica necesariamente nuevas y complejas tareas a cargo de las autoridades municipales o regionales, en realidad se trata de incluir correctamente dentro de las acciones normales o típicas del desarrollo local y regional la variable de riesgo ambiental a través del ejercicio de la planificación, aplicable a una amplia gama de municipios, la mayoría con realidades económicas, sociales y ambientales diferentes. El proceso de incorporación de la prevención y reducción de riesgos dentro del ejercicio de la planificación territorial se realiza a partir de diferentes actividades: la identificación y el conocimiento de amenazas, vulnerabilidades, la identificación de actores sociales que han contribuido a la generación de los riesgos, la optimización de recursos (naturales, humanos, tecnológicos y económicos); el fortalecimiento de los procesos de planificación, manejo y control urbano y ambiental, finalmente el seguimiento y evaluación del PBOT;,, como estrategias para la prevención de desastres y reducción de riesgos, que eviten la generación de nuevos escenarios de riesgo y reduzcan el potencial de daños y pérdidas de los escenarios ya contruidos, orientado a generar un desarrollo local sostenido.

El municipio de Acacias en el departamento del Meta, por su localización geográfica se encuentra expuesto a la ocurrencia de una variedad de fenómenos de origen natural y antrópico no intencional configurándose como amenazas naturales o amenazas antrópicas o de dinámicas socio-naturales,



afectando a la población más vulnerable, las viviendas, la infraestructura vital, equipamientos, sus actividades sociales y económicas en el territorio municipal. Generando así la necesidad inmediata y de iniciar actividades dirigidas al conocimiento de las amenazas, vulnerabilidades y riesgos por parte de las entidades responsables, la introducción del conocimiento de estos en las comunidades para mitigar, prevenir, evitar o reducir sus efectos.

La incorporación en los procesos de ordenamiento territorial del componente de gestión del riesgo comprende parte fundamental en la política de reglamentación de usos y ocupación del suelo, hacia la sustentabilidad y proyecto de municipio frente al cambio y variabilidad climática, configurándose como obligatoriedad dentro del proceso de Plan básico de ordenamiento territorial (PBOT) y una herramienta de conocimiento territorial, enfocada en el proceso participativo de la comprensión de las amenazas y la vulnerabilidades a que están expuestas las comunidades y su papel en la configuración del riesgo y su responsabilidad en los mecanismos de adaptación hacia la resiliencia. El Ordenamiento Territorial (OT) de por si es un espacio estratégico para fortalecer los procesos de gestión del riesgo, ya que la debida incorporación y conocimiento de las amenazas, así como la participación y la socialización de los conceptos técnicos, fortalecen la aceptación y apropiación territorial de las políticas públicas y medidas para enfrentar los desafíos de la relación población – actividad – naturaleza.

El diagnóstico del componente de gestión del riesgo contiene:

- La identificación, descripción y zonificación de las áreas de amenaza de origen naturales y antrópico no intencional, es decir la caracterización básica y zonificación de las amenazas por inundaciones, avenidas torrenciales, amenaza por movimientos en masa (deslizamientos, reptación, caídas de rocas, aflujos, procesos erosivos etc.) y las amenazas de origen antrópico (tecnológico, almacenamiento y transporte de sustancias peligrosas, otras.); tanto a nivel rural como urbano.
- Identificación y localización de familias, viviendas, equipamientos e infraestructura vital en condición de riesgo.

La fase diagnóstica de este componente se soporta a partir de la recopilación, revisión, levantamiento, análisis y evaluación de documentos públicos, artículos de prensa, bases de datos externas e internas, trabajo de campo, sistemas de información geográfica, revisión documental técnica y académica, estudios específicos, cartografía social y conocimiento local. Enfocado principalmente en la identificación de actores claves en las comunidades, con vistas hacia el desarrollo del conocimiento de la gestión del riesgo a través de la identificación y caracterización de **susceptibilidad y amenaza** a los fenómenos desde el nivel local o comunal, municipal y regional. Dentro de dicha revisión se destaca la falta de estudios a nivel de detalle de cada amenaza que afecta al municipio, rescatando el plan municipal de atención y prevención de desastres elaborado por la Defensa civil en el 2013 y la adopción de los POMCA de los ríos Guayuriba, Acacias-Pajure, alto Ariari y Guamal.

Por último, el presente documento complementa la fase de diagnóstico y direcciona la prospectiva mediante la introducción de los lineamientos y medidas específicas de política, programas y estrategia de Gestión del Riesgo para el proceso de ordenamiento territorial.

## 2. La Gestión del Riesgo de Desastres

Se reconoce el riesgo como un proceso construido en el tiempo por la sociedad y en consecuencia se define la Gestión del Riesgo de Desastres -GRD- como un proceso social. Se reconoce además que los desastres no son naturales, y que por el contrario existen factores políticos, sociales y culturales que inciden en el grado de vulnerabilidad de los individuos al momento de enfrentar y recuperarse de la ocurrencia de un evento físico. Debido a estos factores los efectos de un evento físico son diferenciados en una misma comunidad, es decir, los efectos pueden tener niveles de impacto diferente, incluso en una misma comunidad. En consecuencia, no siendo los desastres una mera causa de la naturaleza, se reconoce que el riesgo y por tanto los desastres son una construcción social que está determinada por la relación entre los ecosistemas naturales y la cultura de la sociedad, que a su vez está claramente definida por el modelo de desarrollo adoptado (UNGRD,2017).

"El Riesgo de Desastres se relaciona estrechamente con la forma de usar, ocupar y transformar el territorio. Incluye la interacción permanente entre las dinámicas de la naturaleza y las dinámicas de las comunidades."

La gestión del riesgo de desastres 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.

"La gestión del riesgo se constituye en una política de desarrollo indispensable para asegurar la sostenibilidad, la seguridad territorial, los derechos e intereses colectivos, mejorar la calidad de vida de las poblaciones y las comunidades en riesgo y, por lo tanto, está intrínsecamente asociada con la planificación del desarrollo seguro, con la gestión ambiental territorial sostenible, en todos los niveles de gobierno y la efectiva participación de la población". (Ley 1523 de 2012, art 1).

Teniendo en cuenta los lineamientos de la Ley 1523, la gestión del riesgo trasciende las acciones de tratamiento e intervención de los desastres hacia un marco de actuación que incide en los procesos de desarrollo de la sociedad. De igual forma, dicha ley establece el abordaje de la gestión del riesgo mediante tres procesos que a su vez se componen de subprocesos que desagregan la forma de aproximarse a los factores del riesgo y a las medidas para su gestión como se muestra a continuación

**Figura 1. Procesos de la Gestión del Riesgo**



Fuente: UNGRD, 2017

**Conocimiento del riesgo:** Es el proceso de la gestión del riesgo compuesto por la identificación de escenarios de riesgo, el análisis y evaluación del riesgo, el monitoreo y seguimiento del riesgo y sus componentes y la comunicación para promover una mayor conciencia del mismo que alimenta los procesos de reducción del riesgo y de manejo de desastre (Ley 1523 de 2012).

**Reducción del riesgo:** Es el proceso de la gestión del riesgo, está compuesto por la intervención dirigida a modificar o disminuir las condiciones de riesgo existentes, entiéndase: mitigación del riesgo y a evitar nuevos riesgos en el territorio, entiéndase: prevención del riesgo. Son medidas de mitigación y prevención que se adoptan con antelación para reducir la amenaza, la exposición y disminuir la vulnerabilidad de las personas, los medios de subsistencia, los bienes, la infraestructura y los recursos ambientales, para evitar o minimizar los daños y pérdidas en caso de producirse los eventos físicos peligrosos. La reducción del riesgo la componen la intervención correctiva del riesgo existente, la intervención prospectiva de nuevo riesgo y la protección financiera (Ley 1523 de 2012).

**Manejo de desastres:** Es el proceso de la gestión del riesgo compuesto por la preparación para la respuesta a emergencias, la preparación para la recuperación posdesastre, la ejecución de dicha respuesta y la ejecución de la respectiva recuperación, entiéndase: rehabilitación y recuperación (Ley 1523 de 2012).

**El Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres PMGRD,** es el instrumento mediante el cual el municipio prioriza, formula, programa y hace seguimiento a la ejecución de las acciones que concretan los procesos de conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y de manejo de desastres, de forma articulada con los demás instrumentos de planeación municipal como: plan de ordenamiento territorial, plan de desarrollo, agendas ambientales, planes de acción de las diferentes entidades, instituciones y organizaciones que con su misión contribuyen al desarrollo social y económico del municipio. El PMGRD es un instrumento dinámico que ordena prioridades municipales concretas, con relación a las condiciones de riesgo, y canaliza estas acciones para ser ejecutadas en diferentes ámbitos como el ordenamiento territorial, la planificación del desarrollo y el desempeño institucional, entre otros.

## 2.1 La gestión del riesgo de desastres como determinante en el ordenamiento territorial municipal

Las leyes 388 de 1997 y 1454 de 2011 definen el Ordenamiento territorial como la Construcción progresiva, gradual y colectiva, articulada con la organización político-administrativa del Estado en el territorio.

Los objetivos del ordenamiento territorial:

- Promover el ordenamiento del territorio y el uso equitativo y racional del suelo.
- Promover la preservación y defensa del patrimonio ecológico y cultural.
- **Promover y velar por la prevención de desastres en asentamientos en alto riesgo.**
- Garantizar la utilización del suelo en ajuste a la función social de la propiedad.
- Complementar la planificación económica y social con la dimensión territorial.
- Promover el aumento de la capacidad de descentralización, planeación, gestión y administración de sus intereses por las entidades territoriales.
- Propiciar la concertación de políticas públicas ente la Nación y las entidades territoriales.

El literal d, numeral 1 del artículo 10 de La Ley 388 de 1997 señala la existencia de condiciones en el ordenamiento territorial que se establecen como determinantes del mismo. Las determinantes constituyen normas de superior jerarquía, en sus propios ámbitos de competencia y deben ser tomadas en cuenta por municipios y distritos al elaborar sus planes de ordenamiento, estas son:

1. Las relacionadas con la conservación y protección del medio ambiente, los recursos naturales.
2. **La prevención de amenazas y riesgos naturales.**
3. Las políticas, directrices y regulaciones sobre conservación, preservación y uso de las áreas e inmuebles consideradas como patrimonio cultural de la Nación y de los departamentos.
4. El señalamiento y localización de las infraestructuras básicas relativas a la red vial nacional y regional, puertos y aeropuertos, sistemas de abastecimiento de agua, saneamiento y suministro de energía.
5. Los componentes de ordenamiento territorial de los planes integrales de desarrollo metropolitano y sus normas generales.

Dentro de las determinantes de los planes de Ordenamiento Territorial, se tiene en cuenta: La prevención de amenazas y riesgos naturales. Que incluye:

- Las políticas, directrices y regulaciones sobre prevención y amenazas de riesgos naturales.
- El señalamiento y localización de áreas de riesgo para asentamientos humanos. Las estrategias para el manejo de áreas expuestas amenazas y riesgos.

Por lo que se establece que las determinantes y normas sobre gestión de riesgo, deben ser integradas de manera obligatoria en los Planes de Ordenamiento Territorial Municipal (POT, PBOT, EOT).

La relación entre las determinantes relacionadas con la conservación y protección del medio ambiente, los recursos naturales y la gestión del riesgo es estrecha, pero cobra independencia en su concepto, a partir de la definición de los bienes que salvaguarda cada componente, que no los vuelve excluyentes sino complementarios: Mientras el componente ambiental protege los bienes y recursos ambientales, la Gestión del Riesgo salvaguarda la vida y los bienes de las personas.

La Gestión del Riesgo de Desastres está incorporada en los diferentes componentes de un plan de ordenamiento territorial:

- Componente general: Determina los objetivos y estrategias territoriales de largo y mediano plazo, la definición de acciones estratégicas para alcanzar los objetivos de desarrollo económico y social, las políticas de largo plazo para la ocupación y manejo del suelo.
- Componente urbano: Se refiere a la administración del suelo urbano y de expansión urbana. Integra políticas de mediano y corto plazo, procedimientos e instrumentos de gestión y está supeditado al componente general del plan.
- Componente rural: Garantiza la adecuada interacción entre los asentamientos rurales, su cabecera municipal y la conveniente utilización del suelo rural al enmarcar las actuaciones públicas tendientes a suministrar infraestructura y equipamiento básico para el servicio de la población rural.

## **2.2 Los estudios básicos y detallados de gestión del riesgo que deben realizar los Municipios para ser incorporados en sus planes de Ordenamiento Territorial**

El Decreto 1077 de 2015 (Decreto 1807 de 2014) “Por el cual se reglamenta el artículo 189 del Decreto-ley 019 de 2012 en lo relativo a la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial y se dictan otras disposiciones” Define los estudios técnicos necesarios para la incorporación de la Gestión del Riesgo en el POT:

Estudios básicos: Se adelantan en el marco de la revisión o formulación del POT y deben contener:

- La delimitación y zonificación de áreas de amenaza;
- La delimitación y zonificación de áreas con condición de amenaza;
- La delimitación y zonificación de áreas con condición de riesgo;
- La determinación de medidas orientadas a establecer restricciones y/o condicionamientos mediante normas urbanísticas.
- Permite priorizar áreas en donde adelantar estudios de detalle.

Estudios detallados: Se adelantan en la implementación del POT (programa de ejecución):

- Se orientan a determinar la categorización del riesgo y a establecer las correspondientes medidas de mitigación.
- En la revisión del POT o en la expedición de un nuevo POT se deben priorizar los estudios detallados identificados en los estudios básicos
- Los estudios detallados deben contener: análisis detallado de amenaza, evaluación de vulnerabilidad, evaluación del riesgo, determinación de medidas de mitigación.

El Decreto 1077 de 2015 establece una categorización de áreas para referirse a las áreas del territorio con condiciones de amenaza y/o riesgo:

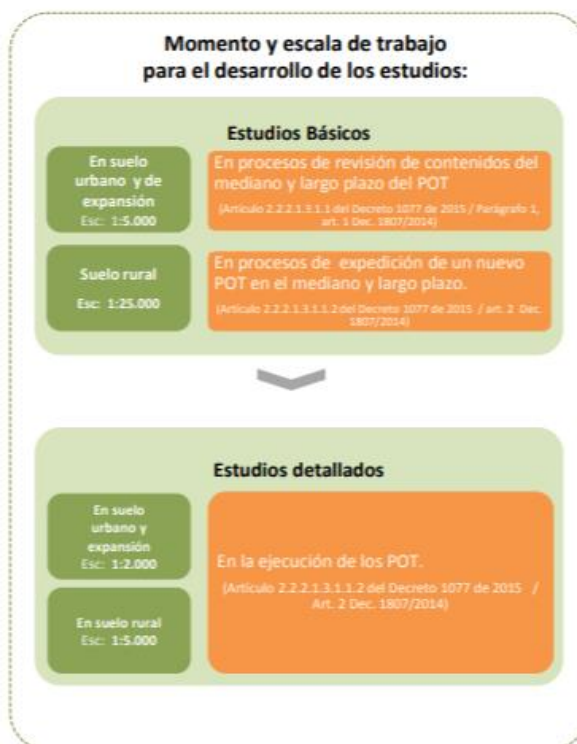
- Áreas con condición de amenaza: Áreas zonificadas como de amenaza alta y media en las que se establezca la necesidad de clasificarlas como suelo urbano, de expansión, suburbano o centro poblado para permitir su desarrollo.
- Áreas con condición de riesgo: Áreas clasificadas como de amenaza alta urbanizadas, ocupadas o edificadas y/o con elementos expuestos (Viviendas, vías, equipamientos e

infraestructura de servicios públicos); o de amenaza media en donde en la revisión o expedición del POT se proponga cambio de densidad o cambio en usos del suelo que puedan generar o incrementar el riesgo en la zona.

El Decreto 1077 de 2015 (Decreto 1807 de 2014) establece condiciones y escalas de detalle para incorporar la Gestión del Riesgo de Desastres en la revisión de mediano y largo plazo de un POT o en su formulación, definiendo:

- La incorporación de manera gradual de la Gestión del Riesgo en la revisión del POT o en la formulación de un nuevo POT.
- La delimitación y zonificación de áreas de amenaza asociadas a fenómenos de: o Movimientos en masa, o Inundación o Avenida torrencial.
- La precisión para que los municipios expuestos a amenazas por otros fenómenos naturales (Sísmicos, volcánicos, tsunamis, entre otros) o de origen tecnológicos las evalúen con base en la información disponible y generada por las autoridades y sectores competentes.

**Figura 2. Especificaciones de los estudios de gestión del riesgo establecidas por el Decreto 1077 de 2015**



Fuente: UNGRD, 2015

**La gestión del riesgo del Riesgo de Desastres como determinante del ordenamiento del territorio y norma de superior jerarquía en relación con:**

- La definición de políticas, directrices y regulaciones sobre la identificación y prevención de amenazas y riesgos.

- El señalamiento y localización de áreas de riesgo para la localización de asentamientos humanos.
- La definición de estrategias de manejo de áreas expuestas a amenazas y riesgos naturales.
- La definición de zonas no urbanizables que presenten riesgo para la localización de asentamientos humanos, por amenazas naturales y socio-naturales.
- La determinación de las áreas con condición de amenaza o con condición de riesgo.
- La determinación de la mitigabilidad o no mitigabilidad del riesgo.
- La determinación de áreas de riesgo no mitigable y definición de estas áreas como suelos de protección.
- La localización de áreas críticas de recuperación y control para la prevención de desastres.

**La gestión del Riesgo de Desastres condiciona el uso y ocupación del territorio, para esto:**

- Se debe direccionar el modelo de ordenamiento y en específico sus áreas de expansión y de desarrollo futuro para evitar que se configuren nuevas condiciones de riesgo.
- Se debe determinar el nivel de capacidad del territorio para poder permitir el aumento de elementos expuestos en áreas de amenaza.
- Se deben establecer usos adecuados para el territorio, que propendan por la reducción en la transformación y/o cambio de dinámicas naturales del territorio.
- Se deben definir las restricciones, prohibiciones o condicionamientos para el aumento de la exposición (ocupación, y construcción de edificaciones) y para reducir la vulnerabilidad de los elementos expuestos.
- Se deben definir medidas de control a la urbanización en áreas de amenaza.
- Los anteriores principios se deben tener en cuenta en la formulación de políticas, planes, regulaciones y programas, proyectos.

Según lo establecido por la Ley 1523 de 2012, el conocimiento del riesgo hace referencia al proceso de la gestión del riesgo compuesto por la identificación de escenarios de riesgo, el análisis y evaluación del riesgo, el monitoreo y seguimiento del riesgo y sus componentes y la comunicación para promover una mayor conciencia del mismo que alimenta los procesos de reducción del riesgo y de manejo de desastre.

El presente documento, recopila la información relacionada con los diferentes eventos ocurridos en el municipio, al igual que la identificación de escenarios de riesgos y la delimitación y zonificación de amenazas presentes en el territorio.

- Es necesario que el municipio termine prontamente la formulación de su plan municipal de gestión del riesgo de desastres con el fin de articular su componente programático con la etapa de formulación del PBOT.
- Los resultados de la zonificación del nivel de riesgo establecido en los estudios detallados de riesgo para el sector el Diamante, al igual que las obras de mitigación proyectadas serán incorporadas en la formulación del PBOT.

### 3. Marco Conceptual

A continuación, se presentan los conceptos básicos relacionados con la gestión del riesgo establecidos por la Ley 1523 de 2012 y el Decreto 1807 de 2014; la Ley 388 de 1997 y el Decreto 879 de 2006.

#### 3.1 Conceptos Básicos Asociados a la Gestión del Riesgo

A través de la Ley 1523 de 2013 se promulgo la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastre, en su artículo 4 fueron establecidas las siguientes definiciones:

**Adaptación:** Comprende el ajuste de los sistemas naturales o humanos a los estímulos climáticos actuales o esperados o a sus efectos, con el fin de moderar perjuicios o explotar oportunidades beneficiosas, En el caso de los eventos hidrometeorológicos la Adaptación al Cambio Climático corresponde a la gestión del riesgo de desastres en la medida en que está encaminada a la reducción de la vulnerabilidad o al mejoramiento de la resiliencia en respuesta a los cambios observados o esperados del clima y su variabilidad.

**Alerta:** Estado que se declara con anterioridad a la manifestación de un evento peligroso, con base en el monitoreo del comportamiento del respectivo fenómeno, con el fin de que las entidades y la población involucrada activen procedimientos de acción previamente establecidos.

**Amenaza:** Peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales.

**Análisis y evaluación del riesgo:** Implica la consideración de las causas y fuentes del riesgo, sus consecuencias y la probabilidad de que dichas consecuencias puedan ocurrir. Es el modelo mediante el cual se relaciona la amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos sociales, económicos y ambientales y sus probabilidades. Se estima el valor de los daños y las pérdidas potenciales, y se compara con criterios de seguridad establecidos, con el propósito de definir tipos de intervención y alcance de la reducción del riesgo y preparación para la respuesta y recuperación.

**Calamidad pública:** Es el resultado que se desencadena de la manifestación de uno o varios eventos naturales o antropogénicos no intencionales que al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en las personas, los bienes, la infraestructura, los medios de subsistencia, la prestación de servicios o los recursos ambientales, causa daños o pérdidas humanas, materiales, económicas o ambientales, generando una alteración intensa, grave y extendida en las condiciones normales de funcionamiento de la población, en el respectivo territorio, que exige al municipio, distrito o departamento ejecutar acciones de respuesta a la emergencia, rehabilitación y reconstrucción.

**Cambio climático:** Importante variación estadística en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante un período prolongado (normalmente decenios o incluso más). El cambio climático se puede deber a procesos naturales internos o a cambios del forzamiento externo, o bien a cambios persistentes antropogénicos en la composición de la atmósfera o en el uso de las tierras.



**Conocimiento del riesgo:** Es el proceso de la gestión del riesgo compuesto por la identificación de escenarios de riesgo, el análisis y evaluación del riesgo, el monitoreo y seguimiento y sus componentes y la comunicación para promover una mayor conciencia de este que alimenta los procesos de reducción del riesgo y de manejo de desastre.

**Desastre:** Es el resultado que se desencadena de la manifestación de uno o varios eventos naturales o antropogénicos no intencionales que al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en las personas, los bienes, la infraestructura, los medios de subsistencia, la prestación de servicios o los recursos ambientales, causa daños o pérdidas humanas, materiales, económicas o ambientales, generando una alteración intensa, grave y extendida en las condiciones normales de funcionamiento de la sociedad, que exige del Estado y del sistema nacional ejecutar acciones de respuesta a la emergencia, rehabilitación y reconstrucción.

**Emergencia:** Situación caracterizada por la alteración o interrupción intensa y grave de las condiciones normales de funcionamiento u operación de una comunidad, causada por un evento adverso o por la inminencia de este, que obliga a una reacción inmediata y que requiere la respuesta de las instituciones del Estado, los medios de comunicación y de la comunidad en general.

**Exposición (elementos expuestos):** Se refiere a la presencia de personas, medios de subsistencia, servicios ambientales y recursos económicos y sociales, bienes culturales e infraestructura que por su localización pueden ser afectados por la manifestación de una amenaza.

**Gestión del riesgo:** Es el proceso social de planeación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas y acciones permanentes para el conocimiento del riesgo y promoción de una mayor conciencia de este, impedir o evitar que se genere, reducirlo o controlarlo cuando ya existe y para prepararse y manejar las situaciones de desastre, así como para la posterior recuperación, entendiéndose: rehabilitación y reconstrucción. Estas acciones tienen el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar y calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible.

**Intervención:** Corresponde al tratamiento del riesgo mediante la modificación intencional de las características de un fenómeno con el fin de reducir la amenaza que representa o de modificar las características intrínsecas de un elemento expuesto con el fin de reducir su vulnerabilidad.

**Intervención correctiva:** Proceso cuyo objetivo es reducir el nivel de riesgo existente en la sociedad a través de acciones de mitigación, en el sentido de disminuir o reducir las condiciones de amenaza, cuando sea posible, y la vulnerabilidad de los elementos expuestos.

**Intervención prospectiva:** Proceso cuyo objetivo es garantizar que no surjan nuevas situaciones de riesgo a través de acciones de prevención, impidiendo que los elementos expuestos sean vulnerables o que lleguen a estar expuestos ante posibles eventos peligrosos. Su objetivo último es evitar nuevo riesgo y la necesidad de intervenciones correctivas en el futuro. La intervención prospectiva se realiza primordialmente a través de la planificación ambiental sostenible, el ordenamiento territorial, la planificación sectorial, la regulación y las especificaciones técnicas, los estudios de pre factibilidad y diseño adecuados, el control y seguimiento y en general todos aquellos mecanismos que contribuyan de manera anticipada a la localización, construcción y funcionamiento seguro de la infraestructura, los bienes y la población.

**Manejo de desastres:** Es el proceso de la gestión del riesgo compuesto por la preparación para la respuesta a emergencias, la preparación para la recuperación pos desastre, la ejecución de dicha respuesta y la ejecución de la respectiva recuperación, entiéndase: rehabilitación y recuperación.

**Mitigación del riesgo:** Medidas de intervención prescriptiva o correctiva dirigidas a reducir o disminuir los daños y pérdidas que se puedan presentar a través de reglamentos de seguridad y proyectos de inversión pública o privada cuyo objetivo es reducir las condiciones de amenaza, cuando sea posible, y la vulnerabilidad existente.

**Preparación:** Es el conjunto de acciones principalmente de coordinación, sistemas de alerta, capacitación, equipamiento, centros de reserva y albergues y entrenamiento, con el propósito de optimizar la ejecución de los diferentes servicios básicos de respuesta, como accesibilidad y transporte, telecomunicaciones, evaluación de daños y análisis de necesidades, salud y saneamiento básico, búsqueda y rescate, extinción de incendios y manejo de materiales peligrosos, albergues y alimentación, servicios públicos, seguridad y convivencia, aspectos financieros y legales, información pública y el manejo general de la respuesta, entre otros.

**Prevención de riesgo:** Medidas y acciones de intervención restrictiva o prospectiva dispuestas con anticipación con el fin de evitar que se genere riesgo. Puede enfocarse a evitar o neutralizar la amenaza o la exposición y la vulnerabilidad ante la misma en forma definitiva para impedir que se genere nuevo riesgo. Los instrumentos esenciales de la prevención son aquellos previstos en la planificación, la inversión pública y el ordenamiento ambiental territorial, que tienen como objetivo reglamentar el uso y la ocupación del suelo de forma segura y sostenible.

**Protección financiera:** Mecanismos o instrumentos financieros de retención intencional o transferencia del riesgo que se establecen en forma ex ante con el fin de acceder de manera ex post a recursos económicos oportunos para la atención de emergencias y la recuperación.

**Recuperación:** Son las acciones para el restablecimiento de las condiciones normales de vida mediante la rehabilitación, reparación o reconstrucción del área afectada, los bienes y servicios interrumpidos o deteriorados y el restablecimiento e impulso del desarrollo económico y social de la comunidad. La recuperación tiene como propósito central evitar la reproducción de las condiciones de riesgo preexistentes en el área o sector afectado.

**Reducción del riesgo:** Es el proceso de la gestión del riesgo, está compuesto por la intervención dirigida a modificar o disminuir las condiciones de riesgo existentes, entiéndase: mitigación del riesgo y a evitar nuevo riesgo en el territorio, entiéndase: prevención del riesgo. Son medidas de mitigación y prevención que se adoptan con antelación para reducir la amenaza, la exposición y disminuir la vulnerabilidad de las personas, los medios de subsistencia, los bienes, la infraestructura y los recursos ambientales, para evitar o minimizar los daños y pérdidas en caso de producirse los eventos físicos peligrosos. La reducción del riesgo la componen la intervención correctiva del riesgo existente, la intervención prospectiva de nuevo riesgo y la protección financiera.

**Reglamentación prescriptiva:** Disposiciones cuyo objetivo es determinar en forma explícita exigencias mínimas de seguridad en elementos que están o van a estar expuestos en áreas propensas a eventos peligrosos con el fin de preestablecer el nivel de riesgo aceptable en dichas áreas.

**Reglamentación restrictiva:** Disposiciones cuyo objetivo es evitar la configuración de nuevo riesgo mediante la prohibición taxativa de la ocupación permanente de áreas expuestas y propensas a eventos peligrosos. Es fundamental para la planificación ambiental y territorial sostenible.

**Respuesta:** Ejecución de las actividades necesarias para la atención de la emergencia como accesibilidad y transporte, telecomunicaciones, evaluación de daños y análisis de necesidades, salud y saneamiento básico, búsqueda y rescate, extinción de incendios y manejo de materiales peligrosos, albergues y alimentación, servicios públicos, seguridad y convivencia, aspectos financieros y legales, información pública y el manejo general de la respuesta, entre otros. La efectividad de la respuesta depende de la calidad de preparación.

**Riesgo de desastres:** Corresponde a los daños o pérdidas potenciales que pueden presentarse debido a los eventos físicos peligrosos de origen natural, socio-natural tecnológico, biosanitario o humano no intencional, en un período de tiempo específico y que son determinados por la vulnerabilidad de los elementos expuestos; por consiguiente, el riesgo de desastres se deriva de la combinación de la amenaza y la vulnerabilidad.

**Seguridad territorial:** La seguridad territorial se refiere a la sostenibilidad de las relaciones entre la dinámica de la naturaleza y la dinámica de las comunidades en un territorio en particular. Este concepto incluye las nociones de seguridad alimentaria, seguridad jurídica o institucional, seguridad económica, seguridad ecológica y seguridad social.

**Vulnerabilidad:** Susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente. Corresponde a la predisposición a sufrir pérdidas o daños de los seres humanos y sus medios de subsistencia, así como de sus sistemas físicos, sociales, económicos y de apoyo que pueden ser afectados por eventos físicos peligrosos.

Los conceptos asociados a la gestión del riesgo establecidos por el Decreto 1807 de 2014 que fue compilado en el Decreto 1077 de 2015, son los siguientes:

**Áreas con condición de amenaza:** son las zonas o áreas del territorio municipal zonificadas como de amenaza alta y media.

**Áreas con condición de riesgo:** corresponden a las zonas o áreas del territorio municipal clasificadas como de amenaza alta que estén urbanizadas, ocupadas o edificadas, así como en las que se encuentren elementos del sistema vial, equipamientos (salud, educación, otros) e infraestructura de servicios públicos.

**Delimitación:** consiste en la identificación del límite de un área determinada, mediante un polígono. Debe realizarse bajo el sistema de coordenadas oficial definido por la autoridad cartográfica nacional y su precisión estará dada en función de la escala de trabajo.

**Determinación de medidas de Intervención:** Con base en los resultados de los estudios básicos, se deben determinar las medidas de mitigación no estructurales orientadas a establecer el modelo

de ocupación del territorio y las restricciones o condicionamientos para el uso del suelo cuando sea viable, mediante la determinación de normas urbanísticas.

#### **Estudios básicos para la revisión o expedición de planes de ordenamiento territorial-POT:-**

Para la revisión de los contenidos de mediano y largo plazo de los planes de ordenamiento territorial o la expedición de nuevos planes, se deben elaborar estudios en los suelos urbanos, de expansión urbana y rural para los fenómenos de inundación, avenidas torrenciales y movimientos en masa, que contienen:

- a) La delimitación y zonificación de las áreas de amenaza.
- b) La delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza en las que se requiere adelantar los estudios detallados.
- c) La delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo en las que se requiere adelantar los estudios detallados.
- d) La determinación de las medidas de intervención, orientadas a establecer restricciones y condicionamientos mediante la determinación de normas urbanísticas.

**Estudios detallados:** Orientados a determinar la categorización del riesgo y establecer las medidas de mitigación correspondientes, los desarrollos de estos están identificados y priorizados en los estudios básicos.

**Zonificación:** es la representación cartográfica de áreas con características homogéneas. Debe realizarse bajo el sistema de coordenadas oficial definido por la autoridad cartográfica nacional y su precisión estará dada en función de la escala de trabajo.

## **4. Marco Normativo**

En este capítulo se presentan los antecedentes normativos de orden nacional que se configuraron a través del tiempo en el marco de la gestión del riesgo de desastres y la planificación territorial.

### **4.1 Gestión del Riesgo**

Observando los procesos de conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y manejo de desastres que hacen parte de la gestión del riesgo de desastres que se encuentran consignados en la Ley 1523 de 2012, serán el referente para mencionar la normatividad en función de cada uno de estos procesos.

Tabla 1. Antecedentes Normativos- Gestión del Riesgo - Colombia

<b>NORMA</b>	<b>CONOCIMIENTO DEL RIESGO</b>	<b>REDUCCION DEL RIESGO</b>	<b>MANEJO DE DESASTRES</b>
<b>Decreto 1547 de 1948 Fondo Nacional de Calamidades</b>	X	X	X
<b>Ley 46 de 1998 Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres</b>	X	X	X

<b>Decreto Ley 919 de 1989 Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres</b>	X	X	X
<b>Ley 322 de 1996 Sistema Nacional de Bomberos</b>	X	X	X
<b>Decreto 2211 de 1997 Fondo Nacional de Bomberos</b>		X	X
<b>Ley 400 de 1997 Norma Sismo Resistente</b>	X	X	
<b>Decreto 2340 de 1997 Incendios Forestales</b>	X	X	X
<b>Decreto 93 de 1998 Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres</b>	X	X	X
<b>Decreto 1521 de 1998 Manejo de Combustible Estaciones de Servicio</b>		X	X
<b>Decreto 321 de 1999 PNC Hidrocarburos</b>		X	X
<b>Decreto 2015 de 2001 Licencias Postdesastre</b>		X	X
<b>Documento CONPES 3146 DE 2001 Estrategia para consolidar el Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres</b>	X	X	X
<b>Decreto 1609 de 2002 Transporte de Mercancías Peligrosas</b>		X	X
<b>Documento CONPES 3318 de 2004 Financiamiento del Programa de Reducción de la Vulnerabilidad Fiscal del Estado Frente a Desastres Naturales</b>	X	X	X
<b>Decreto 4002 de 2004 Revisión del POT por desastre o riesgo</b>	X	X	
<b>Decreto 926 de 2010 Requisitos Construcción Sismo Resistente NSR-10</b>	X	X	
<b>Decreto 4147 de 2011 Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres</b>	X	X	X
<b>Ley 1523 de 2012 Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres</b>	X	X	X

Fuente: Modificado de Análisis de la gestión del riesgo de desastres en Colombia: un aporte para la construcción de políticas públicas. Bogotá - Banco Mundial 2012.

## 4.2 Planificación Territorial

Tabla 2. Antecedentes Normativos de Planificación en Colombia

NORMA	FINALIDAD
<b>Ley 88 de 1947</b>	Fomentar el desarrollo urbano de los municipios
<b>Ley 61 de 1978</b>	Ley Orgánica del Desarrollo urbano; lograr condiciones óptimas para el desarrollo de las ciudades y de sus áreas de influencia en los aspectos físico, económico, social y administrativo, todo núcleo urbano con más de 20.000 habitantes deberá formular su respectivo Plan Integral de Desarrollo con base en las técnicas modernas de planeación urbana y de coordinación urbano-regional.
<b>Ley 9 de 1989</b>	Lograr condiciones óptimas para el desarrollo de las ciudades y de sus áreas de influencia en los aspectos físico, económico, social y administrativo, los municipios con una población mayor de cien mil (100.000) habitantes, incluyendo al Distrito Especial de Bogotá, la Intendencia Especial de San Andrés y Providencia y las Áreas Metropolitanas, deberán formular su respectivo Plan de Desarrollo de conformidad con la política Nacional y Departamental, las técnicas modernas de planeación urbana y con base en la coordinación del desarrollo urbano - regional.
<b>Ley orgánica de ordenamiento territorial 152 de 1994</b>	Establecer los procedimientos y mecanismos para la elaboración y control de los planes de desarrollo, así como la regulación de los demás aspectos contemplados por el artículo XII de la Constitución Política y demás normas constitucionales que se refieren al plan de desarrollo y la planificación.
<b>Ley de desarrollo territorial 388 de 1997</b>	Conocida como la Ley de Desarrollo territorial, con la finalidad de: Armonizar y actualizar las disposiciones contenidas en la Ley 9ª de 1989 con las nuevas normas establecidas en la Constitución Política, la Ley Orgánica del Plan de Desarrollo, la Ley Orgánica de Áreas Metropolitanas y la Ley por la que se crea el Sistema Nacional Ambiental; establecimiento de los mecanismos que permitan al municipio, en ejercicio de su autonomía, promover el ordenamiento de su territorio, el uso equitativo y racional del suelo, la preservación y defensa del patrimonio ecológico y cultural localizado en su ámbito territorial y la prevención de desastres en asentamientos de alto riesgo, así como la ejecución de acciones urbanísticas eficientes; garantizar que la utilización del suelo por parte de sus propietarios se ajuste a la función social de la propiedad y permita hacer efectivos los derechos constitucionales a la vivienda y a los servicios públicos domiciliarios, y velar por la creación y la defensa del espacio público, así como por la protección del medio ambiente y la prevención de desastres;

	<p>promover la armoniosa concurrencia de la Nación, las entidades territoriales, las autoridades ambientales y las instancias y autoridades administrativas y de planificación, en el cumplimiento de las obligaciones constitucionales y legales que prescriben al Estado el ordenamiento del territorio, para lograr el mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes; facilitar la ejecución de actuaciones urbanas integrales, en las cuales confluyan en forma coordinada la iniciativa, la organización y la gestión municipales con la política urbana nacional, así como con los esfuerzos y recursos de las entidades encargadas del desarrollo de dicha política.</p>
<b>Ley 1454 de 2011</b>	<p>Dictar las normas orgánicas para la organización político administrativa del territorio colombiano; enmarcar en las mismas el ejercicio de la actividad legislativa en materia de normas y disposiciones de carácter orgánico relativas a la organización político administrativa del Estado en el territorio; establecer los principios rectores del ordenamiento; definir el marco institucional e instrumentos para el desarrollo territorial; definir competencias en materia de ordenamiento territorial entre la Nación, las entidades territoriales y las áreas metropolitanas y establecer las normas generales para la organización territorial.</p>
<b>Decreto 1076 de 2015</b>	<p>El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible es el rector de la gestión del ambiente y de los recursos naturales renovables, encargado orientar y regular ordenamiento ambiental del territorio y de definir las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables y del ambiente de la Nación, a fin de asegurar el desarrollo sostenible, perjuicio de funciones asignadas a otros sectores.</p>
<b>Decreto 1077 de 2015</b>	<p>El Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio tendrá como objetivo primordial lograr, en el marco de la ley y sus competencias, formular, adoptar, dirigir, coordinar y ejecutar la política pública, planes y proyectos en materia del desarrollo territorial y urbano planificado del país, la consolidación del sistema de ciudades, con patrones de uso eficiente y sostenible del suelo, teniendo en cuenta las condiciones de acceso y financiación de vivienda, y de prestación de los servicios públicos de agua potable y saneamiento básico.</p>

Fuente: Elaboración propia con base en <http://www.indepaz.org.co/wp-content/uploads/2017/12/PRESENTACION-NORMAS-OT-SNR.pdf>

En adelante describiremos el contenido del Decreto Único Reglamentario 1077 de 2015 Nivel Nacional expedido el 26 de mayo del año en mención; en el acápite que contiene la Sección tercera determina la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial (POT); así mismo, se

enunciaran los aspectos contemplados en el Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015 del Nivel Nacional del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, los cuadros que se presentarán a continuación nos permitirán presentar la información al respecto.

Tabla 3. Gestión del Riesgo Contenida en el Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015 Nivel Nacional

Sección 3. Incorporación de la Gestión del Riesgo en los Planes de Ordenamiento Territorial		
Numeral y/o Determinante	Lineamiento	Especificaciones
	Objeto y ámbito de aplicación.	Las disposiciones contenidas en el presente capítulo establecen las condiciones y escalas de detalle para incorporar de manera gradual la gestión del riesgo en la revisión de los contenidos de mediano y largo plazo de los planes de ordenamiento territorial municipal y distrital o en la expedición de un nuevo plan.
	Estudios técnicos para la incorporación de la gestión del riesgo en la planificación territorial.	Se deben realizar los estudios básicos para la revisión de los contenidos de mediano y largo plazo de los planes de ordenamiento territorial o la expedición de nuevos planes y en su ejecución se deben realizar los estudios detallados.
		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La delimitación y zonificación de las áreas de amenaza.</li> <li>2. La delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza en las que se requiere adelantar los estudios detallados a que se refiere el siguiente artículo.</li> <li>3. La delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo en las que se requiere adelantar los estudios detallados a que se refiere el siguiente artículo.</li> <li>4. La determinación de las medidas de intervención, orientadas a establecer restricciones</li> </ol>



<b>Subsección 1. Disposiciones Generales</b>	Estudios básicos para la revisión o expedición de Planes de Ordenamiento Territorial (POT).	y condicionamientos mediante la determinación de normas urbanísticas.
	Estudios detallados.	Orientados a determinar la categorización del riesgo y establecer las medidas de mitigación correspondientes.
	Escala de trabajo	De conformidad con las clases de suelo establecidas en la Ley 388 de 1997, los estudios se elaboran como mínimo en las siguientes escalas:  Estudio Básico: Urbano 1:5000, Expansión Urbana 1:5000, Rural 1:25000.  Estudio Detallado: Urbano 1:2000, Expansión Urbana 1:2000, Rural Suburbano 1:5000
		<p>1. Recopilar y analizar la información contenida en el plan de ordenamiento territorial, estudios regionales, técnicos o informes técnicos, cartografía base, la información de las bases de datos institucionales y la información de redes de monitoreo de amenazas existentes.</p> <p>2. Verificar si se cuenta con la delimitación y zonificación de amenaza y/o riesgo para el municipio o distrito (suelo urbano, expansión urbana y suelo rural) y que la misma cumpla como mínimo con los siguientes aspectos:</p> <p>2.1 Que corresponda al análisis del área urbana, expansión urbana y rural del municipio o distrito, se ajuste a las condiciones técnicas establecidas en el presente capítulo y esté acorde con su situación actual. La información se podrá emplear siempre y cuando se verifique su pertinencia y se actualice cuando se requiera.</p> <p>2.2 Que la información técnica disponible corresponda al análisis de las áreas en las que se hayan evidenciado afectaciones en el municipio o distrito.</p> <p>3. En caso que se cuente con estudios detallados que permitan establecer el nivel de riesgo, se deberá verificar que los mismos cumplan con las</p>

<b>Subsección 2. Condiciones Técnicas para la Elaboración de los Estudios Básicos y Detallados.</b>	Análisis de la información disponible.	condiciones técnicas establecidas en el presente decreto.
	Asesoría para el análisis de los estudios.	Los alcaldes municipales podrán solicitar al Departamento asesoría sobre los análisis que se deben adelantar para el estudio de los eventos que se presentan en su territorio
<b>Sub – Subsección 1. Condiciones Técnicas para la Elaboración de Estudios Básicos</b>	Estudios básicos de amenaza por movimientos en masa.	<p>1. Área de estudio: Se adelantará éste tipo de estudios en todas las zonas de relieve escarpado, montañoso y ondulado, con pendientes iguales o superiores a 5 grados más los taludes marginales de cauces, así como las zonas planas que puedan recibir los efectos de los movimientos en masa.</p> <p>Adicionalmente, se consideran aquellas áreas urbanas y de expansión urbana que teniendo una pendiente menor a 5 grados hayan presentado problemas de inestabilidad y subsidencia debido a problemas geoténicos o al desarrollo de actividades antrópicas.</p> <p>2. Insumos: Para suelos urbanos, de expansión urbana y rural, se deben utilizar como mínimo los siguientes insumos que son elaborados o ajustados y evaluados a la escala de trabajo correspondiente:</p> <p>2.1 Cartografía base que contenga entre otros: coordenadas, curvas de nivel, drenajes, red vial, infraestructura y equipamientos, asentamientos humanos.</p> <p>2.2 Inventario de procesos morfodinámicos.</p> <p>En la elaboración de los estudios para suelos urbanos y de expansión urbana, adicionalmente se elabora: la geología para ingeniería y la</p>

		<p>geomorfología aplicada a movimientos en masa a nivel de elementos geomorfológicos.</p> <p>En la elaboración de los estudios para suelos rurales, adicionalmente se realiza: la geología, unidades geológicas superficiales, la geomorfología aplicada a movimientos en masa a nivel de subunidades geomorfológicas y cobertura y uso del suelo.</p> <p>3. Alcance: La determinación de las condiciones de amenaza por movimientos en masa deberá integrar las diferentes variables que inciden en la ocurrencia tanto actual como futura de estos fenómenos. Se deben considerar dentro de los agentes detonantes los siguientes factores: agua, sismo y procesos antrópicos (cortes, excavaciones, rellenos y construcciones en general).</p> <p>Para el suelo urbano y de expansión urbana se utilizará, como mínimo, alguno de los siguientes análisis: estadísticos, determinísticos o probabilísticos.</p> <p>Para los suelos rurales se utilizará, como mínimo, alguno de los siguientes análisis: de inventarios, heurísticos o estadísticos.</p> <p>En todo caso, los análisis se realizarán en función de la magnitud de la amenaza, su intensidad, consecuencias y la disponibilidad de información.</p> <p>4. Zonificación: Para la zonificación de la amenaza, ésta se categorizará en alta, media y baja, que se establece según el método empleado. En todo caso las áreas con procesos activos se consideran en la categoría alta.</p> <p>5. Productos: Como resultado de los estudios, se elaboran los mapas de zonificación de amenaza por movimientos en masa, según lo dispuesto en el presente artículo. La leyenda deberá incluir la descripción de las características físicas de las unidades según la categoría establecida, los tipos de procesos predominantes y los posibles daños que se pueden generar.</p>
--	--	---

	Estudios básicos de amenaza de inundación.	<p>1. Área de estudio: Las zonas en las cuales exista la posibilidad de presentarse una inundación sean aledañas o no a ríos, caños, quebradas, humedales y otros cuerpos de agua o aquellas que hagan parte de su área de influencia.</p> <p>En el análisis se deben considerar los casos en los que existan precedentes de mecanismos generadores de inundaciones tales como encharcamiento por lluvias intensas sobre áreas planas, encharcamiento por deficiencia de drenaje, inundaciones costeras entre otros.</p> <p>Los municipios o distritos con un suelo rural superior a 1.500 km<sup>2</sup>, para los cuales no exista base cartográfica e insumos a 1:25.000, podrán realizar los estudios para esta clase de suelo a escala 1: 100.000 o 1:50.000. En aquellas áreas rurales donde se presenten inundaciones recurrentes, con presencia de elementos expuestos, deben realizar los estudios básicos a 1:25.000.</p> <p>2. Insumos: Se debe utilizar como mínimo los siguientes insumos:</p> <p>2.1 Geomorfología. Identificación de las diferentes subunidades geomorfológicas asociadas a los paisajes aluviales, con especial énfasis en las geoformas correspondientes a la llanura de inundación.</p> <p>2.2 Modelo de elevación digital del terreno.</p> <p>2.3 Identificación de las zonas inundables e inundadas (registro de eventos). A partir de información de las diferentes entidades a nivel nacional, regional o local, interrelacionada con la información de la comunidad identificar cuales áreas han sufrido afectaciones por inundación y en qué fecha.</p> <p>2.4 Hidrología. Caracterización del comportamiento del régimen hidrológico en la región a la cual pertenece el municipio mediante un análisis de los eventos hidroclimáticos máximos identificando para cuales períodos de retorno se están presentando las afectaciones y las áreas afectadas para los mismos.</p>
--	--	--

		<p>3. Alcance: Para la zonificación de la amenaza se emplean tres categorías: alta, media y baja, teniendo en cuenta el registro de eventos, la recurrencia de los mismos y la intensidad (niveles alcanzados) de la inundación.</p> <p>Para el suelo urbano, de expansión urbana y rural se utilizará, como mínimo, análisis de tipo histórico y geomorfológico. De acuerdo con la información disponible se podrán complementar con análisis hidrológico-hidráulicos y métodos asistidos por sensores remotos y sistemas de información geográfica.</p> <p>En todo caso, los análisis se realizan en función de la magnitud de la amenaza, su intensidad, consecuencias y la disponibilidad de información.</p> <p>4. Productos: Como resultado de los estudios, se elaboran mapas de zonificación de amenaza por inundaciones, según lo dispuesto en el presente artículo.</p>
	Estudios básicos de amenaza por avenidas torrenciales.	<p>1. Área de estudio: Todos los cauces presentes o con influencia en el municipio o distrito, que por sus condiciones topográficas puedan tener un comportamiento torrencial.</p> <p>2. Insumos: Se debe utilizar como mínimo los siguientes insumos:</p> <p>2.1 Geomorfología.</p> <p>2.2 Estudio hidrológico de la cuenca, orientado al flujo torrencial, considerando el ciclo de sedimentos.</p> <p>2.3 Análisis hidráulico del área a zonificar, teniendo en cuenta factores detonantes como precipitación o movimientos en masa.</p> <p>2.4 La base cartográfica que se emplee en la zonificación corresponderá a una escala 1:2.000.</p> <p>3. Alcance: Para la zonificación de la amenaza, ésta se categorizará en alta, media y baja, dependiendo de la frecuencia de presentación de los eventos y sus características: la profundidad de la lámina de agua, los materiales de arrastre y la velocidad del flujo.</p>

		<p>Se utiliza, como mínimo, alguno de los siguientes análisis: estadísticos, determinísticos o probabilísticos.</p> <p>En todo caso, los análisis se realizan en función de la magnitud de la amenaza, su intensidad, consecuencias y la disponibilidad de información.</p> <p>4. Productos: Mapa de amenaza por avenidas torrenciales, en el cual se delimitan y zonifican los diferentes niveles de amenaza que presenta el territorio estudiado, según lo dispuesto en el presente artículo.</p>
	Delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza.	<p>Con fundamento en la delimitación y zonificación de amenazas, se delimitan y zonifican aquellas áreas sin ocupar del suelo urbano, de expansión urbana, rural suburbano o centros poblados rurales en las que en la revisión o en la expedición de un nuevo POT se proponga su desarrollo.</p> <p>La identificación de estas áreas se realizará a partir del análisis de las áreas zonificadas como de amenaza alta y media sin ocupar en los estudios básicos con aquellas que se consideren como objeto de desarrollo. En todo caso el desarrollo de las zonas de amenaza media y alta sin ocupar quedará sujeto a los resultados de los estudios detallados.</p> <p>Con esta información se elabora el mapa con la delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza y se establecen los criterios para la caracterización y delimitación de las unidades de análisis en las áreas que serán objeto de estudios detallados.</p>
	Delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo.	<p>Con fundamento en la delimitación y zonificación de amenazas, se delimitan y zonifican las áreas con condición de riesgo, a fin de priorizar las áreas en las cuales se deben realizar estudios detallados.</p> <p>La identificación de las áreas con condición de riesgo se realizará a partir del análisis de las áreas zonificadas como de amenaza alta en los estudios básicos, con la información cartográfica (predial o catastral, entre otras) disponible que permita identificar la existencia de elementos expuestos, de áreas urbanizadas, ocupadas o edificadas, así</p>

		<p>como de aquellas en las que se encuentren edificaciones indispensables y líneas vitales.</p> <p>Con esta información se elabora el mapa con la delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo y se establecen los criterios para la caracterización y delimitación de las unidades de análisis que dependen del fenómeno a estudiar y la priorización para la realización de los estudios detallados que permitirán categorizar el riesgo.</p> <p>Parágrafo. Las zonas de amenaza media para las cuales en la revisión o expedición de un nuevo POT se proponga el cambio de densidad o un cambio en los usos del suelo que pueda generar o incrementar el riesgo en la zona, se consideran como áreas con condición de riesgo.</p>
	Determinación de medidas de intervención.	<p>Con base en los resultados de los estudios básicos, se deben determinar las medidas de mitigación no estructurales orientadas a establecer el modelo de ocupación del territorio y las restricciones o condicionamientos para el uso del suelo cuando sea viable, mediante la determinación de normas urbanísticas.</p>
<b>Sub – Sub sección 2. Condiciones Técnicas para la Elaboración de Estudios Detallados</b>	Estudios detallados.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Análisis detallado de amenaza.</li> <li>2. Evaluación de vulnerabilidad.</li> <li>3. Evaluación del riesgo.</li> <li>4. Determinación de medidas de mitigación.</li> </ol> <p>Parágrafo. En las zonas no ocupadas, esto es, que no hay elementos expuestos, se deben considerar las alternativas de intervención conducentes a la reducción de la amenaza, siempre y cuando sean viables desde el punto de vista ambiental, técnico, financiero y urbanístico.</p>
	Análisis detallado de amenaza por movimientos en masa.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Área de estudio. Se referirá a las áreas con condiciones de riesgo y amenaza, por movimientos en masa delimitadas en el plan de ordenamiento territorial, a partir de los estudios básicos de que tratan los artículos anteriores. Estas áreas podrán ser precisadas con base en la geoforma de la zona objeto de análisis.</li> </ol>

		<p>2. Insumos. Se consideran como insumos mínimos que se elaboran y evalúan a la escala de trabajo, los siguientes:</p> <p>2.1 Geología para ingeniería.</p> <p>2.2 Geomorfología a nivel de elementos.</p> <p>2.3 Hidrogeología, con énfasis en comportamiento de los niveles freáticos.</p> <p>2.4 Evaluación del drenaje superficial.</p> <p>2.5 Sismología.</p> <p>2.6 Uso del Suelo.</p> <p>2.7 Exploración del subsuelo.</p> <p>2.8 Levantamiento topográfico, incluyendo la información predial o catastral.</p> <p>3. Alcance. El análisis de la amenaza a nivel detallado se realiza empleando por lo menos métodos determinísticos y modelos matemáticos, en función de la dinámica del movimiento en masa objeto de análisis.</p> <p>Como parte del análisis de amenaza se debe tener en cuenta las causas de la inestabilidad del terreno, considerando dentro de los agentes detonantes los siguientes factores: agua, sismo y procesos antrópicos (cortes, excavaciones, rellenos y construcciones en general), mediante el análisis mínimo de tres escenarios.</p> <p>4. Productos: Mapas de zonificación de amenaza por movimientos en masa, según lo dispuesto en el presente artículo.</p>
	<p>Análisis detallado de amenaza de inundación.</p>	<p>1. Área de estudio. Se referirá a las áreas con condiciones de riesgo y amenaza por inundación delimitadas en el plan de ordenamiento territorial, a partir de los estudios básicos de que trata la presente subsección con los análisis del Plan de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA) aprobado.</p> <p>2. Insumos: Se deben utilizar como mínimo los siguientes insumos:</p>



		<p>2.1 Información de hidrología e hidráulica.</p> <p>2.2 Información topográfica y batimétrica detallada de los tramos de cauce analizados, incluyendo aquellos elementos o tramos que estén asociados con el origen de la inundación.</p> <p>3. Alcance: El análisis de la amenaza a nivel detallado se realizará teniendo en cuenta criterios históricos, geomorfológicos, hidrológico-hidráulicos empleando métodos asistidos por sensores remotos y sistemas de información geográfica.</p> <p>4. Productos: Mapa o mapas de zonificación de amenaza por inundación por desbordamiento, el cual delimita y caracteriza los diferentes niveles de amenaza que presenta el territorio estudiado, según lo dispuesto en el presente artículo.</p>
	Evaluación de vulnerabilidad.	<p>1. De acuerdo con los resultados del estudio detallado de amenazas para cada fenómeno analizado, se deben identificar y localizar en la cartografía correspondiente los elementos expuestos.</p> <p>2. Se debe establecer las características de los elementos expuestos a las amenazas identificadas, en cuanto al tipo de elemento, grado de exposición, resistencia que ofrece el elemento y distribución espacial.</p> <p>3. Se deben identificar los diferentes tipos de daño o efecto esperado sobre los elementos expuestos que se pueden presentar como resultado del fenómeno natural.</p> <p>4. Esta información debe zonificarse en un mapa a la misma escala del mapa de amenazas detallados estableciendo categorías de vulnerabilidad alta, media y baja, de acuerdo a las características de los elementos expuestos.</p>
	Evaluación del riesgo.	<p>La evaluación de riesgo es el resultado de relacionar la zonificación detallada de amenaza y la evaluación de la vulnerabilidad. Con base en ello, se categorizará el riesgo en alto, medio y bajo, en función del nivel de afectación esperada.</p> <p>Para las zonas en alto riesgo se definirá la mitigabilidad o no mitigabilidad, a partir de las</p>

		<p>alternativas de intervención física para reducir y evitar el incremento de la amenaza y/o vulnerabilidad.</p> <p>Para estas alternativas se deberá evaluar su viabilidad de ejecución desde el punto de vista técnico, financiero y urbanístico. Bajo estas evaluaciones se obtendrá la definición del riesgo alto mitigable o riesgo alto no mitigable.</p>
	Contenidos de la evaluación del riesgo.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Documento técnico que contenga metodología de evaluación empleada y los resultados.</li> <li>2. Fichas de evaluación de vulnerabilidad.</li> <li>3. Mapa de vulnerabilidad categorizada en alta, media y baja.</li> <li>4. Mapa de riesgo, categorizado en alto, medio y bajo, señalando para el riesgo alto si es mitigable o no mitigable.</li> <li>5. Mapas de localización y dimensionamiento de las medidas de intervención propuestas.</li> <li>6. Presupuestos estimados de costos de las alternativas planteadas.</li> <li>7. Inventario de viviendas en alto riesgo no mitigable</li> </ol>
	Medidas de Intervención.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Las medidas estructurales, son medidas físicas encaminadas a la realización de acciones y obras para atender las condiciones de riesgo ya existentes. Entre otras se consideran las siguientes: obras de estabilización y de reforzamiento de edificaciones e infraestructura, las cuales deben ser predimensionadas sobre la cartografía a nivel de prediseño, con el estimativo de costos correspondiente.</li> </ol> <p>En la determinación de este tipo de medidas se deben considerar los potenciales efectos que producirán aguas abajo.</p> <p>En las zonas donde se define que el riesgo es no mitigable se deben identificar en detalle las viviendas y construcciones que serán objeto de reasentamiento, además de las obras de</p>

		<p>estabilización necesarias para evitar que aumente la influencia del fenómeno en estudio.</p> <p>2. Las medidas no estructurales, orientadas a regular el uso, la ocupación y el aprovechamiento del suelo mediante la determinación de normas urbanísticas, proyectos para la implementación de sistemas de alertas tempranas en los casos que aplique, así como la socialización y apropiación cultural de los principios de responsabilidad y precaución.</p>
	Incorporación de los resultados de estudios detallados al POT.	<p>Con base en los resultados de los estudios detallados y mediante acto administrativo, el alcalde municipal o distrital o la dependencia delegada para el efecto, podrá realizar la precisión cartográfica y la definición de las normas urbanísticas a que haya lugar en el área objeto de estudio, de conformidad con lo previsto en el Plan de Ordenamiento Territorial y deberá registrarse en todos los planos de la cartografía oficial.</p> <p>En todo caso, cuando los resultados de los estudios detallados generen la modificación de los usos del suelo o de normas urbanísticas del Plan de Ordenamiento Territorial deberá emprenderse su revisión, ajuste o modificación en los términos de la Ley 388 de 1997 y las normas que la adicionen, modifiquen o complementen.</p>
<b>Subsección 3. Incorporación del Riesgo en el Ordenamiento Territorial</b>	Documento Técnico de Soporte.	Los estudios básicos, y cuando se disponga de estudios detallados, deben integrarse al Documento Técnico de Soporte que contiene la justificación, la descripción, el desarrollo y la aplicación de las determinaciones de planificación de los componentes y contenidos del Plan de Ordenamiento Territorial.
	Componente General.	1. Objetivos y estrategias territoriales de mediano y largo plazo. Se deben establecer los objetivos y estrategias de mediano y largo plazo garantizando la incorporación de la gestión del riesgo en el plan de ordenamiento territorial y la definición de medidas para el conocimiento y la reducción (prevención y mitigación) del riesgo, procurando el desarrollo seguro del territorio, de acuerdo con los análisis efectuados en los estudios básicos, así

		<p>como con los análisis de estudios detallados cuando se disponga de estos.</p> <p>2. Contenido estructural. En el contenido estructural se deben especificar y ubicar en planos:</p> <p>2.1. Las áreas con condición de riesgo y con restricción por amenazas identificadas en los estudios básicos y su priorización para la elaboración de los estudios detallados en el corto, mediano y largo plazo, en función de los objetivos, estrategias y prioridades adoptados para la concreción del modelo de ocupación territorial y de acuerdo con la programación prevista en el respectivo plan.</p> <p>3. La determinación y ubicación en planos de las zonas que presenten alto riesgo para la localización de asentamientos humanos, por amenazas o por riesgos naturales, siempre y cuando se cuente con los estudios detallados que permitan su caracterización.</p> <p>3.1. En la determinación de los suelos de protección deben considerarse las áreas que cumplan las siguientes condiciones y que por tanto tienen restringida la posibilidad de urbanizarse:</p> <p>3.1.1. Las áreas sin ocupar zonificadas en los estudios básicos como amenaza alta, en las que la información sobre intensidad y recurrencia o registros históricos de los fenómenos por movimientos en masa, avenidas torrenciales o inundación evidencian que la determinación de las medidas de reducción es insuficiente en el tiempo para garantizar el desarrollo de procesos de urbanización;</p> <p>3.1.2. Las áreas zonificadas como riesgo alto no mitigable en suelo urbano, de expansión urbana y rural, de acuerdo con los estudios detallados, cuando se cuente con ellos.</p>
	El Componente Urbano.	<p>1. Para las áreas con condición de amenaza: La asignación del régimen general de usos y tratamientos que se podrán desarrollar en estas áreas, estableciendo los condicionamientos o restricciones de usos, densidades, ocupación y edificabilidad que eviten la generación de situaciones de riesgo.</p>

		<p>El desarrollo de estas áreas se condiciona a la elaboración de los estudios detallados de que trata la presente subsección, para lo cual se deben señalar los criterios para la caracterización y delimitación de las unidades de análisis y para la realización de los estudios detallados.</p> <p>2. Para las áreas de amenaza media ocupadas. La determinación de las acciones requeridas para estas áreas relacionadas con el manejo de aguas y adecuación de taludes, entre otros, así como de las acciones para realizar seguimiento y monitoreo a fin de garantizar que no se generen condiciones de riesgo.</p> <p>3. Para las áreas con condición riesgo: La definición de las condiciones técnicas que se estimen convenientes para la elaboración de los estudios detallados que permitan establecer la categorización del riesgo.</p> <p>La asignación del régimen general de usos y tratamientos, y normas de densidades, ocupación y edificabilidad que se podrán desarrollar condicionados a los resultados de los estudios detallados.</p> <p>4. Para las áreas de riesgo que cuenten con estudios detallados:</p> <p>4.1 La delimitación y zonificación de las zonas de riesgo alto, medio y bajo con la determinación de aquellas zonas de riesgo alto que se consideren como mitigables y no mitigables.</p> <p>4.2 La definición de las medidas de intervención para el desarrollo de las zonas de riesgo mitigable. Igualmente, se contemplará la asignación de usos y tratamientos y las demás normas urbanísticas de carácter general para el desarrollo de estas áreas (densidades, ocupación y edificabilidad).</p> <p>4.3 Cuando las zonas de alto riesgo se definan como no mitigables, se establecen las medidas para su manejo y para evitar la ocupación de estas áreas, de acuerdo con el régimen aplicable al suelo de protección.</p> <p>Parágrafo. El desarrollo urbanístico de áreas con condición de amenaza estará sujeto a la realización de los estudios detallados, así como a</p>
--	--	---

		<p>la ejecución de las medidas de reducción (prevención y mitigación) que se determinen en los mismos.</p> <p>Para el efecto, en el plan de ordenamiento territorial o los instrumentos que lo desarrollen y complementen se deben, si es del caso, fijar criterios diferenciales para la caracterización y redelimitación de las unidades de análisis en las áreas objeto de los estudios detallados.</p> <p>Como mínimo se deben considerar los predios que pueden ser afectados por la ocurrencia del fenómeno natural objeto de análisis y se deben señalar las condiciones y parámetros para la realización de los estudios, de conformidad con lo establecido para el trámite de licencias de urbanización contempladas en el presente Decreto.</p> <p>Los estudios podrán estar a cargo del gestor y/o promotor y/o urbanizador dentro del trámite de los instrumentos de planeamiento intermedio y de licenciamiento urbanístico.</p>
El	Componente Rural.	<p>1. Para las áreas de amenaza alta y media: La definición de medidas de manejo especial para las zonas calificadas como de amenaza alta y media en los suelos rurales no suburbanos mediante el desarrollo, entre otros, de usos agroforestales, la implementación de prácticas culturales de conservación y manejo de cultivos, las medidas para el control de erosión y prácticas mecánicas de conservación tales como el manejo de escorrentías, así como determinar la necesidad de adelantar estudios detallados en las áreas de restricción por amenaza.</p> <p>2. Para las áreas con condición riesgo: La definición de las condiciones técnicas para la elaboración de los estudios detallados que permitan establecer las categorías de riesgo en estas áreas y la asignación del régimen general de usos.</p> <p>3. Para las áreas de riesgo que cuenten con estudios detallados: La delimitación y zonificación de las áreas de riesgo alto, medio y bajo con la determinación de aquellas zonas de riesgo alto</p>

		<p>que se consideren como mitigables y no mitigables.</p> <p>La asignación de usos y las demás condiciones para orientar la ocupación de las áreas calificadas como de riesgo mitigable y para las clasificadas como de riesgo no mitigable se aplicará el régimen del suelo de protección.</p> <p>Parágrafo. El desarrollo por parcelación en áreas con condición de riesgo en suelo suburbano y centros poblados rurales que no cuenten con estudios detallados al momento de adoptar la revisión del plan de ordenamiento territorial, estará condicionado a su realización, así como a la ejecución de las medidas de reducción (prevención y mitigación) que se determinen en estos estudios.</p>
	Programa de ejecución.	<p>En el programa de ejecución se incluyen con carácter obligatorio, los programas y proyectos para el conocimiento y la reducción (prevención y mitigación) del riesgo que se ejecutarán durante el periodo de la administración municipal o distrital correspondiente, de acuerdo con lo definido en el correspondiente Plan de Desarrollo y según la vigencia del plan de ordenamiento territorial, señalando las prioridades, la programación de actividades, las entidades responsables y los recursos respectivos.</p> <p>Con fundamento en lo establecido en los componentes general, urbano y rural, dentro de los programas y proyectos se deben considerar como mínimo los estudios detallados en las áreas priorizadas, el desarrollo de medidas de mitigación estructurales y no estructurales y las acciones para adelantar reasentamientos.</p>
<b>Subsección 4. Disposiciones Finales</b>	Requisitos profesionales.	Los estudios técnicos señalados en la presente sección deben ser elaborados y firmados por profesionales idóneos en las materias, quienes son responsables de los mismos sin perjuicio de la responsabilidad por la correcta ejecución de los diseños y las obras de mitigación.
	Mecanismos de financiación para la	De conformidad con lo previsto en la Ley 1523 de 2012, los municipios y sus fondos territoriales de gestión del riesgo definirán mecanismos de

	realización de estudios.	de financiación para la realización de los estudios contemplados en el presente decreto.  Parágrafo. En desarrollo de los principios de coordinación, concurrencia, complementariedad y subsidiariedad y el artículo 47 de que trata la citada ley, el Fondo Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres en la priorización de la inversión de recursos para el conocimiento y la reducción del riesgo para la implementación de lo previsto en este decreto, podrá apoyar a los municipios de categorías 5 y 6, de conformidad con los criterios que se establezcan para el manejo de este fondo.
--	--------------------------	---

Fuente: Elaboración propia – Tomado de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=62512>

Tabla 4. La Gestión del Riesgo incorporada en el Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015 Nivel Nacional

CRITERIO	COMPONENTE GRD
<b>Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas</b>	Las autoridades ambientales competentes en la fase de formulación deberán incorporar la gestión de riesgo, para lo cual, priorizarán y programarán acciones para el conocimiento y reducción del riesgo y recuperación ambiental de territorios afectados. Las autoridades ambientales competentes desarrollarán este componente con base en los parámetros que se definan en la Guía técnica para la formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas.
<b>Obtención de los Permisos de Vertimiento y Planes de Cumplimiento</b>	Las personas naturales o jurídicas de derecho público o privado que desarrollen actividades industriales, comerciales y de servicios que generen vertimientos a un cuerpo de agua o al suelo deberán elaborar un Plan de Gestión del Riesgo para el Manejo de Vertimientos en situaciones que limiten o impidan el tratamiento del vertimiento. Dicho plan debe incluir el análisis del riesgo, medidas de prevención y mitigación, protocolos de emergencia y contingencia y programa de rehabilitación y recuperación.  Parágrafo. El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible mediante acto administrativo, adoptará los términos de referencia para la elaboración de este plan.
<b>Organización y Funcionamiento Institutos Adscritos y Vinculados</b>	Articulación con el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM- participará en el en el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres creado por la Ley 1523 de 2012



	y asumirá dentro del ámbito de su competencia las funciones y tareas de carácter científico, técnico y de seguimiento que venían desempeñando el HIMAT, el IGAC, el INDERENA y el INGEOMINAS, de acuerdo con lo establecido en el artículo 17 de la Ley 99 de 1993.
<b>De la prestación de los servicios públicos de hidrología y meteorología.</b>	El IDEAM, como fuente oficial de información científica en hidrología y meteorología, será la entidad encargada de prestar, directa o indirectamente, los servicios de información pública en estas áreas; especialmente se incluyen la prestación del servicio de meteorología para el transporte aéreo, marítimo, terrestre y fluvial, la información a los medios de comunicación y a la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres.
<b>Institutos Vinculados</b>	Articulación con el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. Los Institutos participarán en el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres creado por la Ley 1523 de 2012 y en este ámbito asumirán las funciones y tareas de carácter científico, técnico y de seguimiento que venían desempeñando el INDERENA y la COA.
<b>Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives De Añoreis - INVEMAR</b>	Articulación con el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. El INVEMAR participará en el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres creado por la Ley 1523 de 2012 y en el ámbito de su competencia asumirá las funciones y tareas de carácter científico, técnico y de seguimiento que venían desempeñando las entidades que desaparecen o se transforman con la Ley 99 de 1993.

Fuente: Elaboración propia – Tomado de  
<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=62511>

## 5. Antecedentes históricos y amenazas presentes en el territorio.

La sanción y promulgación de la Ley 1523 de 2012, se constituye en el instrumento y herramienta de política pública para facilitar la gobernabilidad y gobernanza de cara a posibles y futuros eventos que puedan llegar a ser generadores de desastres. Las experiencias vividas con base en las pérdidas de vidas humanas y recursos materiales con los sismos y erupciones volcánicas (Popayán, Armenia y Armero entre otros), permitieron generar documentos e instituciones robustas con la visión de preparar tanto a la comunidad como a las entidades territoriales y locales en función de dar un tratamiento adecuado a las amenazas presentes en cada uno de los contextos departamentales y municipales. La consolidación de la Ley 1523 de 2012 admite la observación de los procesos de conocimiento y reducción del riesgo en sinergia con el proceso de manejo de desastres. La norma indica y orienta que los instrumentos de planificación del territorio han de observar la incorporación de la gestión del riesgo como elemento transversal a los procesos de desarrollo y crecimiento.

### 5.1 Antecedentes históricos: según base de datos de emergencias de la UNGRD

La Unidad Nacional de Gestión del Riesgo-UNGRD cuenta con el registro y consolidado anual de atención de emergencias para el periodo comprendido entre 1998-2018, es decir 20 años; de la información consultada para el Municipio de Acacias, Meta, se cuenta con un total de 30 registros.

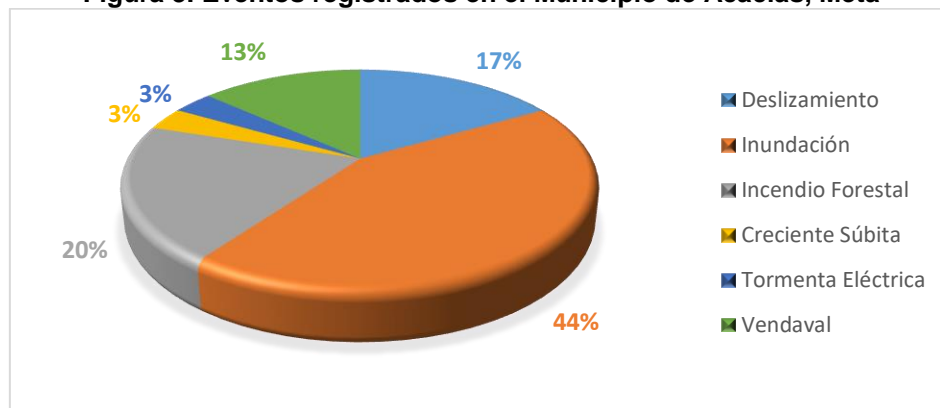
Tabla 5. Registro de Emergencias en Acacias - Meta

FECHA	TIPO DE EVENTO
05/05/1998	DESLIZAMIENTO
23/04/1999	DESLIZAMIENTO
29/05/2000	INUNDACION
30/05/2002	INUNDACION
15/02/2005	INUNDACION
01/11/2005	INUNDACION
02/11/2008	INUNDACION
02/11/2010	INUNDACION
02/04/2011	VENDAVAL
18/04/2011	INUNDACION
01/12/2011	INUNDACION
02/12/2011	DESLIZAMIENTO
12/05/2012	VENDAVAL
02/02/2013	INCENDIO FORESTAL
28/03/2013	CRECIENTE SUBITA
14/04/2015	INUNDACION
13/10/2015	INUNDACION
30/01/2016	INCENDIO FORESTAL
27/04/2016	TORMENTA ELECTRICA
12/07/2016	DESLIZAMIENTO
16/08/2016	INUNDACION
27/08/2016	VENDAVAL
24/09/2016	VENDAVAL
11/11/2016	INUNDACION
21/12/2017	INCENDIO FORESTAL
22/12/2017	INCENDIO FORESTAL
22/01/2018	INCENDIO FORESTAL
24/01/2018	INCENDIO FORESTAL
05/08/2018	INUNDACIÓN
27/08/2018	DESLIZAMIENTO

Fuente: Unidad Nacional de Gestión del Riesgo UNGRD

De las emergencias atendidas se registran principalmente Inundaciones (44%), Incendios Forestales (20%) Deslizamiento (17%), como se observa en la siguiente figura.

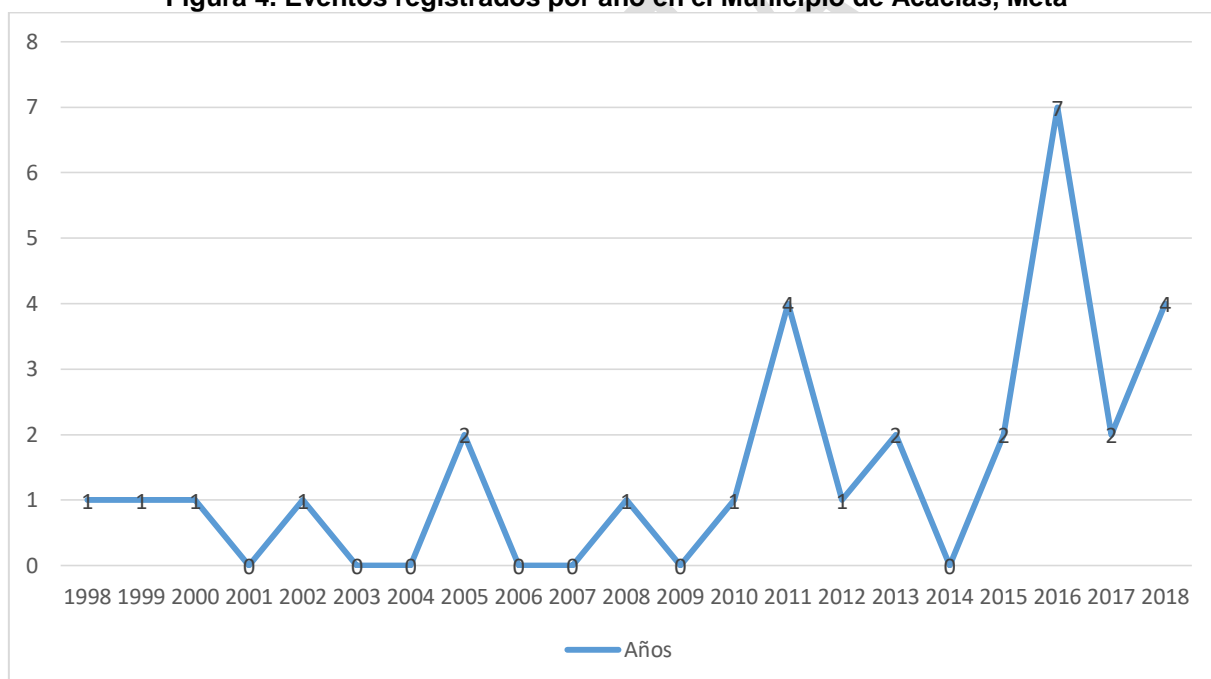
**Figura 3. Eventos registrados en el Municipio de Acacias, Meta**



Fuente: Elaboración Propia con base en Unidad Nacional de Gestión del Riesgo UNGRD

El registro realizado en el periodo de 20 años, muestra que a partir del año 2010 se incrementó la ocurrencia de emergencias en el Municipio, con el mayor número de emergencias en el año 2016, como se observa en la figura a continuación.

**Figura 4. Eventos registrados por año en el Municipio de Acacias, Meta**



Fuente: Elaboración Propia con base en Unidad Nacional de Gestión del Riesgo UNGRD

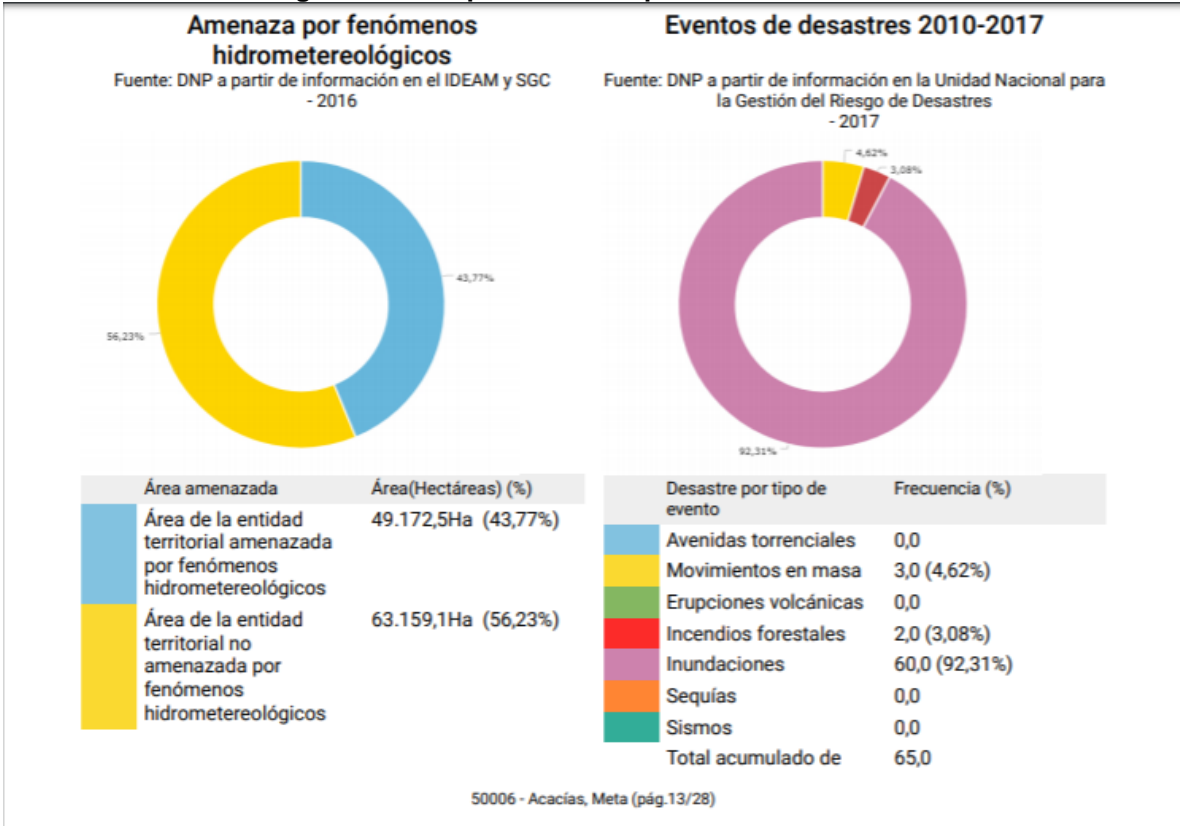
En los últimos tres años, los eventos de emergencias registrados son incendios forestales, inundaciones y deslizamientos.

Con respecto al análisis de eventos históricos es posible concluir que el municipio de Acacias se encuentra expuesto principalmente a inundaciones seguido de incendios forestales y movimientos en masa.

5.2 Ficha Municipal Territadata-DNP

Adicionalmente fue consultada la herramienta Terridata del Departamento Nacional de Planeación que dentro de sus dimensiones incorpora la información relacionada con la gestión del riesgo de desastres.

Figura 5. Ficha para el Municipio de Acacias - Meta



Fuente: Terridata DNP, 2019

Como puede observarse, según la ficha del Terridata, más del 50% municipio de Acacias no se encuentra amenazado por fenómenos hidrometeorológicos, sin embargo, se aclara que esta apreciación únicamente corresponde a un análisis de eventos históricos y no a un análisis de amenazas por dichos fenómenos.

5.3 Eventos y Sitios Críticos Reportados por la Comunidad en las Mesas de Participación

En las reuniones de participación de los encuentros territoriales se identificaron zonas en condición de amenaza las cuales serán descritas a continuación:

- ❖ **Vereda Brisas del Guayuriba:** La población manifiesta que los problemas de susceptibilidad se deben a la realización de sísmica lo que conlleva a provocar derrumbes, desestabilización de terrenos, erosión, remoción en masa y problemas de profundización de aguas.

Se presentan también amenazas por borrascas y derrumbes por la margen del río Guayuriba.

En el río Sardinata se presentan avalanchas, por fallas en infraestructura del acueducto, así como por deforestación.

- ❖ **Vereda La Esmeralda:** como amenazas naturales la comunidad identifico las borrascas y altos niveles freáticos.

- ❖ **Vereda San Cayetano:** Se encuentran unas viviendas cerca al río Guayuriba ubicadas en una zona de alta pendiente (barranco) lo que indica que es una zona de riesgo por deslizamiento y hay otras ubicadas en la parte baja de río algunas en construcción, (Hay 6 casas en zona de alto riesgo, 2 en el río, 4 en la orilla), se pide hacer un censo de estas casas.

Hay contaminación de río por vertimiento de desechos tanto como del cultivo de palma como por parte de las petroleras.

- ❖ **Vereda Caño Hondo:** Se está presentando un socavamiento del cauce y erosión de las márgenes del río Acacias.

- ❖ **Vereda Las Margaritas:** en esta vereda se presentan amenazas por vendavales, deslizamiento e inundación. Por deslizamiento se encuentran dos familias en riesgo y por inundación 24 familias aproximadamente.

- ❖ **Centro poblado Santa Rosa:** 40 viviendas en Riesgo por inundación de Caño Lejía o Caño Guarapo.

- ❖ **Vereda el Resguardo:** La Comunidad manifiesta preocupación por la infraestructura de sus viviendas que posiblemente se están fracturando a causa de la sísmica o de las perforaciones petroleras.

Se han construido viviendas sobre humedales, sin vigas ni estructuras adecuadas.

- ❖ **Centro Poblado Dinamarca:** Hay amenaza por inundación en algunos Barrios de este centro poblado esto ocurre cuando se presentan fuertes lluvias.

- ❖ **Vereda el Diamante:** En la vía hacia la finca del Señor Alejandro Téllez se presenta un derrumbe en zona de inestabilidad posiblemente producto de las fallas Villavicencio y las Blancas que pasan por esta vereda. También se presenta un deslizamiento en la Ladrillera en la parte Oriental por filtración.

Amenaza por inundación debido a una filtración de agua en las casas cuando llueve por el nacimiento del agua.

Viviendas en zona de riesgo porque están ubicadas cerca de la ronda del río.

- ❖ **Vereda San José de las Palomas:** En el río Chichimene se está generando un desbordamiento el cual hace que los predios de algunas viviendas como el de la finca la María y el Recuerdo estén en condición de riesgo, esto generado por las bocatoma y canales generados por la empresa manuelita, también la comunidad expresa que hay desbordamiento del río Guayuriba en el presente año (2015).

Riesgo por inundación en la finca Bolivia, bocatoma Manuriba y la finca el Edén que se inunda en el invierno.

- ❖ **Zona Urbano Occidental:** En esta zona se presenta las siguientes amenazas naturales: Inundación Barrio Atahualpa, Nuevo Horizonte y en la calle 40 por fuertes lluvias, Derrumbes por sísmica, Construcciones sobre caños.

En este proceso de participación la comunidad expreso preocupación por la Construcción de la biblioteca pública del municipio encima de un humedal. En ese humedal nace el llamado caño seco el cual pasa por el barrio la tiza ya canalizado por el barrio Araguanci y allí lo desvían por la carrera 17 y los desembocan (botan) a un canal de aguas lluvias perjudicando a toda la comunidad al canal y lo bautizaron como caño seco.

Viviendas en condición de riesgo ubicadas cerca a borde de Caño conejo, y 6 viviendas que fueron construidas por llano verde en la ronda del rio Acacias

- ❖ **Zona Urbana Oriental:** El río Acacias presenta algunas zonas con taludes verticales y estos pueden presentar erosión. En la Ronda del río Acaciñas se han presentado deslizamientos y algunas zonas susceptibles a ellos, en algunos sectores hay habitantes lo que indica ser zona de riesgo.

Barrio Las Vegas en zona de riesgo por inundación, Caño Conejo a la altura de la calle 11 con cra 17 hay un puente que en los meses de invierno se inunda y puede generar un daño a la infraestructura, debido a que todas las aguas lluvias son canalizadas pero este puente está hecho en tubo de 36" y no da la capacidad actual.

#### **5.4 Proceso participativo de identificación de zonas con condición de Susceptibilidad a amenazas Antrópicas.**

- ❖ **Brisas de Guayuriba:** Se presenta contaminación auditiva y de aire por causa de la generación de ruido y polvo por planta de trituración en Brisas del Guayuriba. Contaminación atmosférica por quema de gas metano por parte de la industria petrolera.
- ❖ **La esmeralda:** se presentan riesgos antrópicos por: Imposición de hornos crematorios, Pozo piloto de combustión in-situ, Inyección de aire, Fugas de nafta, escapes de ácido sulfhídrico, derrames de crudo, Teas de petróleo que ocasionan contaminación del aire (gases).
- ❖ **San Cayetano:** Vertimiento de desechos industriales de las empresas palmicultoras Palmar del Llano y Mejorana, Vertimiento de aguas negras que salen por tubería de la estación Acacias y descarga sobre el río Guayuriba.
- ❖ **Santa Rosa:** Riesgo por Contaminación del aire por gases por las calderas.
- ❖ **Rancho Grande:** la comunidad presenta preocupación por la contaminación del rio Acacias por vertimientos de aguas negras, basuras, marraneras.
- ❖ **El Resguardo:** Contaminación del rio Acacias por vertimientos de aguas negras, basuras y marraneras. En la parte baja del río Acaciñas presenta contaminación por parte de la población ya que estos dejan desechos en el Río. El Río Acacias presenta contaminación por vertimientos del cultivo de Palma y por la actividad petrolera.

- ❖ **Chichimene:** La planta de tratamiento (PETAR) está ubicada sobre un humedal y genera aguas negras y contamina el caño Sanfrancisco que suministra agua para consumo humano y para ganadería. Era abundante en agua y tenía pescados y nacederos, esta también contamina el río Orotoy. Contaminación de Ecopetrol, perforaciones y derrames en fuentes hídricas.

Contaminación del aire por los gases de las estaciones Petroleras (Quema de Nafta).

- ❖ **Dinamarca:** Contaminación de los caños a causa de las basuras dejadas por los habitantes.
- ❖ **El Diamante:** Colonia penal contaminante, vertimientos en el Río Sardinata (235 demandas por contaminación)
- ❖ **San José de las Palomas:** Contaminación del río Chichimene por aguas negras de caserío Quebraditas. Contaminación del río Guayuriba por vertimientos de Ecopetrol, en la bocatoma Manuriba hay contaminación por aguas negras.
- ❖ **Urbano Occidental:** Asovivienda bota todo a Caño Conejo y hay Vertimientos de los caseríos al malecón en el sector de Molinos, Contaminación en los ríos por las petroleras, el Caño naranjales se encuentra contaminado.

En caño conejo se forman aguas lluvias porque no hay nacedero y a este mismo caño presenta contaminación por aguas servidas de algunas casas.

Hay contaminación por aguas negras desde 2013 aproximadamente por aguas negras entre la Cra 23 y 28 calle 14.

Contaminación de las aguas por vertimientos al río por la avenida 23 en los barrios ubicados en la parte alta en grandes partes esta contaminación se debe a las nuevas urbanizaciones que están siendo construidas.

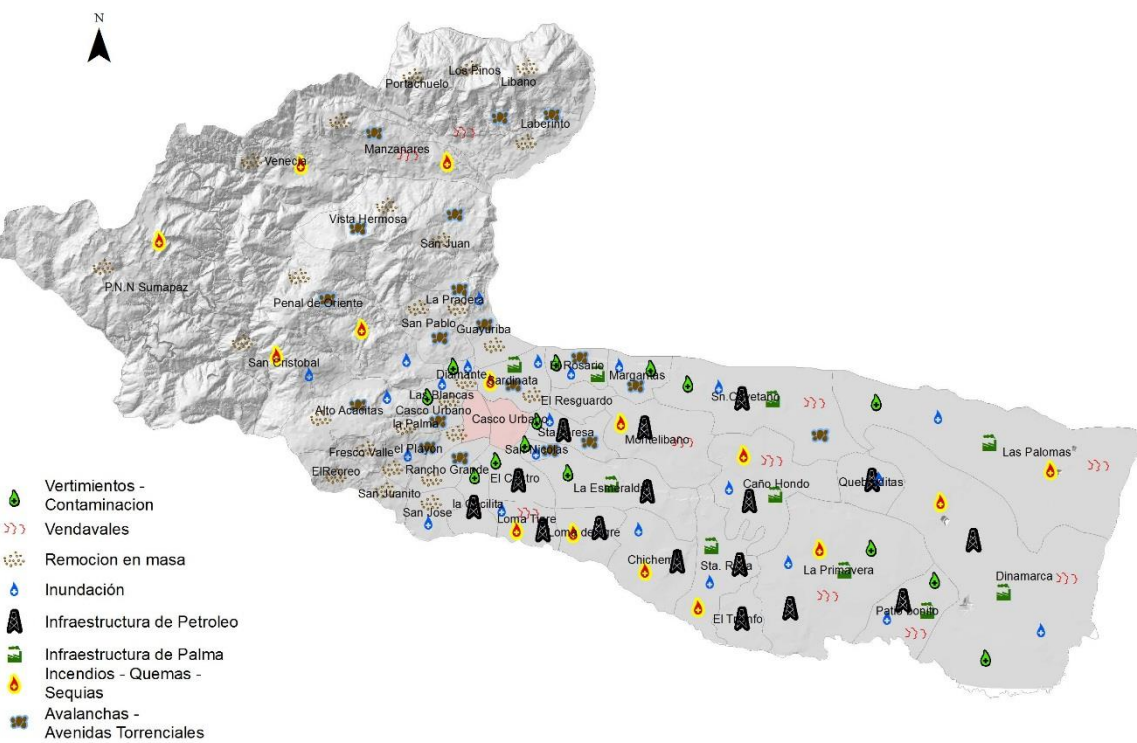
- ❖ **Urbano Oriental:** hay Contaminación del Río Acaciñas por vertimientos no controlados de aguas negras y hacia la calle 14 por aguas directas (Barrio Las Vegas).

Contaminación del Río Acaciñas de la avenida para abajo por basuras, colchones y llantas.

Inundaciones: (amarillo). Sentencia del Concejo de Estado por la Ronda del Río del Caño Conejo: 30 mts por acción popular independiente.

Contaminación de ríos (Acaciñas) por basuras.

Mención de situación de amenazas naturales y antrópicas Acacias; Meta



Fuente: CIDER; 2015

Fuente: Alcaldía de Acacías, 2015

#### 5.4 Registro de eventos realizado por Cormacarena

A continuación, se presenta el inventario de eventos que fue entregado por la corporación en el año 2022:

Tabla 6 Registro de eventos realizado por Cormacarena

Numero	Coordenadas		Año	Tipo de evento	Municipio
	X	Y			
1	1064803,000000000000	917007,000000000000	2013	Inundación	Acacias
2	1061005,833800000000	918954,795600000000	2013	Inundación	Acacias
3	1055479,483100000000	920173,446900000000	2013	Inundación	Acacias
4	1064045,000000000000	921597,000000000000	2014	Movimiento en masa e inundación	Acacias
5	1064179,000000000000	921703,000000000000	2014	Movimiento en masa e inundación	Acacias
6	1063923,000000000000	921989,000000000000	2014	Movimiento en masa e inundación	Acacias
7	1058906.938500000000	922219.974600000000	2013	Inundación	Acacias



Numero	Coordenadas		Año	Tipo de evento	Municipio
	X	Y			
8	1058863,376600000000	922256,329400000000	2013	Inundación	Acacias
9	1061935,918900000000	923386,052000000000	2013	Inundación	Acacias
10	1036681,061300000000	925745,374300000000	2013	Inundación	Acacias
11	1055171,000000000000	927463,000000000000	2013	Inundación	Acacias
12	1057759,842300000000	927553,060800000000	2013	Inundación	Acacias
13	1058067,782800000000	927557,765300000000	2013	Inundación	Acacias
14	1045636,504400000000	928352,436900000000	2013	Movimiento en masa	Acacias
15	1045764,169300000000	928461,534300000000	2013	Movimiento en masa	Acacias
16	1045639,000000000000	928978,000000000000	2012	Inundación	Acacias
16	1042381,180700000000	929384,231500000000	2013	Movimiento en masa	Acacias
17	1042542,774900000000	929422,832700000000	2013	Movimiento en masa	Acacias
18	1042353,462700000000	929572,805300000000	2013	Movimiento en masa	Acacias
19	1041743,057800000000	930129,085900000000	2013	Movimiento en masa	Acacias
20	1041776,038000000000	930137,505100000000	2013	Movimiento en masa	Acacias
21	1029862,000000000000	930184,000000000000	2012	Inundación	Acacias
22	1029846,000000000000	930188,000000000000	2012	Inundación	Acacias
23	1029845,000000000000	930263,000000000000	2012	Inundación	Acacias
24	1040573,153900000000	930667,936800000000	2013	Movimiento en masa	Acacias
25	1039720,670300000000	930725,885300000000	2013	Movimiento en masa	Acacias
26	1031047,000000000000	930835,000000000000	2012	Inundación	Acacias
27	1061634,532100000000	930888,717200000000	2013	Inundación	Acacias
28	1040003,000000000000	931170,000000000000	2016	Inundación	Acacias
29	1034531,000000000000	931194,000000000000	2017	Inundación	Acacias
30	1034531,000000000000	931210,000000000000	2017	Inundación	Acacias
31	1039983,000000000000	931272,000000000000	2016	Inundación	Acacias
32	1041942,879300000000	931281,551900000000	2013	Movimiento en masa	Acacias
33	1040015,000000000000	931324,000000000000	2016	Inundación	Acacias
34	1034461,000000000000	931398,000000000000	2017	Inundación	Acacias
35	1040800,726000000000	931404,114800000000	2013	Movimiento en masa	Acacias
36	1034784,000000000000	931465,000000000000	2017	Inundación	Acacias
37	1043370,317000000000	931678,763000000000	2013	Movimiento en masa	Acacias
38	1039242,000000000000	931699,000000000000	2016	Inundación	Acacias
39	1043325,214700000000	931707,714200000000	2013	Movimiento en masa	Acacias
31	1035899,000000000000	931790,000000000000	2016	Inundación	Acacias
32	1037417,000000000000	931818,000000000000	2016	Inundación	Acacias
33	1037207,000000000000	931830,000000000000	2016	Inundación	Acacias
34	1037382,000000000000	931842,000000000000	2016	Inundación	Acacias
35	1037596,000000000000	931850,000000000000	2016	Inundación	Acacias
36	1036378,000000000000	931852,000000000000	2017	Inundación	Acacias
37	1036229,000000000000	931919,000000000000	2017	Inundación	Acacias

Numero	Coordenadas		Año	Tipo de evento	Municipio
	X	Y			
38	1035972,000000000000	931923,000000000000	2016	Inundación	Acacias
39	1036173,000000000000	931928,000000000000	2016	Inundación	Acacias
40	1036003,000000000000	931938,000000000000	2016	Inundación	Acacias
41	1036025,000000000000	931949,000000000000	2016	Inundación	Acacias
42	1038017,108800000000	931965,337500000000	1998	Movimiento en masa	Acacias
43	1071421,014400000000	932111,160200000000	2016	Inundación	Acacias
44	1069398,630800000000	932270,430000000000	2016	Inundación	Acacias
45	1070554,857400000000	932406,475200000000	2016	Inundación	Acacias
46	1059298,264100000000	932754,475700000000	2013	Inundación	Acacias
48	1034972,000000000000	932867,000000000000	2015	Movimiento en masa	Acacias
49	1034987,000000000000	932891,000000000000	2015	Movimiento en masa	Acacias
50	1034932,000000000000	932894,000000000000	2015	Movimiento en masa e inundación	Acacias
51	1034980,000000000000	932895,000000000000	2015	Movimiento en masa	Acacias
52	1034997,000000000000	932897,000000000000	2015	Inundación	Acacias
53	1034953,000000000000	932903,000000000000	2015	Movimiento en masa	Acacias
54	1034949,000000000000	932915,000000000000	2015	Movimiento en masa e inundación	Acacias
55	1034925,000000000000	932923,000000000000	2015	Movimiento en masa e inundación	Acacias
56	1034907,000000000000	932932,000000000000	2015	Movimiento en masa e inundación	Acacias
57	1067314,251800000000	933665,707300000000	2016	Inundación	Acacias
58	1033275,000000000000	933803,000000000000	2015	Inundación	Acacias
59	1033249,000000000000	933846,000000000000	2015	Inundación	Acacias
60	1064303,000000000000	933882,000000000000	2014	Movimiento en masa e inundación	Acacias
61	1062128,297400000000	933939,402800000000	2012	Movimiento en masa	Acacias
62	1062159,170800000000	933939,423800000000	2012	Movimiento en masa	Acacias
63	1028318,746200000000	934106,983800000000	2012	Movimiento en masa	Acacias
64	1058462,557200000000	934431,610800000000	2016	Inundación	Acacias
65	1057345,299300000000	934443,392400000000	2016	Inundación	Acacias
67	1056880,601400000000	934519,234100000000	2016	Inundación	Acacias
68	1047537,288700000000	935178,482200000000	2012	Movimiento en masa	Acacias
69	1025298,366600000000	935274,597600000000	2012	Inundación	Acacias
70	1031320,346100000000	935296,566600000000	2012	Movimiento en masa	Acacias
71	1054064,000000000000	935646,000000000000	2014	Inundación	Acacias
72	1053458,000000000000	935689,000000000000	2014	Inundación	Acacias
73	1053436,000000000000	935707,000000000000	2014	Inundación	Acacias
74	1032767,343400000000	935750,557500000000	2012	Inundación	Acacias
75	1053589,922000000000	935767,231900000000	2016	Inundación	Acacias
76	1046879,936100000000	935773,659100000000	2016	Inundación	Acacias
77	1025437,368800000000	935814,595000000000	2012	Movimiento en masa	Acacias

Numero	Coordenadas		Año	Tipo de evento	Municipio
	X	Y			
78	1053564,000000000000	935826,000000000000	2014	Movimiento en masa	Acacias
79	1048969,205700000000	935840,803600000000	2016	Inundación	Acacias
80	1024663,371900000000	935893,598700000000	2012	Movimiento en masa	Acacias
81	1047523,624000000000	935965,363100000000	2016	Inundación	Acacias
82	1051253,993400000000	936011,010700000000	2016	Inundación	Acacias
83	1051631,834400000000	936085,561300000000	2016	Inundación	Acacias
84	1051631,000000000000	936178,000000000000	2014	Inundación	Acacias
85	1051360,000000000000	936190,000000000000	2014	Inundación	Acacias
86	1051849,000000000000	936190,000000000000	2014	Movimiento en masa e inundación	Acacias
87	1051849,000000000000	936190,000000000000	2014	Movimiento en masa	Acacias
88	1032301,347300000000	936190,558400000000	2012	Inundación	Acacias
89	1048938,000000000000	936235,000000000000	2014	Movimiento en masa e inundación	Acacias
90	1033386,000000000000	936248,000000000000	2013	Movimiento en masa	Acacias
91	1031926,000000000000	936258,000000000000	2012	Inundación	Acacias
92	1049627,000000000000	936263,000000000000	2014	Movimiento en masa e inundación	Acacias
93	1034567,339900000000	936282,546300000000	2012	Inundación	Acacias
94	1033442,000000000000	936288,000000000000	2014	Inundación	Acacias
95	1033277,000000000000	936323,000000000000	2014	Inundación	Acacias
96	1043375,635900000000	936477,802400000000	2016	Inundación	Acacias
97	1031943,350800000000	936634,558700000000	2012	Inundación	Acacias
98	1032294,000000000000	936660,000000000000	2014	Movimiento en masa e inundación	Acacias
99	1032206,350200000000	936670,557300000000	2012	Movimiento en masa	Acacias
100	1046283,000000000000	936782,000000000000	2014	Movimiento en masa e inundación	Acacias
101	1043506,559200000000	936847,087300000000	2016	Inundación	Acacias
102	1041291,089800000000	936928,680300000000	2016	Inundación	Acacias
103	1045477,000000000000	936962,000000000000	2012	Inundación	Acacias
104	1039342,778300000000	936975,425300000000	2016	Inundación	Acacias
105	1040502,923200000000	936990,066300000000	2016	Inundación	Acacias
106	1040923,967700000000	937024,965900000000	2016	Inundación	Acacias
107	1044696,000000000000	937038,000000000000	2012	Inundación	Acacias
108	1045779,000000000000	937090,000000000000	2014	Movimiento en masa e inundación	Acacias
109	1043899,000000000000	937094,000000000000	2015	Inundación	Acacias
110	1036656,624400000000	937167,550200000000	2016	Inundación	Acacias
111	1043452,000000000000	937284,000000000000	2017	Inundación	Acacias
112	1037403,641900000000	937355,018200000000	2016	Inundación	Acacias
113	1035604,000000000000	938699,000000000000	2016	Inundación	Acacias
114	1035608,000000000000	938724,000000000000	2016	Inundación	Acacias
115	1035582,000000000000	938733,000000000000	2016	Inundación	Acacias

Numero	Coordenadas		Año	Tipo de evento	Municipio
	X	Y			
116	1035451,000000000000	938806,000000000000	2016	Inundación	Acacias
117	1035344,000000000000	938900,000000000000	2016	Inundación	Acacias
118	1031468,364400000000	938927,553200000000	2012	Movimiento en masa	Acacias
119	1035233,000000000000	939005,000000000000	2016	Inundación	Acacias
120	1034504,773500000000	939067,317500000000	2016	Inundación	Acacias
121	1034533,688600000000	939898,230600000000	2016	Inundación	Acacias
122	1034498,000000000000	939919,000000000000	2014	Inundación	Acacias
123	1015124,062700000000	940545,573000000000	1999	Movimiento en masa	Acacias
124	1019634,097100000000	942398,445300000000	1998	Movimiento en masa	Acacias
125	1011453,650000000000	943276,800000000000	1980	Movimiento en masa	Acacias
126	1032248,387300000000	943858,532300000000	2012	Movimiento en masa	Acacias
127	1031855,000000000000	945031,000000000000	2012	Movimiento en masa	Acacias
128	1031864,395300000000	945144,530000000000	2012	Movimiento en masa	Acacias
129	1032073,396000000000	945411,527900000000	2012	Movimiento en masa	Acacias
130	1015819,893000000000	948463,019700000000	1980	Movimiento en masa	Acacias
131	1023444,667800000000	948742,493400000000	1996	Movimiento en masa	Acacias
132	1022700,143100000000	951520,309300000000	1999	Movimiento en masa	Acacias
133	1025070,144100000000	952400,626200000000	1994	Movimiento en masa	Acacias
134	1028679,445100000000	952622,521600000000	2012	Movimiento en masa	Acacias
135	1028671,445200000000	952642,521600000000	2012	Movimiento en masa	Acacias
136	1029057,446800000000	953193,517800000000	2012	Movimiento en masa	Acacias
137	1040502,409600000000	953284,456600000000	2012	Movimiento en masa	Acacias
138	1029469,449600000000	953963,513000000000	2012	Movimiento en masa	Acacias
139	1029563,452200000000	954504,510900000000	2012	Movimiento en masa	Acacias
140	1033152,446800000000	955706,487900000000	2012	Movimiento en masa	Acacias
141	1048842,000000000000	919703,000000000000	2013	Inundación	Acacias
142	1034904,000000000000	932834,000000000000	2015	Movimiento en masa e inundación	Acacias
143	1034917,000000000000	932871,000000000000	2015	Movimiento en masa e inundación	Acacias
144	1034963,000000000000	932844,000000000000	2015	Movimiento en masa e inundación	Acacias
145	1035003,000000000000	932844,000000000000	2015	Movimiento en masa e inundación	Acacias
146	1034960,000000000000	932905,000000000000	2015	Movimiento en masa e inundación	Acacias
147	1034920,000000000000	932933,000000000000	2015	Movimiento en masa e inundación	Acacias
148	1053050,000000000000	929910,000000000000	2017	Inundación	Acacias
149	1034465,000000000000	939916,000000000000	2018	Inundación	Acacias
150	1034316,000000000000	939953,000000000000	2018	Inundación	Acacias
151	1034431,000000000000	939889,000000000000	2018	Inundación	Acacias
152	1035354,000000000000	938922,000000000000	2018	Inundación	Acacias
153	1034694,000000000000	939516,000000000000	2018	Inundación	Acacias

Numero	Coordenadas		Año	Tipo de evento	Municipio
	X	Y			
154	1035855,000000000000	938126,000000000000	2018	Inundación	Acacias
155	1035354,000000000000	938922,000000000000	2018	Inundación	Acacias
154	1035855,000000000000	938126,000000000000	2018	Inundación	Acacias
155	1034293,000000000000	933225,000000000000	2018	Inundación	Acacias
156	1034642,000000000000	933048,000000000000	2018	Inundación	Acacias
157	1044258,000000000000	936915,000000000000	2018	Inundación	Acacias
158	1045449,000000000000	936862,000000000000	2018	Inundación	Acacias
159	1034505,000000000000	939185,000000000000	2018	Inundación	Acacias
160	1034574,000000000000	938871,000000000000	2018	Inundación	Acacias
161	1036232,000000000000	936659,000000000000	2018	Inundación	Acacias
162	1036714,000000000000	936832,000000000000	2018	Inundación	Acacias
163	1035404,000000000000	936628,000000000000	2018	Inundación	Acacias
164	1034237,000000000000	934779,000000000000	2018	Inundación	Acacias
165	1035719,000000000000	933933,000000000000	2018	Inundación	Acacias
166	1035744,000000000000	933961,000000000000	2018	Inundación	Acacias
167	1035786,000000000000	933984,000000000000	2018	Inundación	Acacias
168	1035823,000000000000	933984,000000000000	2018	Inundación	Acacias
169	1052426,000000000000	935850,000000000000	2019	Inundación	Acacias
170	1050003,000000000000	929222,000000000000	2019	Inundación	Acacias
171	1031133,000000000000	930773,000000000000	2019	Inundación	Acacias
172	1031025,000000000000	930834,000000000000	2019	Inundación	Acacias
173	1030948,000000000000	930860,000000000000	2019	Inundación	Acacias
174	1030893,000000000000	930888,000000000000	2019	Inundación	Acacias
175	1030882,000000000000	930909,000000000000	2019	Inundación	Acacias
176	1030774,000000000000	930972,000000000000	2019	Inundación	Acacias
177	1030752,000000000000	930984,000000000000	2019	Inundación	Acacias
178	1030648,000000000000	930938,000000000000	2019	Inundación	Acacias
179	1030554,000000000000	931017,000000000000	2019	Inundación	Acacias
180	1030526,000000000000	931050,000000000000	2019	Inundación	Acacias
181	1030494,000000000000	931072,000000000000	2019	Inundación	Acacias
182	1030418,000000000000	931051,000000000000	2019	Inundación	Acacias
183	1030355,000000000000	931040,000000000000	2019	Inundación	Acacias
184	1030232,000000000000	931070,000000000000	2019	Inundación	Acacias
185	1030008,000000000000	931072,000000000000	2019	Inundación	Acacias
186	1029923,000000000000	931152,000000000000	2019	Inundación	Acacias
187	1042228,000000000000	934081,000000000000	2019	Inundación	Acacias
188	1033405,000000000000	937905,000000000000	2019	Movimiento en masa	Acacias
189	1031314,000000000000	936453,000000000000	2021	Inundación	Acacias
190	1031380,000000000000	936443,000000000000	2021	Inundación	Acacias
191	1032347,000000000000	936598,000000000000	2021	Inundación	Acacias
192	1032879,000000000000	936538,000000000000	2021	Inundación	Acacias

## 6. Amenazas Presentes en el Municipio

En el municipio de Acacias el Consejo Municipal de Gestión del riesgo se encuentra liderado por la Secretaria de Gobierno, en la actualidad el municipio no cuenta con un Plan Municipal de Gestión del Riesgo ya que se encuentra en proceso de contratación. Por esta razón no es posible realizar un análisis de los escenarios de riesgo priorizados.

El municipio cuenta con los estudios básicos de gestión del riesgo que fueron realizados en noviembre de 2015 por el centro interdisciplinario de estudios sobre desarrollo -CIDER de la universidad de los Andes, en estos estudios fueron analizados los siguientes fenómenos amenazantes:

Para el suelo rural a escala 1:25.000

- Amenaza por inundación
- Amenaza por incendios de la cobertura vegetal
- Amenaza por movimientos en masa
- Amenaza por avenida torrencial
- Amenaza sísmica
- Amenaza por eventos antrópicos
- Amenaza por hidrocarburos (petróleo y Gas)

Para el suelo Urbano a escala 1:5.000

- Amenaza por inundación
- Amenaza por avenida torrencial
- Amenaza por movimientos en masa
- Área de influencia de hidrocarburos

Sin embargo, los estudios realizados para el suelo urbano mencionados no abarcan la totalidad del perímetro urbano ni las áreas de expansión, por lo cual fue necesario realizar nuevos ajustes, es decir, unos nuevos estudios de amenaza para el suelo urbano y rural en el año 2021, del mismo modo acogiendo las observaciones realizadas por Corporación Para El Desarrollo Sostenible del Área Manejo Especial la Macarena fueron realizados los nuevos estudios de amenaza para el área urbana a escala 1:1000, cumpliendo con los lineamientos establecidos por la normatividad vigente.

A continuación, se presentan los estudios básicos de amenazas presentes en el suelo rural y urbano.

### 6. ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZA EN EL SUELO RURAL

Para el suelo rural fueron analizadas las amenazas por movimientos en masa, inundación y avenida torrencial a escala 1:25.000, a continuación, se presenta la descripción de los insumos utilizados, posteriormente la descripción de la metodología utilizada y los resultados obtenidos para la delimitación y zonificación de las amenazas mencionadas anteriormente.

## 6.1 GEOLOGÍA REGIONAL

En el municipio de Acacías se encuentra localizado sobre la Cordillera Oriental en donde afloran rocas sedimentarias y metamórficas, como areniscas, limolitas, filitas y cuarcitas, con una disposición estructural en sentido noreste. A continuación, se hace una descripción detallada de las unidades aflorantes en el municipio, su disposición y rasgos estructurales.

### 6.1 Estratigrafía

La secuencia estratigráfica obedece a una secuencia cretácica, y rocas de edad pre devónicas, en algunos sectores conocida como Grupo Quetame, el cual está compuesta por rocas metamórficas en contacto con rocas sedimentarias del cretácico como los son la Formación Chipaque, Une, Fómeque, Cáqueza y Macanal.

#### 6.1.1. Grupo Quetame

El Grupo Quetame corresponde con el basamento geológico y está constituido por Filitas y Cuarcitas de Guayabetal (PCAqgu), compuestas por filitas grises micáceas grafitosas, lepidoporfioblástica, de colores verde, grises, crema y morado, con intercalaciones de cuarcitas gris-azulosas de grano medio a fino, con base en los perfiles geológicos se estima que su espesor es mayor de 2.000 metros. Se localiza como una franja alargada en dirección NE-SW, ocupando una gran extensión en el municipio, extendiéndose hasta el municipio de Guayabetal en el departamento de Cundinamarca. También hace parte del grupo las Cuarcitas y Filitas de San Cristóbal (PCAqsc), las cuales consisten en una secuencia de cuarcitas y filitas de colores verdes y habanos, específicamente a una sucesión de cuarcitas de grano medio a fino que alternan con filitas grises verdosas y que afloran en las veredas Agua Linda y Sardinata en el municipio de Acacías. El espesor estimado en los cortes geológicos es de unos 1.000 metros, aunque podría ser mayor si se tiene en cuenta que el contacto con el Cretácico Inferior es discordante.

#### 6.1.1.1 Grupo Farallones

Grupo Farallones, cuya edad se encuentra entre el Devónico y el Carbonífero, definida originalmente como una secuencia sedimentaria que reposa discordantemente sobre el Grupo Quetame. El Grupo Farallones está constituido de base a techo por:

**Formación Arenisca de Gutiérrez (Pdg):** Consiste en una secuencia constituida por un conglomerado, que incluye esencialmente clastos de cuarzo, con un espesor entre 10 y 60 metros, a los que le suprayacen 150 metros de arcillolitas y a éstas, cerca de 650 metros de areniscas. Su espesor se estima con base en los perfiles geológicos en unos 800 metros. Regionalmente suprayace en discordancia el Grupo Quetame e infrayace transicionalmente a las Lutitas de Pipiral, aflora hacia el norte del municipio de Acacías en límites del municipio de Guamal.

**Lutitas de Pipiripal (Pdp):** Consta de arcillolitas, limolitas y lodolitas gises a pardas y laminares intercaladas con calizas grises, su espesor estimado en los perfiles geológicos es de unos 700 metros. Generalmente reposa en aparente concordancia con las Areniscas de Gutiérrez e infrayace de igual forma a las Capas Rojas del Guatiquía, aunque por efectos de fallamiento, en algunos lugares se encuentra en contacto con el Grupo Quetame y con rocas del Cretácico inferior.

#### 6.1.1.2 Grupo Cáqueza

Las unidades litoestratigráficas que datan del Cretácico inferior, llamado Grupo Cáqueza, está compuesto por la Formación Lutitas de Macanal (Kilm) y la Formación Areniscas de Cáqueza.

**Formación Lutitas de Macanal (Kilm):** Consiste de lodolitas grises oscuras laminares con delgadas intercalaciones de arenita lítica de grano medio y algunos niveles de calcáreos. La base de la unidad se constituye por una alternancia de lodolita y capas delgadas de conglomerados. En el municipio de Acacías aflora hacia el noroccidente y se estima para esta unidad un espesor superior a los 1.000 metros. El contacto inferior con las Brechas de Buenavista, se considera discordante y su límite superior con la Formación Cáqueza es de carácter transicional.

**Formación Arenisca de Cáqueza (Kic):** Constituida en la parte inferior, por arenisca cuarcítica calcárea, hacia la parte media por arcillolitas y arenisca cuarcítica, y en la parte superior por arenisca y conglomerado fino. Las Areniscas de Cáqueza en esta región, descansan concordantemente sobre las Lutitas de Macanal e infrayacen transicionalmente a la Formación Fómeque. Las areniscas del Cáqueza afloran en el sector centro-norte del municipio, como franjas alargadas que evidencian un fuerte control estructural.

*Figura 7. Azimut 280°. Formación Arenisca de Cáqueza (Kic), Vereda Loma de San Juan. Municipio Acacías. Coordenadas E: 1031617 m, N: 944631 m.*



*Fuente: Elaboración propia.*

#### **6.1.1.3 Formación Fómeque (Kif):**

Compuesta por capas muy gruesas a delgadas de limolitas, lodolitas y arcillolitas oscuras, intercaladas con biomicritas, bioesparitas y cuarzoarenitas. Para esta unidad se estima un espesor con base en perfiles geológicos cercano a los 800 metros. Suprayace en contacto transicional a las Areniscas de Cáqueza y de igual manera infrayace a la Formación Une. Esta unidad aflora hacia el borde llanero, entre los municipios de Acacías y Villavicencio, en inmediaciones de los ríos Ocua y Guayuriba

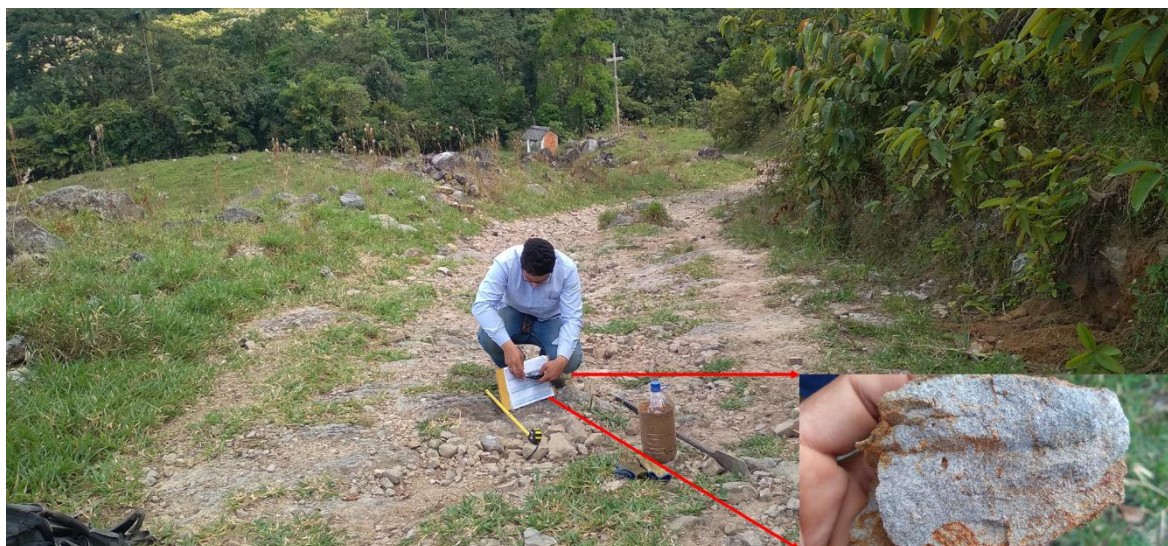
#### **6.1.1.4 Formación Une (Kiu)**

Constituida por arenitas ligeramente conglomeráticas, de grano grueso a medio, de color blanco amarillento, friable, con estratificación cruzada planar, en bancos muy gruesos, hasta de 10 metros de espesor, separados por lodolita finamente estratificada de color gris a verde. Los contactos con las unidades infra y suprayacentes, Fómeque y Chipaque, respectivamente, se consideran concordantes.



El espesor de la unidad es de 500 metros y aflora principalmente hacia el borde llanero, entre los municipios de Cubarral, Guamal, Acacías y en menor medida en Villavicencio.

*Figura 8. Azimut 0°. Formación Arenisca Une (Kiu), Vereda Alto Acaciitas. Municipio Acacías. Coordenadas E: 1028132 m, N: 934299 m.*



*Fuente: Elaboración propia.*

#### **6.1.1.5 Formación Chipaque (Ksc)**

Consta de una secuencia monótona en la que predominan las arcillolitas y lodolitas en capas gruesas y muy gruesas, intercaladas con limolitas y arenitas de grano muy fino y fino en capas medias y delgadas. La formación descansa, en contacto concordante, sobre la Formación Une e infrayace de igual forma al Grupo Palmichal. El espesor de esta unidad, con base en cortes geológicos, se ha calculado aproximadamente en 500 metros. Los afloramientos más representativos se encuentran en el municipio de Acacías, en veredas como Vista Hermosa, Loma del Pañuelo y Fresco Valle.

*Figura 9. Azimut 310°. Formación Chipaque (Ksc), Vereda Loma de San Juan. Municipio Acacías. Coordenadas E: 1031962 m, N: 945499 m.*





*Fuente: Elaboración propia.*

#### **6.1.1.6 Grupo Palmichal (KPgp)**

Consta de una serie de areniscas cuarzosas, de grano medio, grueso a conglomerático, de color blanco amarillento, relativamente friables, en capas hasta de 3 metros de espesor, con intercalaciones de arcillolitas grises, especialmente hacia su parte media y superior. En las areniscas se observa estratificación cruzada paralela, impregnaciones de asphaltita que en esta región son comunes, al igual que la presencia de icnofósiles. Con base en algunos perfiles geológicos, se ha estimado un espesor cercano a los 600 metros y fue cartografiado en el municipio de Acacías en las veredas San Pablo, Brisas del Guayuriba y Alto La Cumbre.

*Figura 10. Azimut 110°. Grupo Palmichal (KPgp), Vereda Loma de San Juan. Municipio Acacías. Coordenadas E: 1032080 m, N: 944272 m.*



*Fuente: Elaboración propia.*



#### 6.1.1.6

Compuesta por arcillolitas de colores gris, verde, a veces con tonos violáceos. Es frecuente observar algunas intercalaciones de arenitas medias de cuarzo, de color blanco tono amarillento, con espesores hasta de 3 metros. La unidad se superpone concordantemente con los estratos del Grupo Palmichal y su contacto con las Areniscas de El Limbo se puede considerar como paraconcordante con base en las diferencias de edades. Según cortes geológicos, alcanza un espesor superior a los 250 metros. Esta unidad aflora al norte del municipio de Acacías entre las veredas Brisas de Guayuriba y San Luis.

*Figura 11. Azimut 330°. Formación Arcillas del Limbo (Pgal), Vereda Loma de San Juan. Municipio Acacías. Coordenadas E: 1032918 m, N: 942547 m.*



*Fuente: Elaboración propia.*

#### **Formación Areniscas del Limbo (Pgarl)**

Consta de consta de arenitas gruesas a medias de cuarzo, generalmente de color blanco amarillento, localmente de grano muy grueso a conglomerático, relativamente friables, y con delgadas intercalaciones de carbón, de apariencia lenticular. Su límite inferior con la Formación Arcillas de El Limbo aparentemente es de carácter concordante, el contacto superior no se observa debido a que la unidad se presenta incompleta, mediante cortes geológicos se estima un espesor de 180 metros. La Formación Areniscas del Limbo aflora sobre el municipio de Acacías en la vereda San Luis.

*Figura 12. Azimut 70°. Formación Areniscas del Limbo (Pgarl), Vereda San Pablo. Municipio Acacías. Coordenadas E: 1031431 m, N: 938941 m.*



*Fuente: Elaboración propia.*

#### **6.1.1.7 Depósitos Aluviales Recientes (Qal)**

Se encuentran restringidos a las riberas de los ríos y quebradas, consta de arenas y limos con características típicas de llanura de inundación, en la cual se encuentran canales abandonados rellenos con material limo-arcilloso. La mayor parte de esta zona está expuesta a inundaciones periódicas actuales en épocas altamente lluviosas.

*Figura 13. Azimut 270°. Depósitos aluviales recientes (Qal), Río Sardinata, Vereda San Pablo. Municipio Acacías. Coordenadas E: 1031940 m, N: 936245 m.*



*Fuente: Elaboración propia.*

#### **6.1.1.8 Depósitos de Terraza (Qt)**

Se encuentran restringidos a las riberas de los ríos y quebradas, consta de arenas y limos con características típicas de llanura de inundación, en la cual se encuentran canales abandonados rellenos



con material limo-arcilloso. La mayor parte de esta zona está expuesta a inundaciones periódicas actuales en épocas altamente lluviosas.

*Figura 14. Azimut 340°. Depósitos de terraza (Qt), Río Acacias. Municipio Acacías.  
Coordenadas E: 1034362 m, N: 931111 m.*



*Fuente: Elaboración propia*

#### **6.1.1.9 Depósitos de Derrubio (Qd)**

Los depósitos de derrubio o coluviales son producto de agentes hidrogravitacionales, los cuales generan depósitos cuaternarios sobre laderas y vertientes, pueden alcanzar más de 5 metros de espesor, heterométricos y compuestos por restos líticos embebidos en matriz limo arenosa generalmente. En el municipio de Acacías este tipo de depósito está más relacionado con el movimiento de suelos producidos de la descomposición de rocas.

*Figura 15. Azimut 300°. Depósitos de Derrubio (Qd), Vereda Alto Acacías. Municipio Acacías.  
Coordenadas E: 1029846 m, N: 929279 m.*



*Fuente: Elaboración propia.*

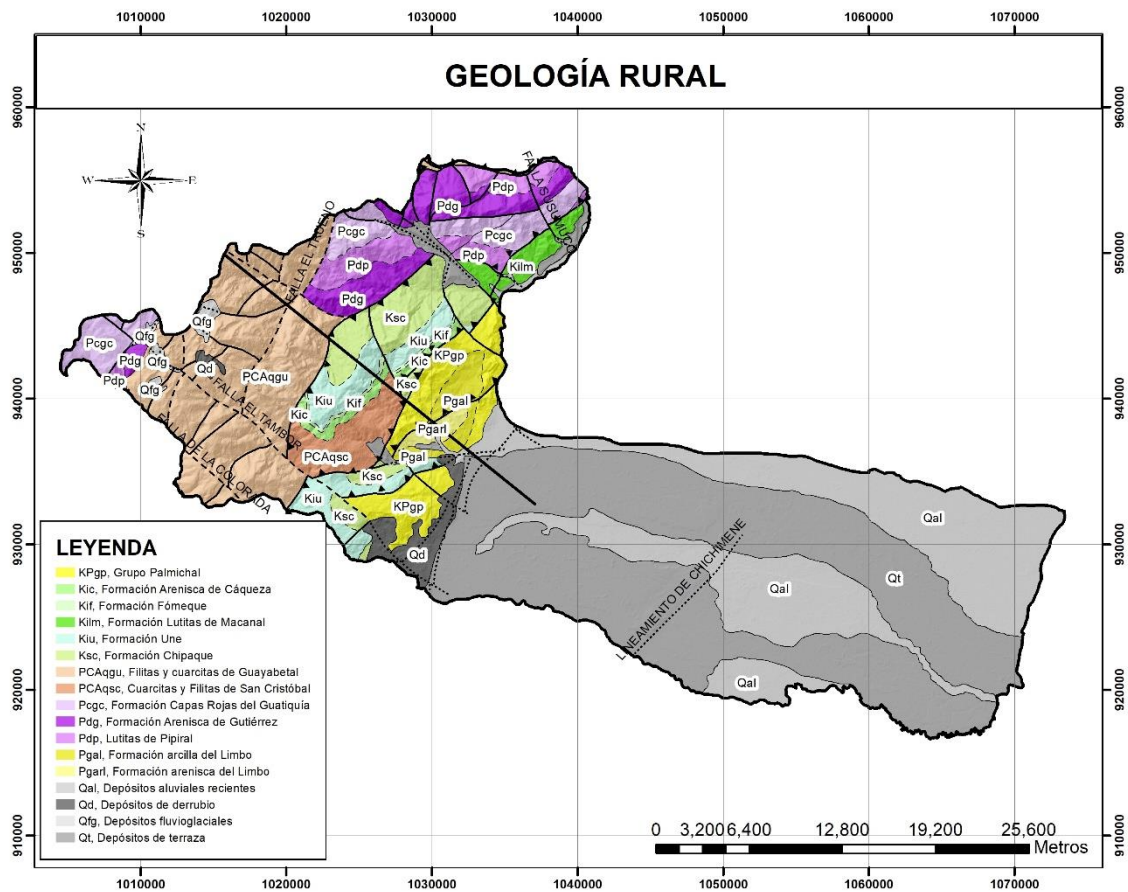
A continuación, se presenta la zonificación de las unidades geológicas a escala rural 1:25.000 para el municipio de Acacías, la recolección de información y elaboración de mapas se hizo con las guía metodológicas y planchas del Servicio Geológico Colombiano (SGC), entidad encargada de la administración y avance en el conocimiento geológico del país.

#### **6.1.1.10 Depósitos Fluvioglaciares (Qfg)**

Depósitos cuaternarios recientes compuestos por grandes bloques de arenitas de todos los tamaños granulométricos en matriz areno-arcillosa. Se ubican hacia el sector noroccidental del municipio de Acacías, producto de la meteorización y erosión glacial de rocas sedimentarias y metamórficas.

EN CONCERTACIÓN

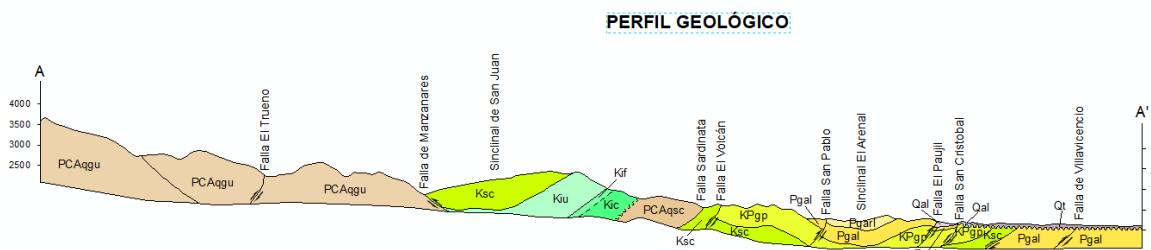
Figura 16. Mapa de Unidades Geológicas del municipio de Acacías.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación se detalla la disposición en profundidad de los materiales aflorantes en el municipio de Acacías y a su vez como es su relación espacial y fracturamiento:

Figura 17. Perfil geológico del municipio de Acacías.

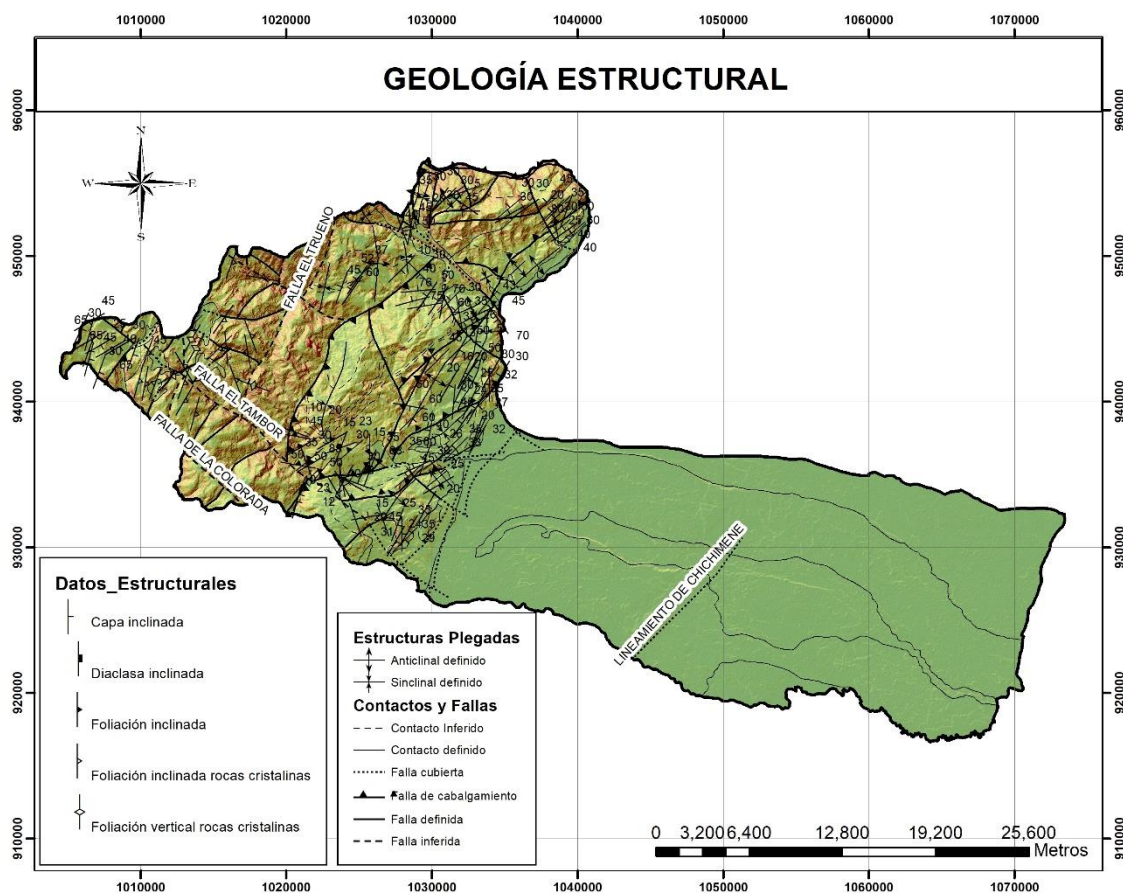


Fuente: Elaboración propia.

## 6.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

El estilo tectónico dominante a lo largo de todo el municipio tiene como dirección principal N40°E, tanto para fallas como contactos y lineamiento. Algunas estructuras menores en cantidad, pero de igual importancia se desarrollan en sentido NW. El casco urbano de Acacías se encuentra sobre la Región de Llanos Orientales dividida por fallas de la Región del Borde Llenero en donde predomina el sistema de fallas Villavicencio - Colepato. A continuación, se presenta un esquema de las fallas, pliegues y lineamientos del municipio de Acacías.

Figura 18 Mapa de Geología Estructural del municipio de Acacías.



Fuente: Elaboración propia.

### 6.2.1 Sistema de Falla Villavicencio - Colepato

Sistema de dirección noreste-suroeste, de cabalgamiento, ángulo bajo y longitud mayor a los 40 Km. La Falla Colepato se evidencia al sur de Villavicencio. La Falla de Villavicencio en el sector de Acacías está totalmente cubierta por sedimentos cuaternarios y se reconoce por interpretación de imágenes satelitales e imágenes de radar.

### 6.2.2 Falla Manzanares

Falla de dirección noreste, de unos 6 kilómetros de longitud, cuyo plano buza al oriente, pone en contacto las metamorfitas del Quetame y las Areniscas de Gutiérrez con las unidades del Cretácico.



Afecta el flanco occidental de una estructura sinclinal, que se desarrolla en la denominada cuchilla San Juan. Está truncada al sur por la falla El Tabor y al norte por la falla Palermo - El Engaño. La falla en su extensión sur y norte podría corresponder tanto a la falla de Río Grande como a la de Servitá, respectivamente. Su trazo se encuentra en el municipio de Acacías, extendiéndose desde la vereda Agualinda sobre el río Guamal hasta la vereda Venecia en la quebrada El Engaño. Tiene una tasa de actividad muy baja (0,01-0,1 mm/año), con una magnitud máxima probable de sismo de 6.6, un intervalo de recurrencia en años de 6.000 – 60.000 y se considera como potencialmente activa (Montes y Sandoval, 2001).

#### **6.2.3 Falla Palermo**

Falla de dirección N 70°-50°W, con su bloque noreste hundido y desplazamiento lateral dextral, de longitud mayor a los 20 kilómetros desde el límite entre los municipios de Guyabetal y Acacías en la Loma Palermo y controlando estructuralmente el cauce del caño La Candelaria, hasta la vereda San Juan del municipio de Villavicencio. Pone en contacto las formaciones Lutitas de Macanal y Chipaque, con un desplazamiento vertical superior a los 1.000 metros. Esta estructura se considera importante en el sentido que sirvió probablemente como una barrera para limitar la cuenca del depósito de la Formación Lutitas de Macanal (Cretácico Inferior), que hacia el suroeste de la falla no se ha reconocido. Su extremo norte es conjugado por una serie de fallas que parecen continuar fuera de la plancha, la prolongación hacia el sureste parece continuar cubierta por el material cuaternario.

#### **6.2.4 Falla Susumuco**

Falla de dirección N15°W en el extremo norte, su longitud es mayor a los 25 kilómetros. Se considera básicamente como una falla de desplazamiento lateral dextral que afecta a las estructuras del sector. Es importante tener en cuenta el alto trituramiento que produce este sistema de fallas sobre las rocas que atraviesa, lo cual tiene implicaciones sobre la estabilidad de los taludes. Esta falla viene desde la plancha 247 en el norte y en el área de estudio controla estructuralmente a la quebrada Susumuco, hasta el sur de la vereda El Líbano, donde también controla al caño Gallinetas, allí toma el nombre de falla El Buque, cambiando de dirección, tomando un rumbo este – oeste, y se extiende hasta el sur del casco urbano del municipio de Villavicencio, donde se encuentra cubierta por depósitos cuaternarios. Es considerada como una estructura potencialmente activa.

#### **6.2.5 Falla El Tambor**

Falla fotogeológica, con dirección noroeste-sureste. Se extienden desde el municipio de Gutiérrez, pasando por el municipio de Acacías donde genera tramos rectilíneos del río Guamal, hasta adentrarse en depósitos cuaternarios en el límite entre los municipios entre Guamal y Acacías en la vereda La Cecilita. Esta falla aparentemente es truncada por la falla de Villavicencio, mientras que hacia el noroeste parece tener continuidad en las áreas adyacentes.

#### **6.2.6 Falla Río Chiquito**

Falla de carácter regional, de dirección noreste de más de 40 kilómetros de extensión, es una falla de cabalgamiento, con su plano buzante al oriente, es posible que en profundidad su plano coincida con la falla de Río Grande - Manzanares, su ángulo en superficie es relativamente alto y es posible que en profundidad este plano sea más bajo, pone a las metamorfitas del Quetame en contacto con las Capas Rojas del Guatiquía al norte, y al sur afecta sólo rocas del Carbonífero. Tiene una tasa de actividad muy baja (0,01-0,1 mm/año) (Montes y Sandoval, 2001). Su trazo se extiende desde el sector suroccidental del área de estudio en el municipio de Guama, pasando por la zona occidental del Acacías, controlando el cauce del río Chiquito, hasta el municipio de Gutiérrez en la vereda Río Chiquito.

#### 6.2.7 Falla El Engaño

Falla de cabalgamiento, de dirección aproximada N45°W, con una longitud cercana a los 25 kilómetros y su plano buzante al noreste. Su prolongación sureste está afectada por la falla La Reforma; las fallas en este sector ponen en contacto el Cretácico Inferior con la Formación Pipiral y Gutiérrez. Su extremo norte es truncado por la falla del Río Blanco. Se extiende al norte desde el municipio de Guayabetal, en la vereda la Mesa, hasta el municipio de Acacías en la vereda Manzanares, donde afecta a la quebrada El Engaño

#### 6.2.8 Lineamientos

Estructura geomorfológica de tendencia general N45°E, localizada aproximadamente 12 Kilómetros al sureste del municipio de Acacías, con una extensión dentro del área mayor a los 15 kilómetros. Su trazo está cubierto por terrazas aluviales de edad cuaternaria, y se extiende hacia el sur en la plancha 285, en el municipio de Castilla La Nueva.

#### 6.2.9 Principales Plegamientos

Esta región se caracteriza por desarrollar estructuras anticlinales y sinclinales relativamente estrechas de poca extensión y de dirección dominante nor-noreste. Las estructuras más sobresalientes corresponden a los sinclinales de San Juan y El Arenal.

##### 6.2.9.5 Sinclinal de San Juan

Estructura de dirección N-S a N5°E, de extensión no mayor a 10 kilómetros, simétrica, en el cual su flanco occidental se encuentra truncado por la falla de Manzanares, y su continuación en el sentido norte está enmascarada por la presencia de la falla de Sardinata. Su núcleo está constituido por las formaciones Chipaque, Cáqueza, Une y Fómeque. Se localiza en el municipio de Acacías entre las veredas Aguailinda y Sardinata, sobre el flanco occidental de la cuchilla San Juan.

##### 6.2.9.6 Sinclinal del Arenal

Estructura con extensión aproximada de 15 kilómetros, que afecta unidades Paleógenas correspondientes a las Areniscas y Arcillas de El Limbo. La tendencia general es N45°E, con cierre al norte de la vereda El Pañuelo, mientras que al sur están afectada por las fallas de San Pablo y las Blancas, en el municipio de Acacías, al norte de la vereda Las Blancas.

### 6.3 UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES

Se caracterizaron y cartografiaron las Unidades Geológicas Superficiales, según las condiciones de similar comportamiento geomecánico con el objetivo de aportar información sobre la estabilidad de los materiales presentes en la zona de estudio, siguiendo la metodología y nomenclatura del INGEOMINAS (2007) para Unidades Geológicas Superficiales.

Las Unidades Geológicas Superficiales corresponden a un conjunto de materiales que incluyen suelos y rocas, cuyas propiedades se conservan por debajo de la superficie hasta algunas decenas de metros. Las UGI se utilizan como herramienta para evaluar el comportamiento mecánico de los terrenos ante diferentes usos, como desarrollo de obras de infraestructura, desarrollos mineros y demás usos definidos en los planes de ordenamiento territorial.

Tabla 7 Unidades Geológicas Superficiales (UGS) según su origen.

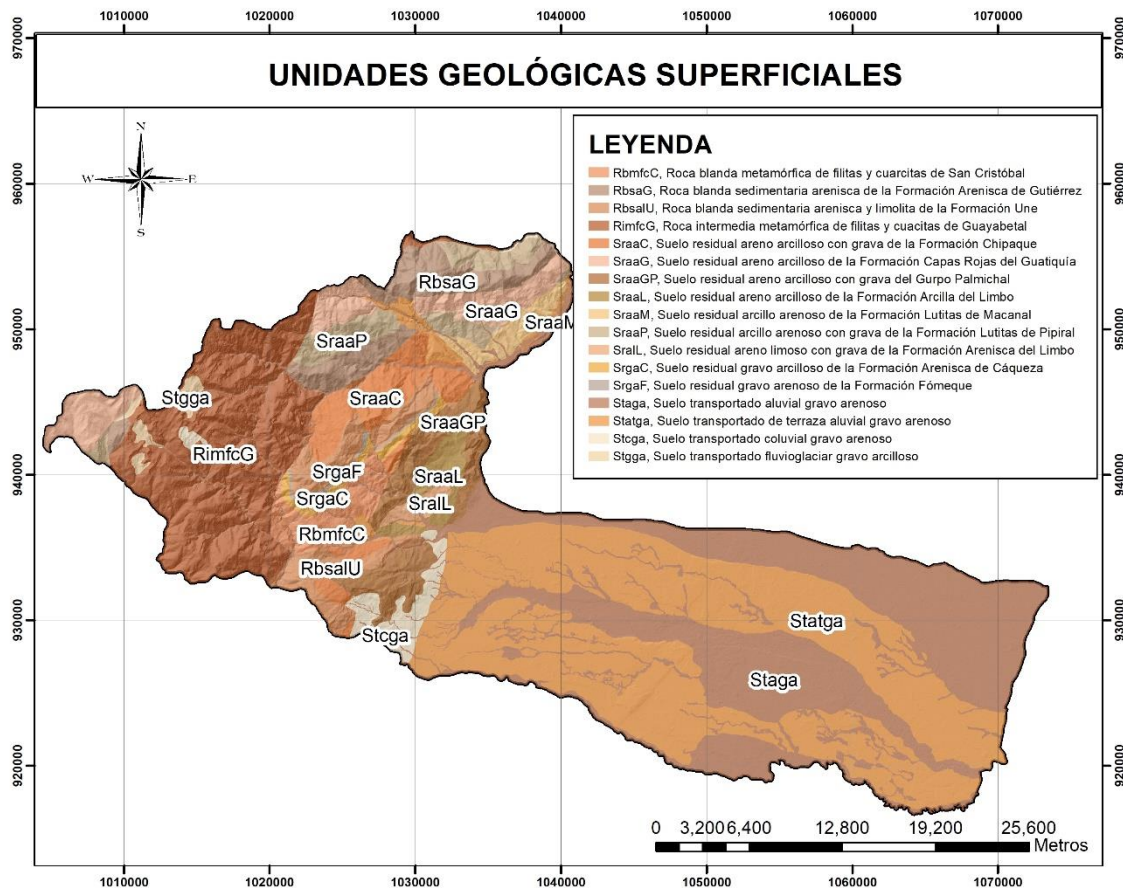
ORIGEN DE LA UGI	TIPO DE UGI
Derivadas de roca In situ	Roca inalterada
	Saprolito
	Suelos Residuales
Depósitos aluviales	Aluviones recientes o de lecho de río
	Llanuras aluviales
	Abanicos o conos aluviales
	Terrazas aluviales
	Depósitos torrenciales
	Depósitos fluviotorrencial
Depósitos lacustres y paludales	Depósitos lacustres
Depósitos de ladera, de vertiente o coluviales	Coluviones
	Talus
	Flujos (de lodo, tierra y de escombros)
	Derrubios de pendiente
Depósitos costeros	Deltas, barras, playas, etc.
Depósitos volcánicos	Tefras
	Surges
	Flujos piroclásticos
	Ignimbritas
	Flujos de lodos volcánicos
	Lahares
	Cenizas
	Coladas de lava
Depósitos eólicos	Dunas
	Loess
	Cenizas volcánicas
Depósitos glaciares	Morrenas y tillitas
	Fluvioglaciares
Depósitos antrópicos	Rellenos sanitarios o de basuras
	Rellenos de excavaciones
	Escombreras o botaderos

Fuente: Adaptada y modificada de Hermelin, 1985 y Salazar, 1995.

### 6.3.1 Unidades Geológicas Superficiales del municipio de Acacías

Se realizó una superposición de capaz de geología y geomorfología, para determinar la disposición de los materiales superficiales dentro del municipio de Acacías, en las que se reconocieron suelos residuales, suelos transportados, rocas blandas y rocas intermedias. A continuación, se presenta la disposición de los materiales superficiales dentro del municipio.

Figura 19 Unidades Geológicas Superficiales (UGS)



Fuente: Elaboración propia.

### 6.3.1.5 Exploración del Subsuelo

La campaña de exploración estuvo encamada a caracterizar los materiales en superficie, dentro del municipio de Acacías. Se definieron inicialmente las unidades geológicas y sus expresiones morfológicas, para conocer cualitativamente la dureza de estas, y posteriormente se procedió a realizar 20 Ensayos de penetración estándar (SPT), con los cuales se recuperó muestra levemente alterada. A continuación, se plasma el registro fotográfico de los sondeos de exploración y los resultados de los mismos.

Figura 20. Registro fotográfico de los sondeos.





**SONDEO 4**



**SONDEO 5**



**SONDEO 6**



**SONDEO 7**



**SONDEO 8**



**SONDEO 9**



**SONDEO 10**



**SONDEO 11**



**SONDEO 12**



**SONDEO 13**



**SONDEO 14**



**SONDEO 15**



**SONDEO 16**



**SONDEO 17**



**SONDEO 18**



**SONDEO 19**



**SONDEO 20**



**APIQUE 1**



**APIQUE 2**



**APIQUE 3**



**APIQUE 4**



**APIQUE 5**



**APIQUE 6**



**APIQUE 7**







Fuente: Elaboración propia.

#### 6.3.1.5.1 Localización del muestreo

A continuación, se detallan el tipo de UGS a caracterizar en la exploración de campo y las coordenadas de los sondeos dentro del municipio de Acacías.

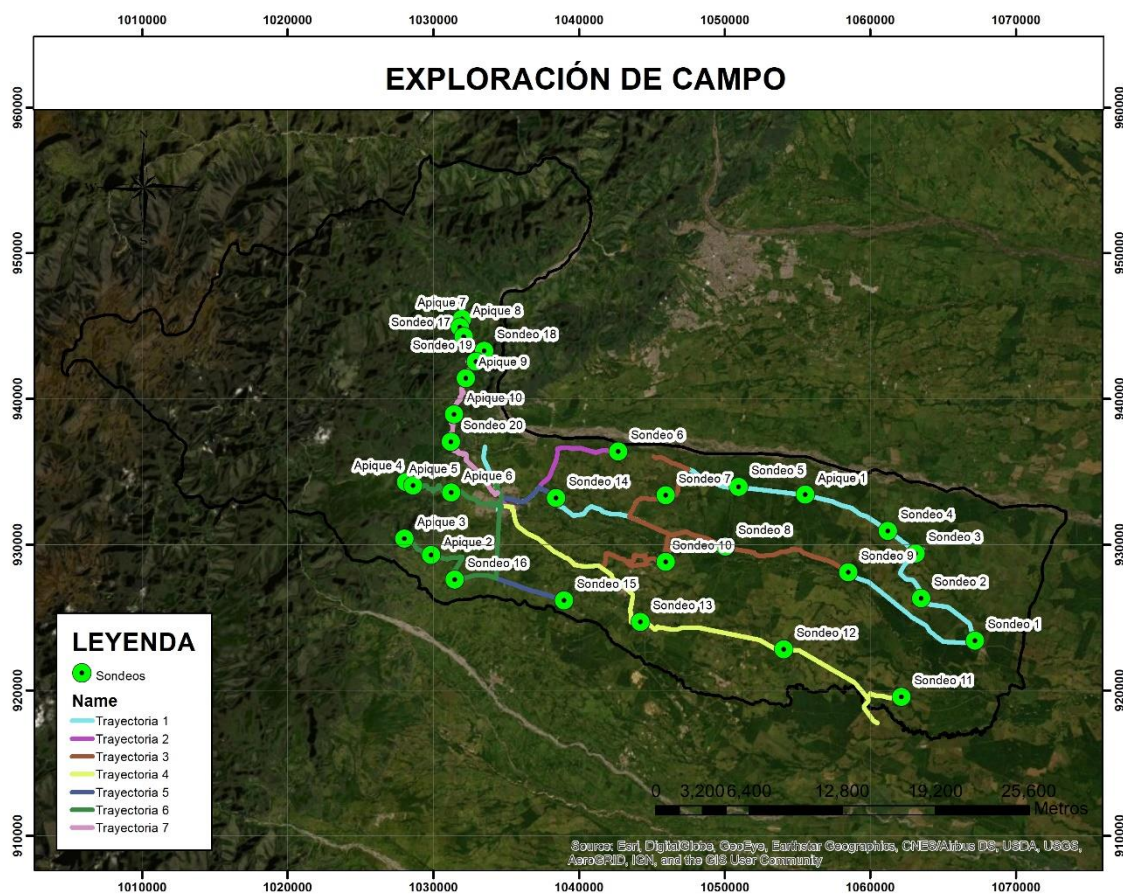
Tabla 8 Localización geográfica y tipo de UGS

MUESTREO	ESTE	NORTE	TIPO DE SUELO (USC)
APIQUE 1	1055549	933427	GP - GRAVA MAL GRADADA CON ARENA
APIQUE 2	1029852	929288	GP-GM - GRAVA MAL GRADADA CON LIMO Y ARENA
APIQUE 3	1028026	930396	SW-SC - ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y GRAVA
APIQUE 4	1028132	934293	SW-SM - ARENA BIEN GRADADA CON LIMO Y GRAVA
APIQUE 5	1028622	934065	SP - ARENA MAL GRADADA CON GRAVA
APIQUE 6	1031226	933586	SP-SC - ARENA MAL GRADADA CON ARCILLA Y GRAVA
APIQUE 7	1031944	945499	SC - ARENA ARCILLOSA CON GRAVA
APIQUE 8	1031817	944914	GW-GC - GRAVA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y ARENA
APIQUE 9	1032239	941414	SP-SM - ARENA MAL GRADADA CON LIMO Y GRAVA
APIQUE 10	1031436	938943	SM - ARENA LIMOSA CON GRAVA
SONDEO 1	1067173	923395	SC - ARENA ARCILLOSA
SONDEO 2	1063506	926306	SC - ARENA ARCILLOSA
SONDEO 3	1063117	929391	SC - ARENA ARCILLOSA
SONDEO 4	1061220	930926	CL - ARCILLA MAL GRADADA CON ARENA
SONDEO 5	1050975	933953	SC - ARENA ARCILLOSA
SONDEO 6	1042684	936395	SC - ARENA ARCILLOSA
SONDEO 7	1045944	933387	SC - ARENA ARCILLOSA CON GRAVA
SONDEO 8	1050046	929852	SC - ARENA ARCILLOSA CON GRAVA
SONDEO 9	1058490	928083	SC - ARENA ARCILLOSA
SONDEO 10	1045967	928802	SC - ARENA ARCILLOSA CON GRAVA
SONDEO 11	1062137	919550	SC - ARENA ARCILLOSA
SONDEO 12	1054058	922798	SC - ARENA ARCILLOSA
SONDEO 13	1044210	924680	SC - ARENA ARCILLOSA
SONDEO 14	1038423	933180	GP-GC - GRAVA MAL GRADADA CON ARCILLA Y ARENA
SONDEO 15	1038961	926161	SC - ARENA ARCILLOSA
SONDEO 16	1031331	927536	SW-SC - ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y GRAVA
SONDEO 17	1032075	944269	SM - ARENA LIMOSA CON GRAVA
SONDEO 18	1033486	943287	SC - ARENA ARCILLOSA
SONDEO 19	1032914	942544	SC - ARENA ARCILLOSA
SONDEO 20	1031200	937062	SC - ARENA ARCILLOSA

Fuente: Elaboración propia.

Se muestra la localización de los puntos de muestreo para caracterizar cada una de las Unidades Geológicas Superficiales dentro del municipio de Acacías.

Figura 21. Exploración de Campo, mediante toma de muestras de suelo mediante Ensayo de Penetración Estándar (SPT)



Fuente: Elaboración propia

#### 6.3.1.5.2 Propiedades de los suelos

Las Unidades Geológicas Superficiales fueron corroboradas en campo, de las que se tomaron las muestras, y fueron llevadas al laboratorio con el fin de conocer las propiedades físico mecánicas de estas. Las propiedades de las Unidades Geológicas Superficiales del municipio de Acacías son:

Tabla 9 Propiedades físico mecánicas de las UGS.

SÍMBOLO	NOMBRE UGS	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)	PESO UNITARIO HÚMEDO (kN/m3)	PESO UNITARIO SECO (kN/m3)	COHESIÓN (kN/m2)	FRICCIÓN (°)
Stgga	Suelo transportado fluvio-glacial gravo arcilloso	663.28	0.59%	16.2	14.51	13.46	24
Stcga	Suelo transportado coluvial gravo arenoso	1973.98	1.76%	15.06	12.21	2.19	33
Statga	Suelo transportado de terraza aluvial gravo arenoso	32946.15	29.33%	16.65	14.43	13.46	28
Staga	Suelo transportado aluvial gravo arenoso	30166.74	26.86%	16.45	14.09	7.4	34
SrgaF	Suelo residual gravo arenoso de la Formación Fômeque	290.12	0.26%	16.52	14.23	14.63	29
SrgaC	Suelo residual gravo arcilloso de la Formación Arenisca de Cáqueza	881.12	0.78%	16.52	14.23	14.63	35
SraIL	Suelo residual areno limoso con grava de la Formación Arenisca del Limbo	542.05	0.48%	17.76	17.07	9.35	30
SraaP	Suelo residual arcillo arenoso con grava de la Formación Lutitas de Pipiral	3084.37	2.75%	16.45	14.09	7.4	34
SraaM	Suelo residual arcillo arenoso de la Formación Lutitas de Macanal	1295.76	1.15%	16.52	14.23	14.63	35
SraaL	Suelo residual areno arcilloso de la Formación Arcilla del Limbo	1487.32	1.32%	20.68	18.39	19.01	28



SÍMBOLO	NOMBRE UGS	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)	PESO UNITARIO HÚMEDO (kN/m3)	PESO UNITARIO SECO (kN/m3)	COHESIÓN (kN/m2)	FRICCIÓN (°)
SraaGP	Suelo residual areno arcilloso con grava del Gurpo Palmichal	4433.71	3.95%	19.01	14.85	19.01	28
SraaG	Suelo residual areno arcilloso de la Formación Capas Rojas del Guatiquía	4352.51	3.87%	17.76	17.07	9.35	30
SraaC	Suelo residual areno arcilloso con grava de la Formación Chipaque	4319.11	3.84%	17.21	14.99	2.19	33
RimfcG	Roca intermedia metamórfica de filitas y cuacitas de Guayabetal	15237.93	13.57%	25	25	29	40
RbsaU	Roca blanda sedimentaria arenisca y limolita de la Formación Une	3797.62	3.38%	24	24	23	36
RbsaG	Roca blanda sedimentaria arenisca de la Formación Arenisca de Gutiérrez	4401.11	3.92%	24	24	25	38
RbmfcC	Roca blanda metamórfica de filitas y cuarcitas de San Cristóbal	2458.77	2.19%	25	25	26	36

*Fuente: Elaboración propia.*

Para conocer la totalidad de los resultados, se debe consultar el Anexo *Resultados de Laboratorio*, en los que se detallan cada una de las propiedades por sondeo, y tipo de suelo.

#### 6.4 GEOMORFOLOGIA

El propósito de la cartografía geomorfológica es proporcionar información concisa y sistemática sobre las formas del terreno; su origen, los procesos naturales que han ocurrido y los fenómenos naturales activos. En ese sentido los mapas geomorfológicos deben ser herramientas útiles, que permitan evaluar el comportamiento de los terrenos, inventariar los movimientos en masa y sus aplicaciones en la evaluación de amenazas naturales, considerar el desarrollo de obras de infraestructura, y establecer

zonificaciones geomecánicas, entre otras. La ciencia geomorfológica involucra y relaciona al paisaje con los procesos que le dieron origen y sus condiciones ambientales. Por lo tanto, para lograr una descripción y caracterización adecuada es necesario representarla y transmitirla en forma gráfica o de mapas.

El presente documento define las características geomorfológicas del municipio de Acacías, con el fin de contribuir al análisis de los fenómenos de inundación y la zonificación de la amenaza.

El levantamiento geomorfológico estuvo dirigido a caracterizar las geoformas, afectadas por los procesos morfodinámicos y agentes tanto endógenos como exógenos, que a su vez han modelado los diferentes paisajes geomorfológicos. Para su caracterización se consideró la metodología desarrollada por el Servicio Geológico Colombiano la cual va encaminada a la evaluación de las amenazas naturales (SGC-metodología Carvajal-2011).





En el municipio de Acacías se han diferenciado unidades de ambiente fluvial, estructural, denudacional y glaciar, según Carvajal 2011. Las unidades enmarcadas en cada uno de los ambientes se caracterizaron por morfografía, morfometría, morfodinámica, morfocronología, entre otras propiedades.

#### **6.4.1 Metodología**

En el estudio de las formas del terreno, es indispensable la utilización de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), las imágenes satelitales, y el Modelo Digital del Terreno (MDT) elaborados, con el que se calculan otros factores como lo son las pendientes del terreno, el modelo de sombras, entre otros; con el fin de determinar por medio de interpretación, los tipos de materiales involucrados, los procesos morfodinámicos, y las formas predominantes del terreno, para su reconocimiento posterior en campo. Para su caracterización se consideró la metodología (SGC-metodología Carvajal-2011) la cual va encaminada a la evaluación de las amenazas naturales.

A continuación, se enlistan algunos de los insumos utilizados para la caracterización geomorfológica del municipio de Acacías.

##### **6.4.1.5 Software Utilizado**

-  ArcMap 10.4.1.
-  ArcCatalog 10.4.1.
-  ArcToolbox 10.4.1.
-  SAGA GIS 5.0.0.

##### **6.4.2 Herramientas Utilizadas**






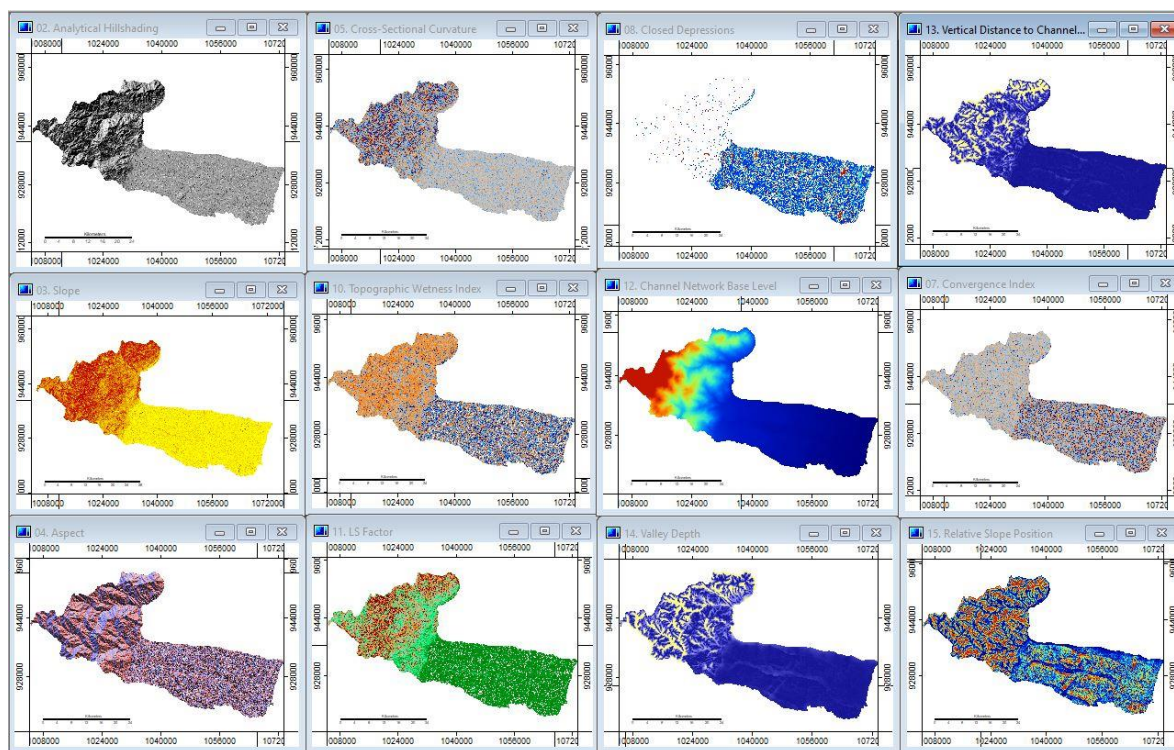
-  Plancha Geológica 266 – Villavicencio (1:100.000): (SGC).
-  Plancha Geomorfológica 266 – Villavicencio (1:100.000): (SGC).
-  Imágenes Satelitales: Wolrd Imagery, Bing Maps, y Google Maps.
-  Modelo Digital de Elevación (DEM).
-  Modelos SAGA: Slope, Flow Directions, Watershed Basins, Hillshade, Aspect, Cross Sectional Curvature, Convergence Index, Closed Depressions, Flow Acumulation, Wetness Index, LS Factor, Valley Depth, and Relative Slope Position.

Figura 22. Modelos morfológicos y morfométricos con software SAGA GIS 5.0.0.



Fuente: Elaboración propia.

#### 6.4.3 Geomorfología Municipio de Acacías (SGC)

El municipio de Acacías se encuentra ubicado morfológicamente entre la geomorfoestructura Orogénico Andino y Planicies Intracratónicas, siendo. Superficialmente se encuentran grandes depósitos de vertiente provenientes de los Andes y suelos de origen aluvial.

El Orogénico Andino está compuesto a su vez por las provincias geomorfológicas como la cordillera oriental (Carvajal, 2002-2002a, y Mendivelso 2009). En la siguiente figura se muestra el esquema de jerarquización geomorfológica propuesto para el estudio dentro del municipio de Acacías.

Figura 23 Esquema de Jerarquización geomorfológica.



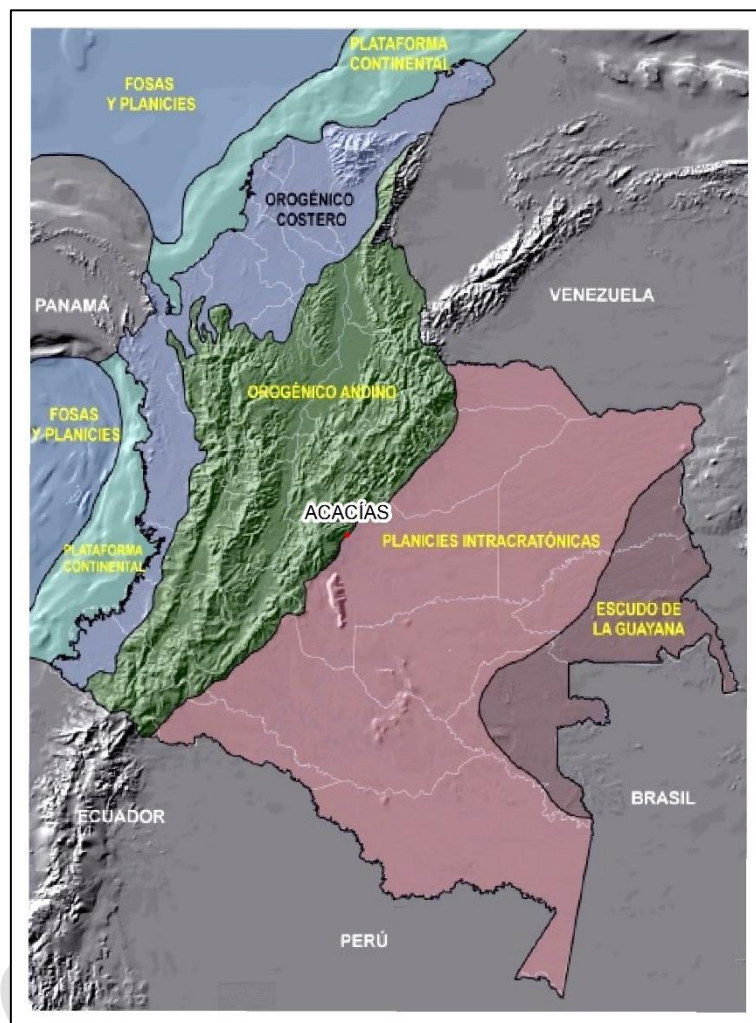
Fuente: Tomado y Modificado de Velásquez (1999), Carvajal (2002-2008).

#### 6.4.3.5 Geomorfoestructura

La geomorfoestructura se refiere a grandes áreas geográficas o amplios espacios continentales o intracontinentales caracterizados y definidos por estructuras geológicas y topográficas regionales que han tenido deformación o basculamiento y posiblemente metamorfismo o intrusión ígnea. Se consideran como geomorfoestructura: Los escudos, los bloques de origen continental (Plateaus Orogénicos o Epirogénicos), grandes cuencas de sedimentación, cuencas intracratónicas y rift valleys, plataformas y cinturones orogénicos. Corresponde según Velásquez (1999) a escalas de trabajo menores de 1: 2.500.000.

El municipio de Acacías se encuentra ubicado morfológicamente en la geomorfoestructura correspondiente a Orogénico Andino y Planicies Intracratónicas, descritas por Mendivelso (2009).

Figura 24. Localización del municipio de Acacías en el mapa Geomorfoestructural de Colombia.



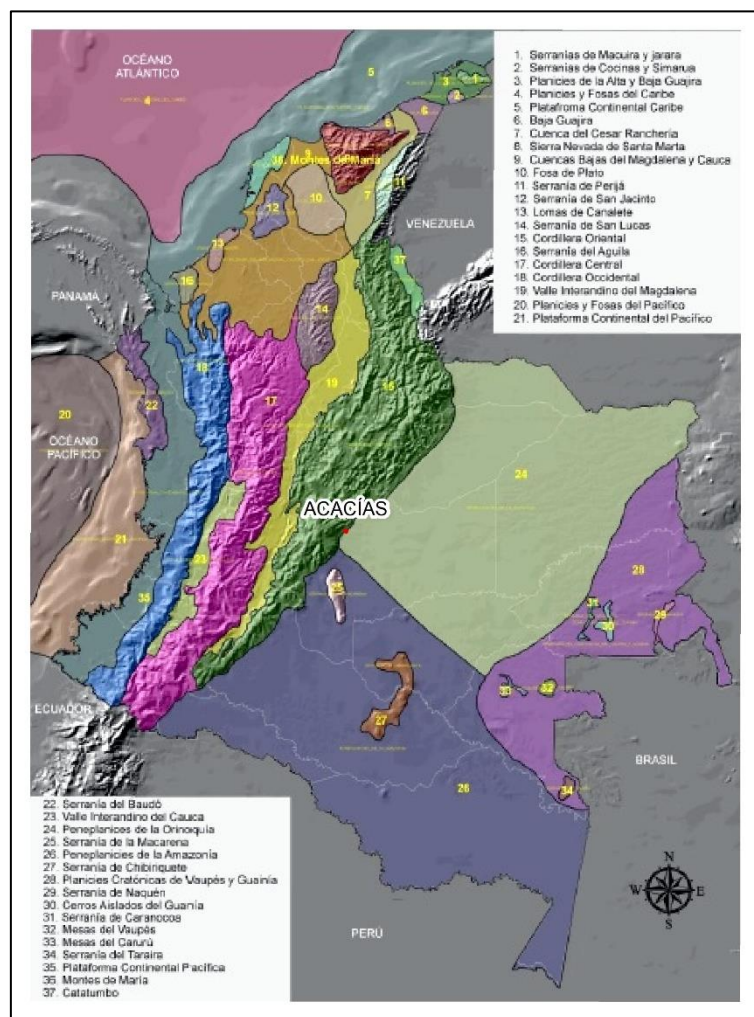
Fuente: Tomado y Modificado de Mendivelso (2009).

#### 6.4.3.6 Provincia Geomorfológica

Corresponde a un conjunto de regiones con geoformas parecidas y definidas por un macro relieve y una génesis geológica similar. Localmente se relacionan con las regiones naturales y con los terrenos geológicos de Colombia los cuales están delimitados por el trazo de mega fracturas y suturas definidas o inferidas (Ingeominas 1999, Velásquez 1999, Irving 1971, Etayo y otros 1986, Villota 1997). El área de estudio se encuentra localizado entre la provincia geomorfológica de Peneplanicies de la Orinoquía y Cordillera Oriental. El nombre propuesto para la provincia geomorfológica es compuesto y consiste de un término morfológico de macro relieve, combinado con un nombre geográfico definido por el nombre del terreno geológico o región natural respectiva Mendivelso (2008-2009).



Figura 25. Localización del municipio de Acacías en el mapa de Provincias de Colombia.



Fuente: Tomado y Modificado de Mendivelso (2009).

#### 6.4.3.7 Regiones

Las regiones hacen alusión a los ambientes morfogenético que predominan en el territorio. Involucra a las geoformas relacionadas a la génesis de los paisajes, y definidas por un marco de ambiente morfogenético definido y afectados por procesos dinámicos parecidos. Aquí se pueden agrupar áreas equivalentes a vertientes que estén contenidas dentro de una provincia geomorfológica y que representen un ambiente morfogenético particular con condiciones climáticas homogéneas: Eólico, lacustre, fluvial, volcánico, glaciar, denudativo, marino y costero, kárstico, estructural, estructural denudativo y antropogénico.

Tabla 10 Clasificación de ambientes morfogenéticos.

ORIGEN PRINCIPAL	EJEMPLOS DE FORMAS CON UN ORIGEN ESPECÍFICO
<b>FLUVIAL</b> (Erosión Fluvial y Sedimentación)	Geoformas de acumulación y complejas planicies aluviales, transicionales y erosionales.
<b>LACUSTRE</b> (Erosión Lagunar y Sedimentación)	Geoformas producto de niveles de agua alta (Terrazas), fondos de lagos. (Evaporitas/Playa, no Evaporitas).
<b>MARINO</b> (Erosión Marina y Sedimentación)	Geoformas de ambientes de alta energía, (materiales de grano grueso); de ambientes de baja energía (materiales de grano fino); y asociadas a complejos levantamientos.
<b>VOLCÁNICO</b> (Actividad Volcánica)	Geoformas de conos, cráteres, escarpes volcánicos, flujos de lava y labradas en materiales piroclásticos.
<b>DENUDACIONAL</b> (Meteorización, desgaste de masa, Erosión Linear)	Geoformas asociadas a desgaste, efectos litológicos no mayores. Geoformas influenciadas por la litología y erosión fluvial linear asociadas con procesos denudativos específicos (desgaste de masas).
<b>ESTRUCTURAL</b> (Fallamiento)	Geoformas asociadas con las capas de roca estratificadas o estructuralmente controladas, relacionadas con plegamientos, fallamiento y levantamiento.
<b>ESTRUCTURAL-DENUDACIONAL</b>	Asociaciones denudacionales y estructurales.
<b>KÁRSTICO</b> (Solución y Redepositación)	Geoformas positivas (Colinas), negativas (Depresiones), estructurales y otras (Complejos).
<b>EÓLICO</b> (Erosión por el Viento y Sedimentación)	Geoformas de acumulación (Activas/No activas), y de deflación.
<b>GLACIAL</b> (Erosión y Sedimentación)	Geoformas erosionales predominantemente de glaciación continental, glaciación de montañas y de acumulación (predominantemente morrenas, hielo, y lomos).
<b>ANTROPOGÉNICO</b>	Aquellas formas del relieve que son el producto de modificaciones causadas por intervención del hombre.

Fuente: Tomado y modificado SGC, 2015.

El Municipio de Acacías se encuentra influenciado principalmente por ambiente de fluvial, estructural, denudacional, y glacial, el cual es característico de la Cordillera Oriental.

#### 6.4.3.8 Unidades y Subunidades Geomorfológicas del municipio de Acacías

En el municipio de Acacías se identificaron unidades y subunidades de ambiente fluvial, estructural, denudacional, y glaciár, estas unidades se definieron con base en criterios genéticos, morfológico, geométrico, y en función de los procesos geomorfológicos específicos, ya sea de carácter erosivo o de acumulación. Para la delimitación de las geoformas se utilizaron imágenes satelitales, aéreas y el modelo digital del terreno, junto con el reconocimiento de campo, encaminado a justificar y ajustar su delimitación.

Tabla 11. Unidades geomorfológicas municipio de Acacías (Carvajal 2011).

GEOMORFOE STRUCTURA	PROVI NCIA	REGIÓ N	UNIDAD	SUBUNIDAD	SÍMB OLO	ARE A (Ha)	ARE A (%)
Orogénico Andino	Cordill eta Orient al	Denud acional	Cantera	Cantera	Ac	4.23	0.004 %
			Cima	Cima	Dc	73.66	0.066 %
			Conos coluviales	Cono y lóbulo coluvial y de solifluxión	Dco	2007. 18	1.787 %
				Cono de deslizamiento indiferenciado	Ddi	99.78	0.089 %
			Cerros	Cerro remanente o relicto	Dcre m	74.60	0.066 %
			Escarpes	Escarpe de erosión mayor	Dee m	101.7 8	0.091 %
			Lomo denudado	Lomo denudado bajo de longitud larga	Dlde bl	454.2 6	0.404 %
				Lomo denudado moderado de longitud larga	Dlde ml	520.0 0	0.463 %
			Ladera denudacio nal	Ladera ondulada	Dlo	424.0 7	0.378 %
			Loma denudado	Loma denudada	Dld	1000. 07	0.890 %
				Loma residual	Dlor	329.6 4	0.293 %
		Glaciár	Circo glaciár	Circo glaciár y de nivación	Gc	29.51	0.026 %
				Conos glaciofluviales	Gcgf	612.1 4	0.545 %
			Valle glaciár	Flancos de valle Glaciár	Gflv	164.1 5	0.146 %
				Morrena de fondo	Gmf	47.17	0.042 %
			Sierra glaciada	Sierra anticlinal glaciada	Gsag	299.5 5	0.267 %
				Ladera de contrapendiente sierra anticlinal glaciada	Gsal c	5.74	0.005 %



GEOMORFOE STRUCTURA	PROVI NCIA	REGIÓN	UNIDAD	SUBUNIDAD	SÍMB OLO	ARE A (Ha)	ARE A (%)
				Sierra glaciada	Gsg	5278.19	4.699 %
				Sierra homoclinal glaciada	Gshg	2096.18	1.866 %
				Ladera de contrapendiente de sierra homoclinal glaciada	Gshlc	449.50	0.400 %
				Ladera estructural de sierra homoclinal glaciada	Gshle	345.85	0.308 %
				Ladera de contrapendiente de sierra sinclinal glaciada	Gsslc	385.12	0.343 %
				Ladera estructural de sierra sinclinal glaciada	Gssle	57.12	0.051 %
		Estruct ural	Espinazo	Espinazo	Se	884.01	0.787 %
			Lomos	Lomos	Sl	472.41	0.421 %
			Ladera estructural	Ladera escalonada	Sles	548.88	0.489 %
			Sierra estructural	Sierra	Ss	8646.94	7.698 %
				Sierra anticlinal	Ssan	651.63	0.580 %
				Sierra homoclinal	Ssh	6163.39	5.487 %
				Sierra y lomo de presión	Sslp	3281.02	2.921 %
				Sierra sinclinal	Sss	6694.29	5.959 %
				Ladera de contrapendiente de sierra homoclinal	Sshlc	3179.91	2.831 %
				Ladera estructural de sierra homoclinal	Sshle	2438.78	2.171 %
				Ladera de contrapendiente de sierra sinclinal	Ssslc	902.27	0.803 %
				Ladera estructural de sierra sinclinal	Sssle	746.49	0.665 %
Planicies Intracratónicas	Penep lancias de la Orinoq uia	Fluvial	Abanico aluvial	Abanico aluvial actual	Faaac	1414.63	1.259 %
				Abanico aluvial sub-reciente disectado	Faasd	1474.40	13.12 %
			Barra de arena	Barra tipo isla	Fbai	267.65	0.238 %
				Barra longitudinal intermitente	Fbli	51.34	0.046 %

GEOMORFOE STRUCTURA	PROVI NCIA	REGIÓ N	UNIDAD	SUBUNIDAD	SÍMB OLO	ARE A (Ha)	ARE A (%)
				Barra puntual inundable	Fbpi	66.12	0.059 %
			Cauce aluvial	Cauce aluvial permanente	Fcap	2955. 78	2.631 %
			Plano o llanura de inundación	Escarpe de abanico fluvial	Fea	590.3 7	0.526 %
				Planicie aluvial confinada	Fpac	68.43	0.061 %
				Plano de inundación reciente	Fpir	1047 4.82	9.325 %
				Plano de inundación subreciente	Fpis	4725. 72	4.207 %
			Terraza aluvial	Terraza de acumulación	Fta	627.0 4	0.558 %
				Escarpe de terraza de acumulación	Ftae	411.7 7	0.367 %
				Terraza de acumulación subreciente	Ftas	2538 7.20	22.60 0%
				Terraza basculada	Ftb	200.3 6	0.178 %
				Escarpe de terraza basculada	Ftbe	438.3 4	0.390 %
				Terraza de divagacion lateral	Ftdl	438.1 7	0.390 %

*Fuente: Elaboración propia.*

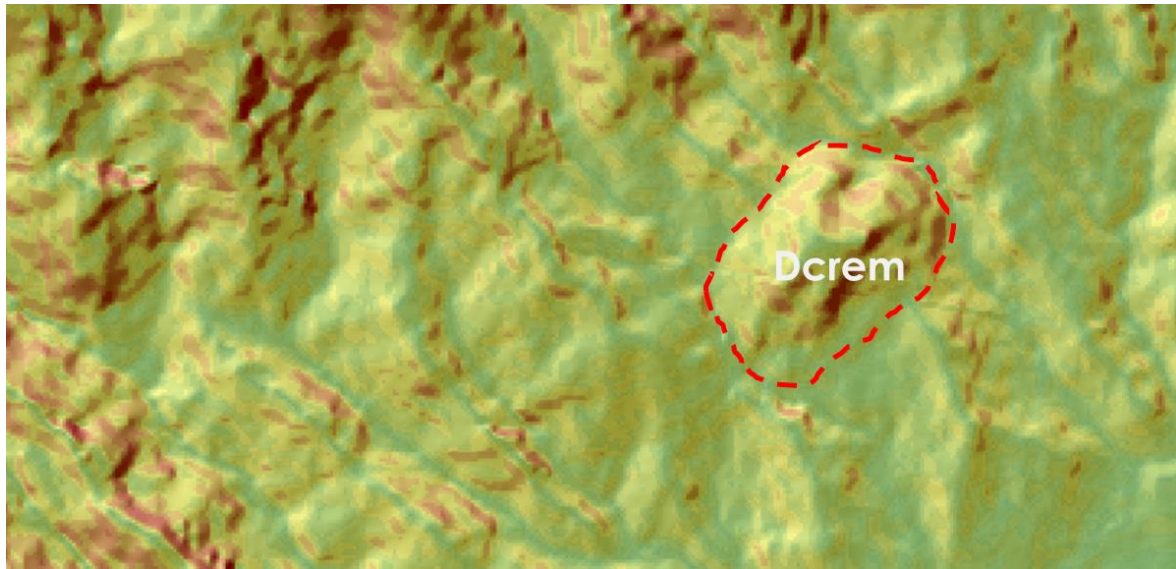
#### 6.4.3.8.1 Subunidades de origen denudacional (D)

Estas unidades de tipo denudacional están relacionadas con la interacción de procesos como la erosión, el transporte y la sedimentación, que se ven favorecidos por la meteorización previa de rocas aflorantes. La energía de transporte varía de unos sistemas a otros, y de las condiciones morfoclimáticas, la acumulación de los materiales transportados también contribuye a la modelación de este tipo de unidades. Dentro del municipio de Acacias, estas geoformas se distribuyen ampliamente sobre las laderas, asociadas a fuertes procesos de erosivos.

##### 6.4.3.8.1.1 Cerro remanente o relicto (Dcrem)

Prominencia topográfica que se encuentra aislada y sobresale del relieve circundante, de morfología colinada, presenta un índice de relieve relativo de un promedio de 300 m, con pendientes muy inclinadas a muy abruptas con rangos que oscilan entre los 16° y 30°, con laderas de longitud corta de hasta 300 m, y de forma convexa, algunas laderas presentan erosión en surcos. Esta unidad se genera por procesos erosivos moderados y meteorización acentuada, donde la resistencia de las rocas que componen a la geoforma es mayor que la de los materiales circundantes. Desarrollada sobre rocas del Cretácico inferior y superior, correspondientes a la Formación Lutitas de Macanal (Kilm), cuya litología corresponde con arcillolitas negras micáceas.

Figura 26 Cerro remanente o relicto (Dcrem), sobre modelo de pendientes.

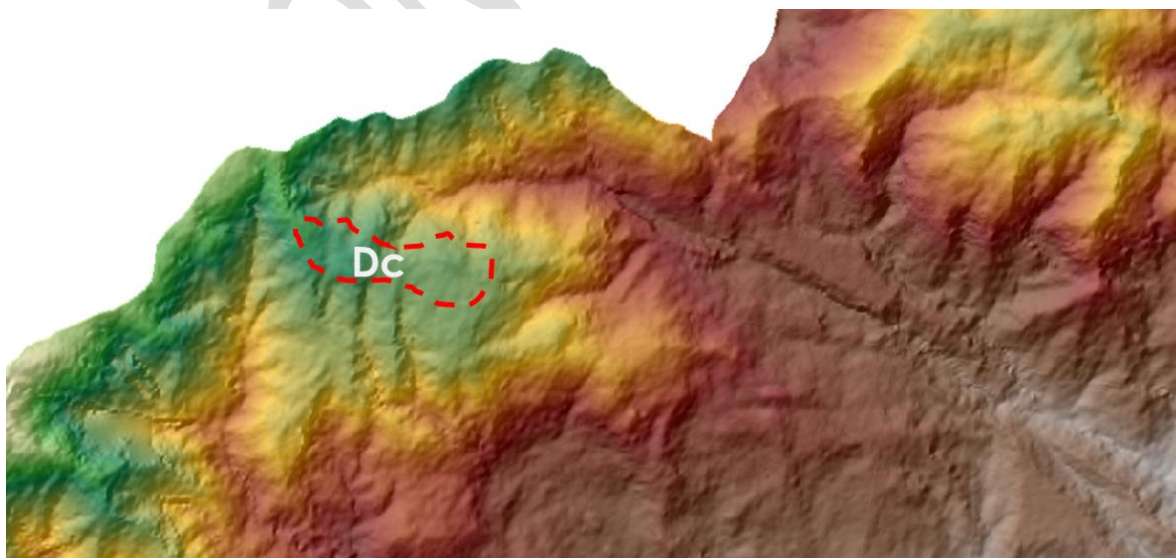


Fuente: Elaboración propia.

#### 6.4.3.8.1.2 Cima

Superficie amplia convexa a plana, dispuesta en franjas alargadas que bordean algunas divisorias de agua. Presentan pendientes planas a inclinadas con anchos entre 100 a 300 metros, limitadas por laderas cuya inclinación puede ser moderada a escarpada. Su origen se establece a partir de procesos meteorización, erosión intensa y actividad antrópica. A partir del modelo de SAGA, denominado Relative Slope Position, marca de manera significativa las cimas residuales.

Figura 27. Modelo Digital de Elevación, interpretación cimas (Dc).



Fuente: Elaboración propia.

#### 6.4.3.8.1.3 Lóbulos coluviales (Dco)

Estructura en forma de cono o lóbulo con morfología alomada baja. Su origen es relacionado a procesos de transporte y deposición de materiales sobre las laderas y por efecto de procesos hidrogravitacionales en suelos saturados y no saturados. Su depósito está constituido por bloques y fragmentos heterométricos de rocas preexistentes, embebidos en una matriz generalmente arcillosa a areno limo arcillosa. A continuación se muestra la foto interpretación de lóbulos coluviales en el municipio de Acacías.

*Figura 28. Lóbulos coluviales (Dco), azimuth 300°. Vereda Alto Acacías. Municipio Acacías. Coordenadas E: 1029846 m, N: 929279 m.*



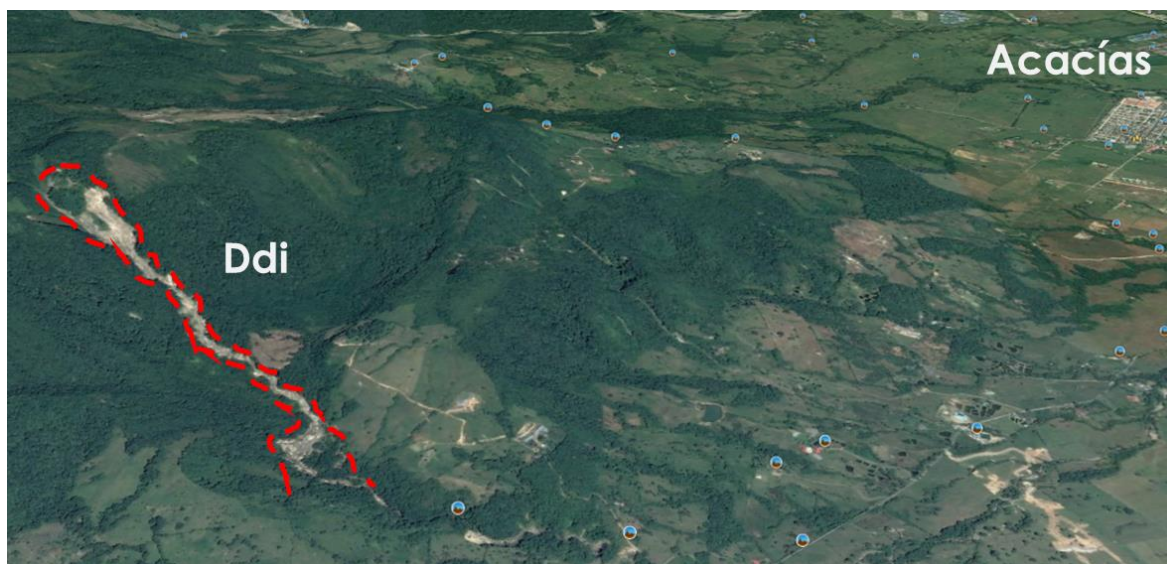
*Fuente: Elaboración propia.*

#### 6.4.3.8.1.4 Cono de deslizamiento indiferenciado (Ddil)

Estructura en forma de lóbulo o flujo alomado, localmente aterrazado, con longitud corta a muy larga, altamente disectado, que se presenta siguiendo las hondonadas y drenajes fluviales. Localmente presenta diques marginales que limitan el cauce. Su origen es relacionado al transporte de materiales producto de la saturación del suelo. Su depósito está constituido por bloques angulares diseminados en una matriz arcillo arenosa.



Figura 29. Cono de deslizamiento indiferenciado (Ddi), sobre laderas del municipio de Acacías.

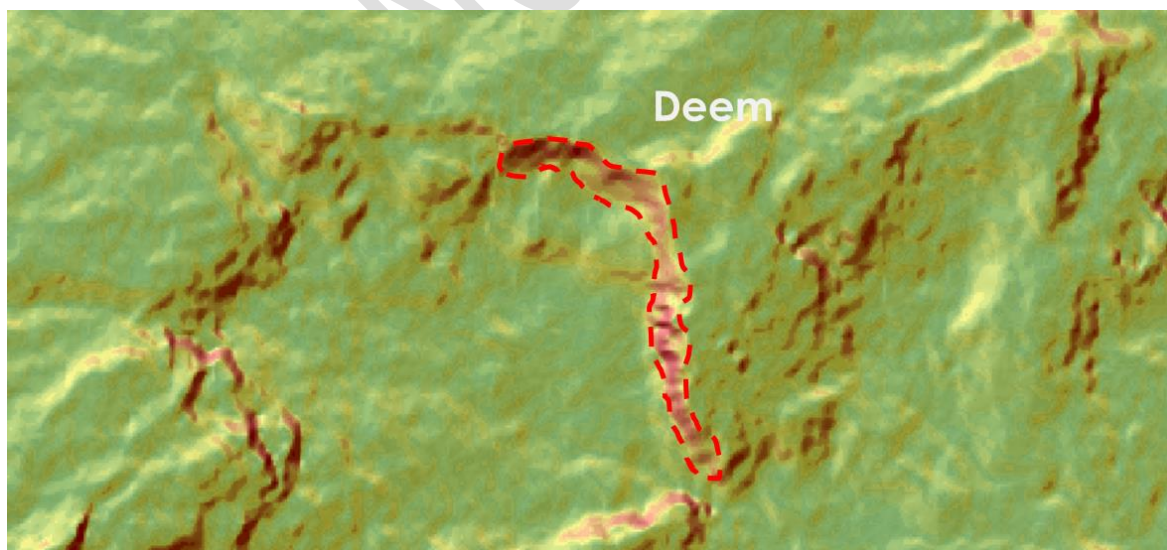


Fuente: Google Earth 2020.

#### 6.4.3.8.1.5 Escarpe de erosión mayor (Deem)

Laderas abruptas o de desplome de forma cóncava o convexa, con alturas que varían entre los 300 a 800 m, con pendiente escarpadas a muy escarpadas de  $31^\circ$  a  $40^\circ$  de inclinación, de longitud larga. Se originan por socavación fluvial sobre las partes bajas de una geoforma mayor o por procesos gravitacionales como el socavamiento del río Los Medios o Blanco.

Figura 30. Escarpe de erosión mayor (Deem), sobre modelo de pendientes.



Fuente: Elaboración propia.



#### 6.4.3.8.1.6 Ladera ondulada (Dlo)

Superficie en declive de morfología alomada o colinada, pendiente inclinada a escarpada, la longitud varía entre corta y muy larga. El patrón de drenaje es subdendrítico a subparelo. Estas laderas se forman en suelos residuales y depósitos coluviales.

*Figura 31 Ladera ondulada (Dlo), azimuth 45°. Vereda Brisas de Guayuriba. Municipio Acacías. Coordenadas E: 103120 m, N: 937062 m.*



*Fuente: Elaboración propia.*

#### 6.4.3.8.1.7 Loma denuada (Dld)

Subunidad geomorfológica que se presenta como una prominencia topográfica con altura menor de 200 metros sobre su nivel de base local, su morfología es de tipo alomada y elongada, con laderas cortas a muy cortas, pendientes muy inclinadas a abruptas que oscilan entre los 11° y 30°, con cimas agudas a subredondeadas, presenta un patrón de drenaje paralelo a subparalelo con alto grado de incisión, el origen de esta unidad geomorfológica está relacionado con procesos intensos de meteorización y erosión diferencial.

*Figura 32. Loma denuada (Dld), azimuth 130°. Vereda San Pablo. Municipio Acacías. Coordenadas E: 103120 m, N: 937062 m.*

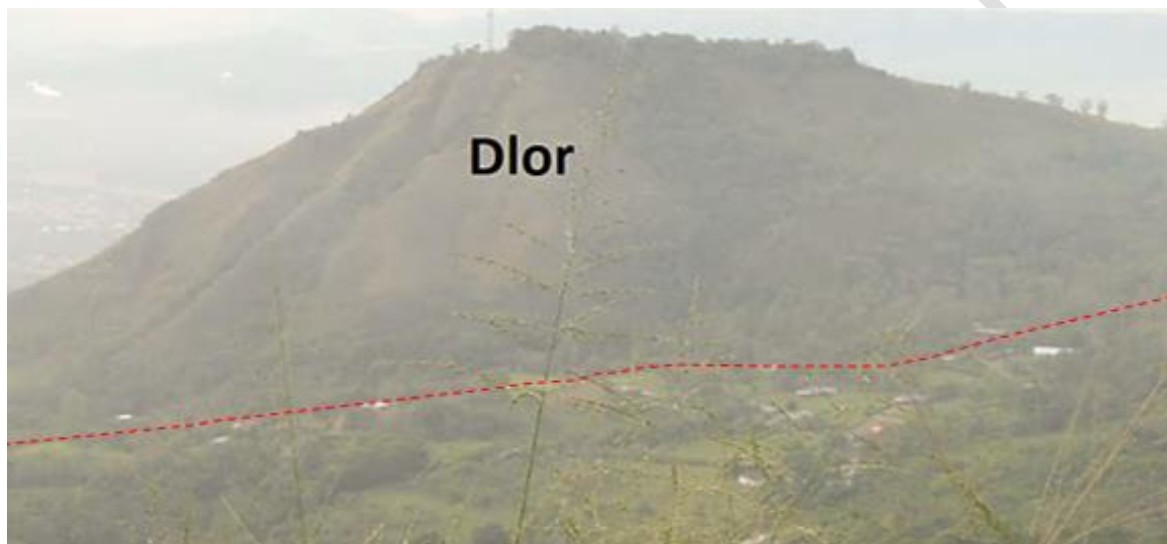


*Fuente: Elaboración propia.*

#### 6.4.3.8.1.8 Loma residual (Dlor)

Subunidad geomorfológica que se define como prominencias topográficas que presentan un índice de contraste del relieve bajo (200 metros sobre su nivel base local), las laderas que componen a esta unidad geomorfológica son abruptas a muy abruptas ( $20^{\circ}$  a  $40^{\circ}$ ), su forma es cóncava convexa y las laderas poseen una longitud promedio de 500 metros aproximadamente, están constituidas por suelo residual, cubiertos por material coluvial. Su origen se relaciona a procesos denudativos intensos (meteorización y erosión), los cuales han aislado la unidad del relieve circundante.

*Figura 33. Loma residual (Dlor), localizada en el municipio de Acacías, vereda El Recreo.*



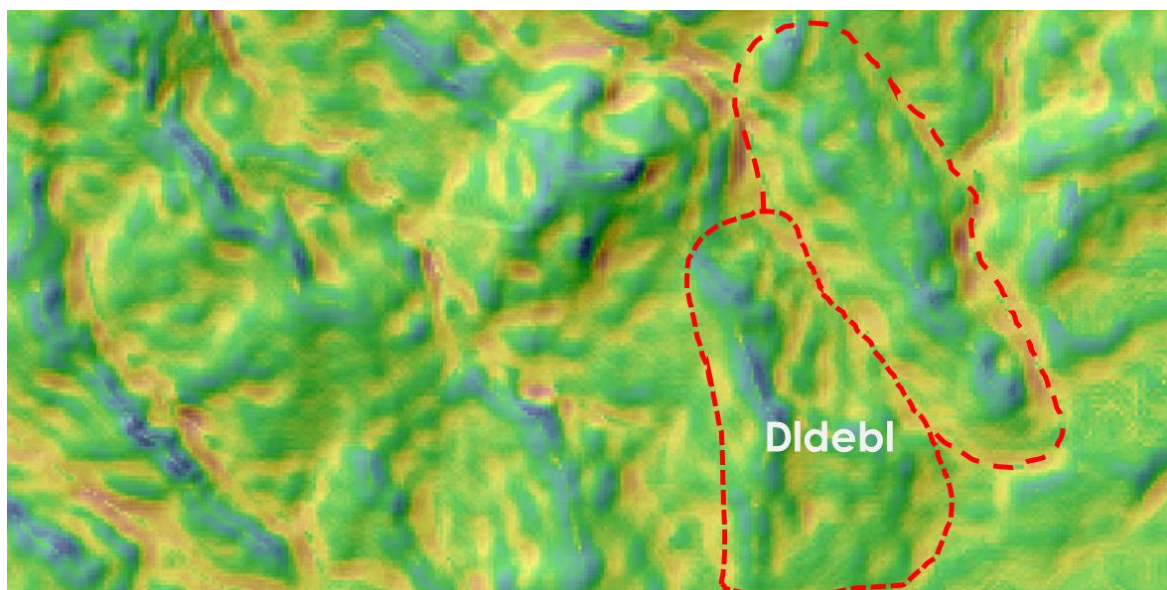
*Fuente: Elaboración propia.*

#### 6.4.3.8.1.9 Lomo denudado bajo de longitud larga (Dldebl)

Representa un conjunto de lomos ubicados a diferentes alturas; con índice de relieve relativo bajo (menor de 300 m), donde la longitud del eje principal es mayor a 1.000 m; se localizan en dirección perpendicular a los ríos. El tope o parte superior de la unidad puede tener diferentes formas dependiendo del grado de incisión del drenaje, el tipo de saprolito que ha desarrollado la roca dominante y los procesos erosivos que lo han modelado. La inclinación y orientación del eje del lomo puede informar de procesos y velocidades de levantamiento del conjunto cordillerano o de la velocidad de la erosión del río principal o eje geomorfológico. Sobre la unidad se cartografiaron movimientos en masa de tipo de caída de tierras y detritos, flujos de tierras y detritos.



Figura 34. Lomo denudado bajo de longitud larga (Dldebl), interpretado con modelo Longitudinal Curvature de SAGA GIS.

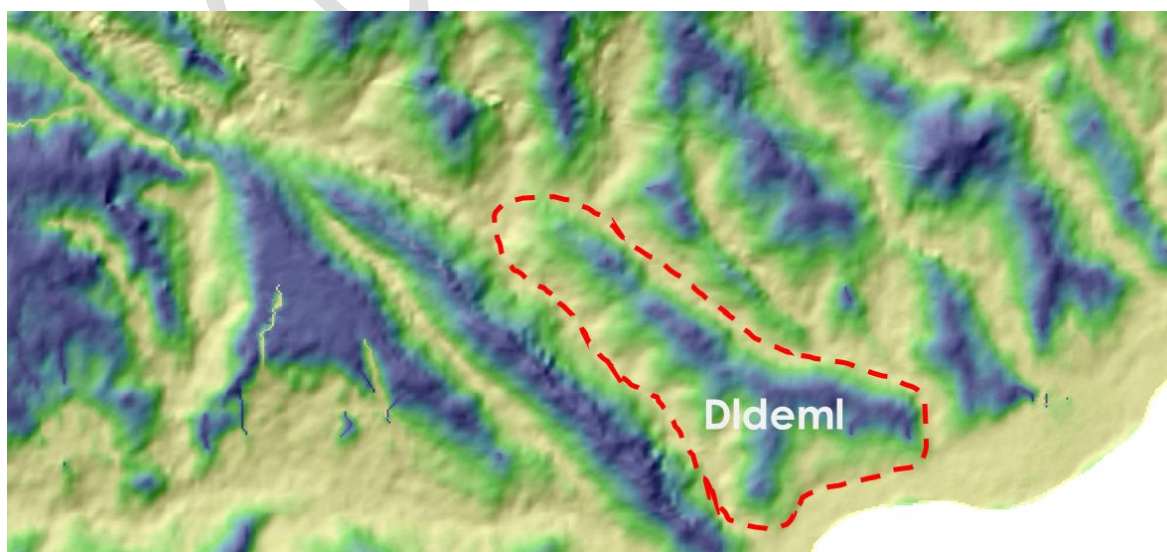


Fuente: Elaboración propia.

#### 6.4.3.8.1.10 Lomo denudado moderado de longitud larga (Dldeml)

Representa un conjunto de lomos o filos ubicados a diferentes alturas, con índice de relieve relativo entre 250 m y 700 m, y la longitud del eje principal entre 1.000 m y 4.500 m; son formas alargadas en dirección perpendicular al río Guayuriba. Exhibe un patrón de drenaje subparalelo, pendientes muy inclinadas a escarpadas, con rangos que oscilan entre los 16° y 40°, con laderas cortas a moderadamente largas.

Figura 35 Lomo denudado moderado de longitud larga (Dldeml), interpretado con modelo Relative Slope Position de SAGA GIS.



Fuente: Elaboración propia.



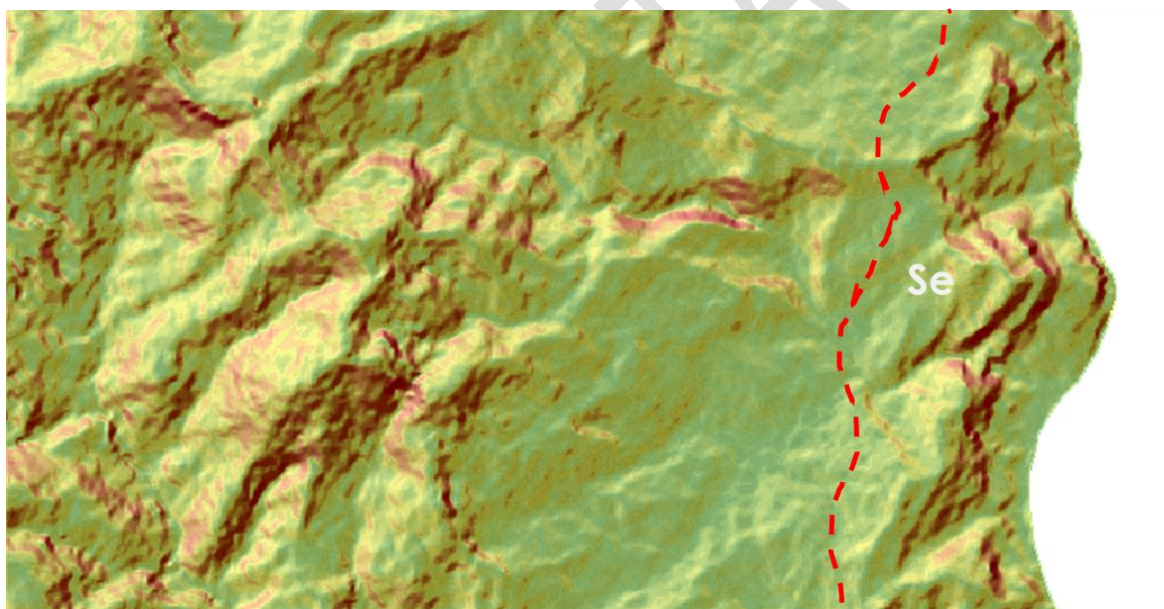
#### 6.4.3.8.2 Subunidades de origen estructura (S)

Corresponde a las geoformas generadas por la dinámica interna de la tierra, especialmente las asociadas a plegamientos y fallamientos, cuya expresión morfológica está definida por la litología y la disposición estructural de las rocas aflorantes en el municipio de Acacías. Estas geoformas se caracterizan por estar asociadas a la tectónica de la cordillera y a litologías predominantemente sedimentarias, localizadas hacia la parte media del municipio en dirección SE. A continuación se detallan las características de cada una de las geoformas de origen estructural.

##### 6.4.3.8.2.1 Espinazo (Se)

Subunidad geomorfológica que se presenta como una sierra simétrica elongada de cresta aguda a veces redondeadas, con morfología colinada o alomada, definida por la intercalación de los estrados de unidades de diferente resistencia que están dispuestos en la ladera estructural con patrones de escalonado de lajas triangulares generados por la escorrentía, los flacos son asimétricos dado que el más alargado corresponde con laderas estructurares (1.000 m) y el flanco de menor extensión corresponde con contrapendientes estructurales (500 m), el índice de relieve relativo no supera los 300 m. Sobre la unidad se cartografiaron movimientos en masa de tipo de caída de tierras.

*Figura 36. Espinazo (Se), sobre modelo de pendientes.*

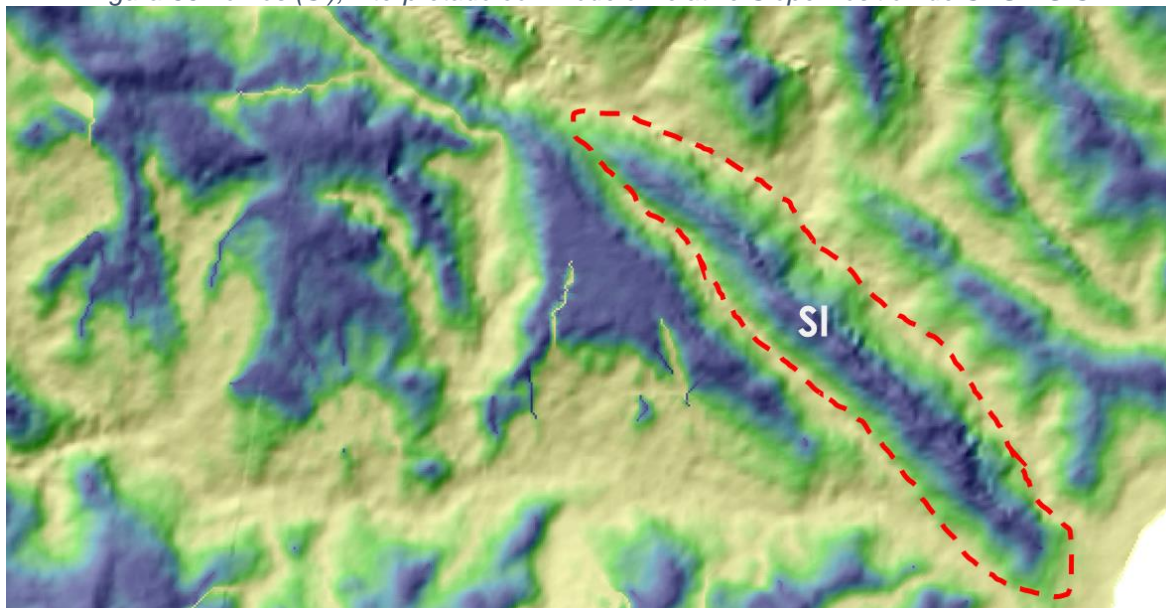


*Fuente: Elaboración propia.*

##### 6.4.3.8.2.2 Lomos (Sl)

Prominencias topográficas cuyo origen está relacionado con la acción conjunta de procesos tectónicos moderados a intensos producidos por la acción de las fallas El Restrepo, Río Grande, Manzanares, Palermo y San Pablo, a su vez con periodos de meteorización y denudación en rocas Cretácicas. Se caracteriza por ser una prominencia con índice de relieve bajo hasta 300 m, cimas alargadas, esta unidad sigue la tendencia estructural regional, y está compuesta por laderas cortas con valores entre 250 y 1.000 m, de forma cóncava a recta y pendientes que oscilan entre los 11° a los 30°.

*Figura 36 Lomos (SI), interpretado con modelo Relative Slope Position de SAGA GIS.*

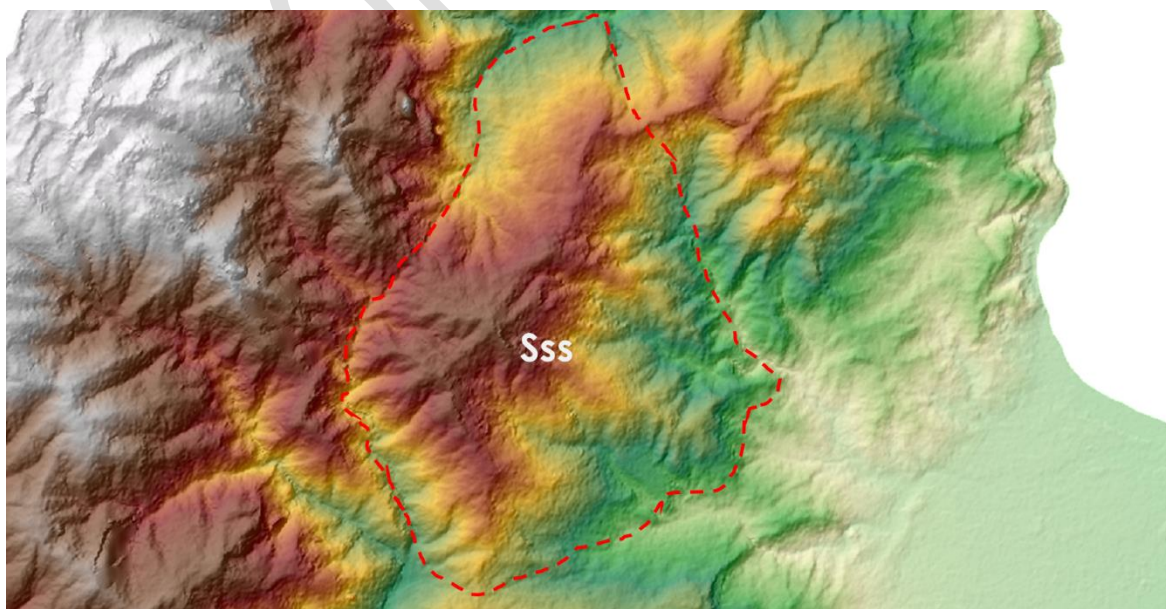


*Fuente: Elaboración propia.*

#### 6.4.3.8.2.3 Sierra sinclinal (Sss)

Prominencia topográfica de morfología montañosa, y relieve relativo moderado, de pendiente escarpada de 16° a 35°, se identifica por su forma en artesa, a esta estructura la componen laderas de longitudes de hasta 3.500 m, se encuentra limitada por laderas de contrapendiente. La disposición actual obedece a procesos denudativos diferenciales que han desmantelado los flancos de la estructura invirtiendo el relieve original, y se asocia a las estructuras sinclinales San Juan y otros de tipo local. Sobre la unidad se cartografiaron movimientos en masa de tipo de caída.

*Figura 37. Sierra sinclinal (Sss), con interpretación de Modelo Digital de Elevación.*



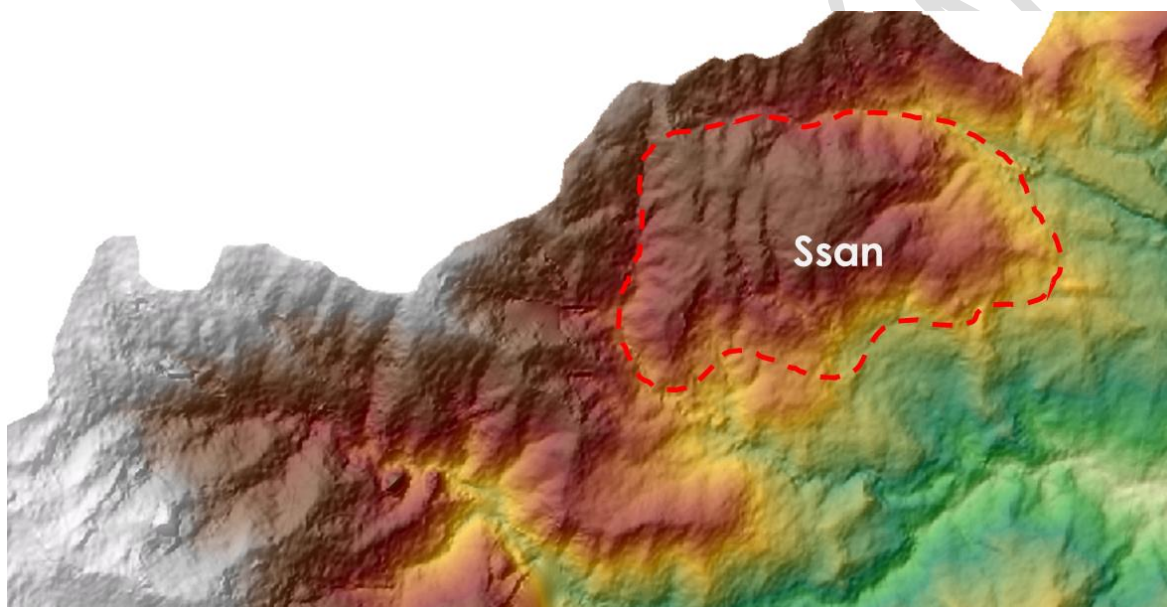
*Fuente: Elaboración propia.*



#### 6.4.3.8.2.4 Sierra anticlinal (Ssan)

Subunidad geomorfológica que se presenta como prominencias topográficas elongadas de morfología montañosa, de cimas redondeadas, de forma convexa y laderas de longitud larga a extremadamente larga superiores a los 1.500 m, con pendientes muy abruptas a escarpadas con rangos que oscilan entre los 30° y 40°, el patrón de drenaje característico es de subdendrítico a subparalelo. El eje de la estructura es formado por el arqueamiento de los estratos que se inclinan de manera divergente, cuyo origen está relacionado con actividad tectónica, procesos de fallamiento intenso, asociadas a las estructuras anticlinales El Brasil y otros del orden local.

*Figura 38. Sierra anticlinal (Ssan), con interpretación de Modelo Digital de Elevación.*



*Fuente: Elaboración propia.*

#### 6.4.3.8.2.5 Sierra homoclinal (Ssh)

Subunidad geomorfológica que se presenta como prominencias topográficas ligeramente simétricas y elongadas, de morfología montañosa y de cimas agudas. Está definida por una secuencia de estratos o capas apilados e inclinados ( $> 35^\circ$ ) en una misma dirección, con laderas de longitud larga a extremadamente larga con valores que superan los 3.000 m, con pendientes muy abruptas a escarpadas con rangos que oscilan entre los 20° y 40°, el patrón de drenaje característico es de subdendrítico a subparalelo. La génesis de esta unidad está relacionada con procesos tectónicos, se presentan procesos erosivos en alto grado, lo que contribuye al desarrollo de procesos de inestabilidad.

*Figura 39. Sierra homoclinal (Ssh), Vereda San Cristobal, municipio de Acacías.*



*Fuente: Google Earth 2020.*

#### 6.4.3.8.2.6 Sierra (Ss)

subunidades geomorfológicas que se presentan como prominencias topográficas de morfología montañosa, de laderas largas a extremadamente largas con valores entre 800 y 5.000 m, de forma cóncava, de pendientes muy inclinadas a escarpadas que oscilan entre los 15° y 40°. Su origen está relacionado a procesos de fallamiento intenso asociado a las fallas de Río Grande, Colorada, El Tabor, Manzanares, Colepato y El Buque, entre otras del orden local, con patrón de drenaje subdendrítico. Debido a la ausencia de datos estructurales no permite establecer una asociación con alguna estructura.

*Figura 40. Sierra (Ss), Vereda Bosque de los Guayupes, municipio de Acacías.*



*Fuente: Google Earth 2020.*



#### 6.4.3.8.2.7 Sierra y lomos de presión (Sslp)

Prominencia topográfica alomada a elongada, localmente curva, asociada a zonas compresivas. Su origen es relacionado al truncamiento y desplazamiento vertical o lateral por procesos de fallamiento intenso de las fallas Río Grande, Manzanares, El Trueno y otras de tipo regional. Sobre la unidad se cartografiaron movimientos en masa de tipo de caída y flujos.

*Figura 41. Sierra y lomos de presión (Sslp), interpretado con modelo Longitudinal Curvature de SAGA GIS.*



*Fuente: Elaboración propia.*

#### 6.4.3.8.2.8 Ladera estructural de sierra sinclinal (Sssle)

Subunidad geomorfológica que se presenta como superficies definidas por estratos inclinados a favor de la pendiente del terreno, de longitud corta a extremadamente larga entre los 700 m y 2.000 m, forma cóncava y pendientes inclinadas a muy abruptas con rangos que oscilan entre los 10° y 25°, con un patrón de drenaje subdendrítico a subparalelo, relacionada al flanco de los sinclinales de Servita, El Arenal y otras de tipo local.

*Figura 42. Ladera estructural de sierra sinclinal (Sssle) y de contrapendiente (Ssslc). Vereda Bosque de los Guayupes, municipio de Acacías.*



*Fuente: Google Earth 2020.*

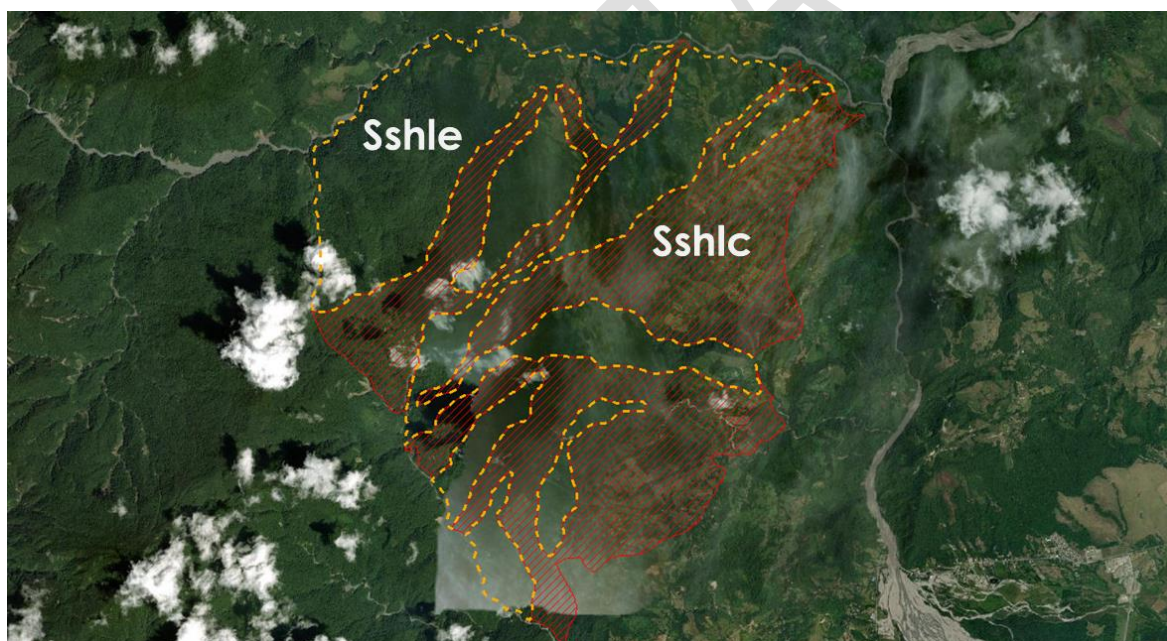
#### 6.4.3.8.2.9 Ladera de contrapendiente de sierra sinclinal (Ssslc)

Subunidad geomorfológica que se presenta como una superficie inclinada, generalmente de longitud moderada a larga (hasta 1.500 metros aproximadamente), de forma recta a irregular, con índice de inclinación escarpado, la principal característica de esta geoforma es que los estratos están dispuestos en sentido contrario a la inclinación del terreno, estas geoformas se desarrollan sobre uno de los flancos de una estructura sinclinal, en este caso al sinclinal El Arenal y otros de tipo local.

#### 6.4.3.8.2.10 Ladera estructural de sierra homoclinal (Sshle)

Subunidad geomorfológica que se presenta como una superficie inclinada, generalmente denudada, definida por la inclinación de los estratos en favor de la pendiente del terreno, de longitud muy larga de hasta 3.000 m, de formas convexa a recta y con pendientes muy inclinadas a escarpadas, con rangos que oscilan entre los 15° y 30°, el patrón de drenaje característico es de subdendrítico a subparalelo. Está constituida por rocas intermedias a duras, se asocian localmente con procesos denudacionales, cuyo origen está relacionado con actividad tectónica, procesos de fallamiento intenso, y meteorización intensa.

*Figura 43. Ladera estructural de sierra homoclinal (Sshle) y de contrapendiente (Ssslc). Vereda Vista Hermosa, municipio de Acacías.*



*Fuente: Google Earth 2020.*

#### 6.4.3.8.2.11 Ladera estructural de sierra homoclinal (Sshle)

Subunidad geomorfológica que se presenta como una superficie subvertical con índices de inclinación escarpados (39° en promedio) y de longitudes largas a muy largas (hasta 3.000 metros aproximadamente), las cuales tienen forma irregular. La característica principal de la geoforma es que la estratificación de las rocas se dispone en sentido contrario de la inclinación de terreno, el patrón de drenaje característico es de subdendrítico a subparalelo. Se constituye de una interestratificación de rocas duras e intermedias. Se observa disección intensa que, en conjunto con la actividad tectónica y meteorización intensa, origina movimientos en masa menores.



#### **6.4.3.8.3 Subunidades de origen glaciar (G)**

Las unidades del ambiente glaciar y periglacial fueron generadas por la acumulación y posterior desplazamiento de grandes masas de hielo, las cuales tallaron y erosionaron la roca remodelando el paisaje preexistente, generando grandes cantidades de sedimentos que fueron transportados o acumulados en las laderas adyacentes.

Sobre el área de estudio el ambiente glaciar y periglacial tiene su incidencia hacia la parte occidental del municipio, sobre las zonas de mayor altura del municipio que justamente hacen parte del Parque Nacional Natural de Sumapaz, donde se alcanzan alturas de hasta 3.800 m.s.n.m. Las unidades geomorfológicas más representativas de este ambiente son:

##### **6.4.3.8.3.1 Cico glaciar (Gc)**

Subunidad geomorfológica que se presenta en forma de concavidad semicircular de longitud corta, escarpada, relacionada a depresiones someras formadas por socavación debido al movimiento de masas de hielo, presenta pendientes muy abruptas a muy escarpadas con rangos que oscilan entre los 23° y 40°. Se pueden formar por retro excavación rotacional de la masa de hielo, o por procesos de congelamiento y deshielo de la masa rocosa que produce depresiones por despegue y extracción de partículas (plucking), acumuladas luego ladera abajo por procesos de gelifracción.

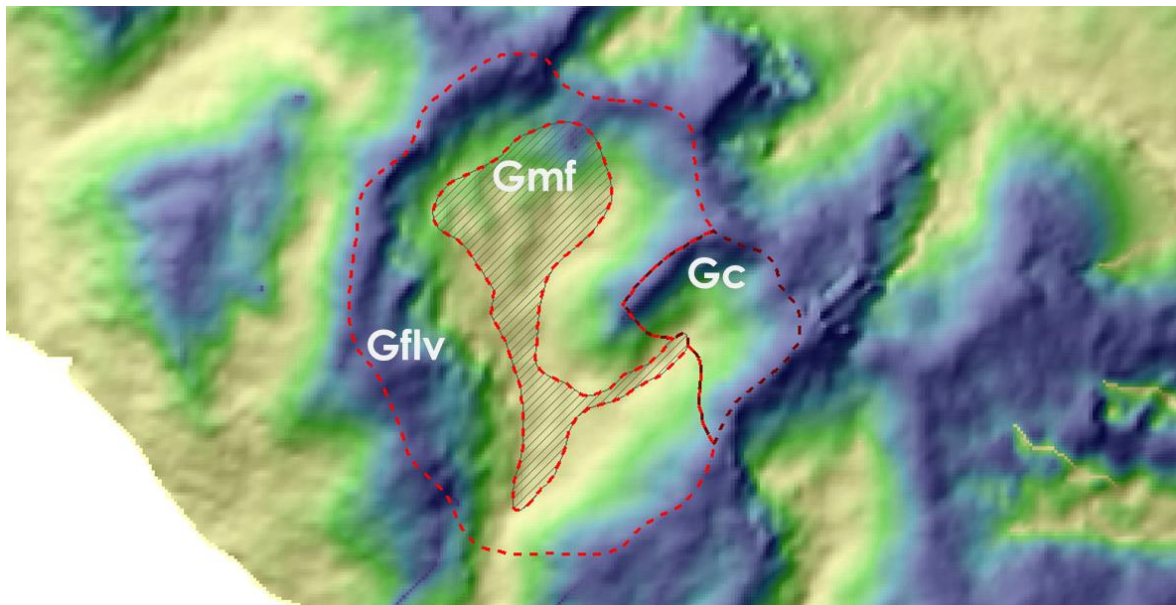
##### **6.4.3.8.3.2 Flancos de valle glaciar (Gflv)**

Subunidad geomorfológica que se presenta en forma de laderas cóncavas, con longitudes cortas a largas entre 200 y 800 m, de pendientes abruptas a escarpadas a escarpadas con rangos que oscilan entre los 20° y 45°, en ocasiones subverticales, que están limitados por cimas agudas. Se originaron por procesos laterales de exaración y por presiones ejercidas por las masas de hielo lateral sobre los flancos del valle inicial en donde localmente los valles tributarios (valles colgantes) muestran el piso o fondo más alto que el valle principal que lo trunca en la confluencia.

##### **6.4.3.8.3.3 Morrena de fondo (Gmf)**

Subunidad geomorfológica que se presenta como montículos de morfología alomada, que se localizan al fondo de los valles glaciares, están constituidas por fragmentos de rocas angulares dispuestos de forma caótica en una matriz arcillosa o arenosa muy compactada: Se origina por deposición de grandes masas de sedimentos por producto del transporte de masa de hielo.

Figura 44. Circo glaciar (Gc), flancos de valle glaciar (Gflv) y morrena de fondo (Gmf), interpretado con modelo Relative Slope Position de SAGA GIS.

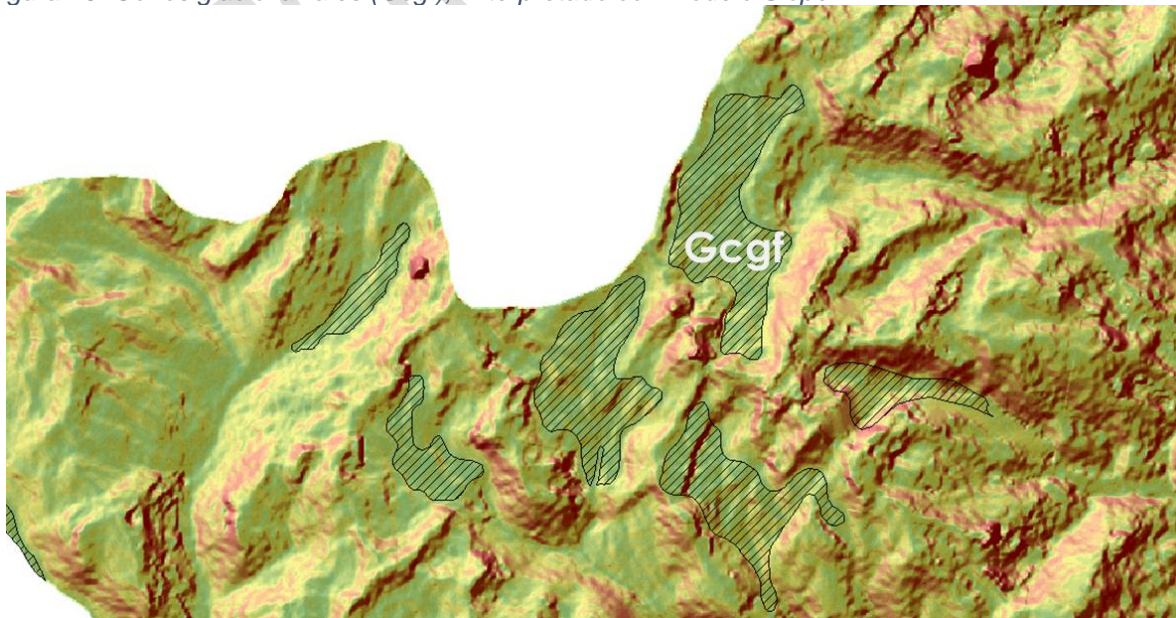


Fuente: Elaboración propia.

#### 6.4.3.8.3.4 Conos glaciofluviales (Gcgf)

Subunidad geomorfológica que se presenta en formas de conos de longitud larga de 700 metros aproximadamente, de laderas rectas a convexas e inclinadas, constituidas por bloques angulares de varios metros de arista, presenta pendientes suavemente inclinadas a abruptas cuyos rangos oscilan entre los 5° y 20°. Su origen está asociado al depósito de materiales acarreados de manera torrencial por corrientes de deshielo, en la parte más distal de una masa glacial.

Figura 45. Conos glaciofluviales (Gcgf), interpretado con modelo Slope.



Fuente: Elaboración propia.

#### 6.4.3.8.3.5 Ladera de contrapendiente de sierra homoclinal glaciada (Gshlc)

Subunidad geomorfológica que se presenta en forma de laderas que están definida por estratos en contra de la pendiente, de longitud moderada a muy larga de hasta 2.000 m, de morfología irregular o escalonada con pendientes abruptas a muy escarpadas con rangos de 31° a 45°. Se origina por procesos de erosión glacial, afectando a las laderas en dirección perpendicular al buzamiento de los estratos.

#### 6.4.3.8.3.6 Ladera estructural de sierra homoclinal glaciada (Gshle)

Laderas bien definidas, que se disponen con la misma dirección de inclinación de la pendiente del terreno, con pendientes abruptas a escarpadas con rangos que oscilan entre los 30° y 45°, de longitud moderada a muy larga de hasta 2.000 m, de forma cóncavo-convexa y superficies aborregadas. La ladera ha sufrido procesos erosivos por acción del hielo, el patrón de drenaje predominante es de subdendrítico a subparalelo.

*Figura 46. Ladera estructural de sierra homoclinal glaciada (Gshle) y de contrapendiente (Gshlc), interpretado con modelo Longitudinal Curvature de SAGA GIS.*



*Fuente: Elaboración propia.*

#### 6.4.3.8.3.7 Ladera contrapendiente sierra anticlinal glaciada (Gsalc)

Subunidad geomorfológica se presenta en forma de laderas que están definidas por estratos en contra de la pendiente, de longitud moderada a muy larga de hasta 1.200 m, de morfología cóncava a convexa con pendientes escarpadas a muy escarpadas asociadas a depresiones de nivelación y circos glaciares, pueden presentar crestas agudas, circos glaciares y valles glaciares de forma transversal lo que da una apariencia irregular en perfil. Su origen se asocia a procesos tectónicos y al desmantelamiento por erosión glacial y periglacial dejando localmente depresiones de exaración.

#### 6.4.3.8.3.8 Ladera contrapendiente sierra sinclinal glaciada (Gsslc)

Subunidad geomorfológica que se presenta como laderas cortas de hasta 700 m, en donde sus los estratos se encuentran dispuestos en sentido opuesto al de la pendiente, con forma irregular y



escalonada presentando pendiente abrupta a escarpada que varían entre los 30° y 40°, con drenaje subparalelo. Se originan por desmantelamiento por erosión glacial y periglacial.

#### 6.4.3.8.3.9 Ladera estructural sierra sinclinal glaciada (Gssle)

Superficie inclinada en la misma dirección de la inclinación de los estratos de las formaciones geológicas que las componen, estas laderas son de forma cóncava, de longitud moderada de hasta 800 m y presenta pendientes muy inclinadas a abruptas con rangos que oscilan entre los 15 y 30°, el patrón de drenaje predominante es subdendrítico. Su origen se asocia a procesos tectónicos y al desmantelamiento por erosión glacial y periglacial. La ladera ha sufrido procesos erosivos por acción del hielo.

*Figura 47. Ladera estructural de sierra sinclinal glaciada (Gssle) y de contrapendiente (Gsslc), interpretado con modelo Slope.*



*Fuente: Elaboración propia.*

#### 6.4.3.8.3.10 Sierra glaciada (Gsg)

Subunidad geomorfológica que se presenta como prominencias topográficas de morfología montañosa y elongada de laderas largas a extremadamente largas de hasta 6.000 m, cóncavas a convexas con pendientes muy inclinadas a abruptas de 16° a 40°. Su origen se relaciona a procesos de erosión acentuada en sustratos rocosos metamórficos que han sido afectados por procesos glaciares y periglaciares.

#### 6.4.3.8.3.11 Sierra homoclinal glaciada (Gshg)

Subunidad geomorfológica que se presenta como sierras simétricas elongadas de morfología montañosa, de cimas agudas, formada por una secuencia de estratos apilados e inclinados en una misma dirección, que se originan por efecto de replegamiento intenso y fallamiento que son afectados posteriormente por procesos glaciares.

Figura 48. Sierra glaciada (Gsg) y Sierra homoclinal glaciada (Gshg), interpretado con modelo Longitudinal Curvature de SAGA GIS.



Fuente: Elaboración propia.

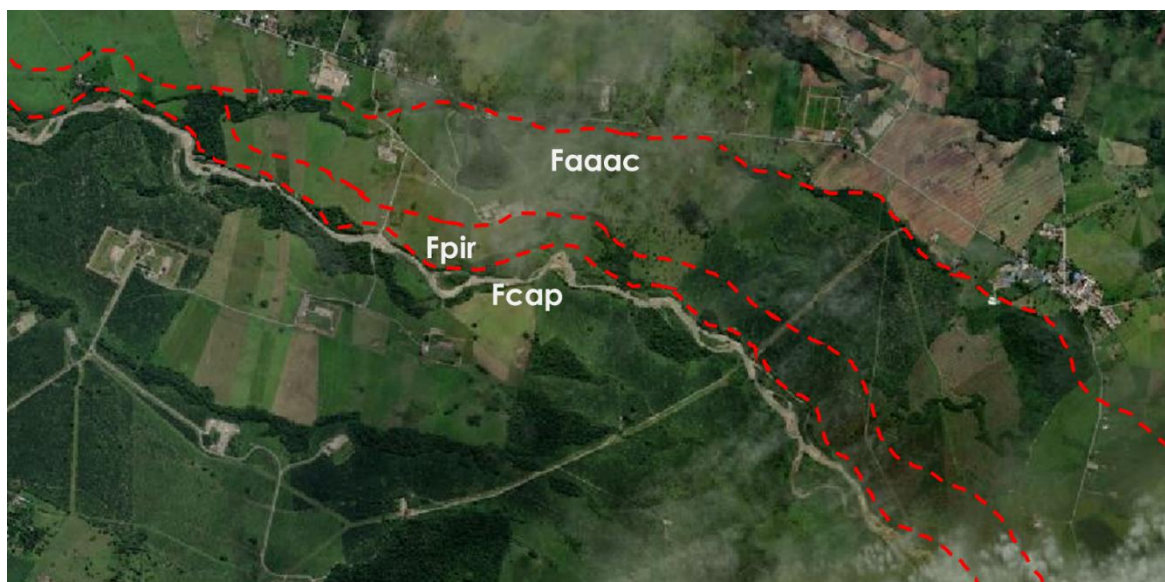
#### 6.4.3.8.4 Subunidades de origen fluvial (F)

Las geoformas de origen fluvial, son el producto de la intensa erosión y depositación por acción de las corrientes y quebradas dentro del municipio de Acacias, las cuales han modelado una estrecha planicie de inundación, debido al control litológico y valles en V, típicas de la morfología de la cordillera oriental.

#### 6.4.3.8.5 Abanico aluvial actual (Faaac)

Subunidad geomorfológica que se presenta en forma de cono con laderas cóncavas de morfología plana a aterrazada, su tamaño puede alcanzar varios kilómetros de largo y ancho. Se originan por acumulación torrencial del río Orotoy.

Figura 49. Abanico aluvial actual (Faaac), plano de inundación reciente (Fpir), cauce aluvial permanente (Fcap). Vereda Montebello y San Isidro de Chichimine, municipio de Acacías.

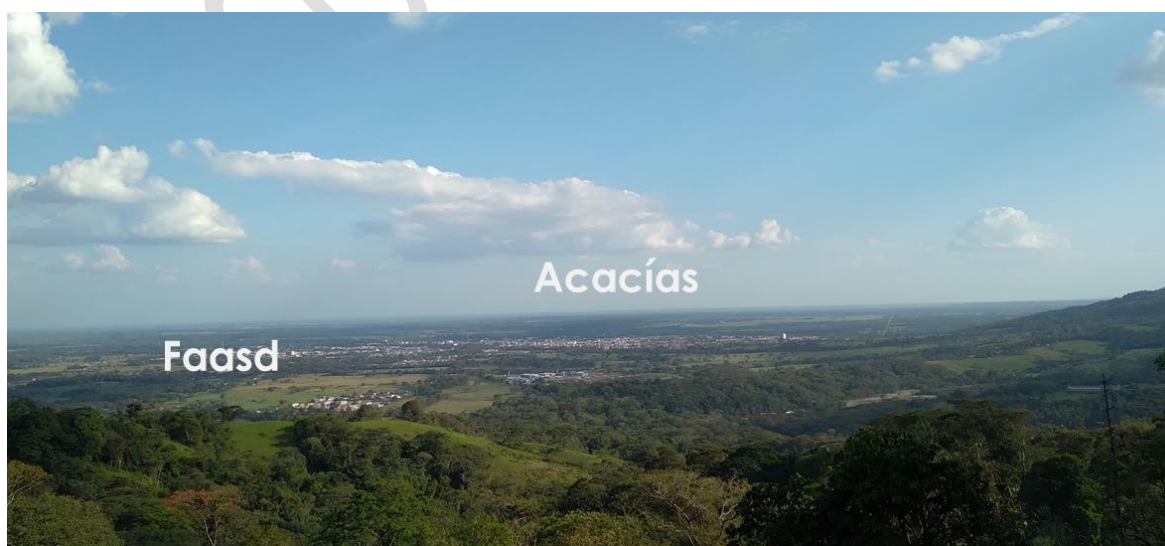


Fuente: Google Earth 2020.

#### 6.4.3.8.5.1 Abanico aluvial sub-reciente disectado (Faasd)

Subunidad geomorfológica que se presenta en forma de cono, con laderas cóncavas de morfología plana a aterrazada, su tamaño puede alcanzar varios kilómetros de largo y ancho. Se originan por acumulación torrencial y fluvial del río Guamal y las quebradas Las Blancas y Sardinata en forma radial donde estas corrientes desembocan en una zona plana, esta unidad se aplica para abanicos de edad relativa intermedia.

Figura 50. Azimut 130°. Abanico aluvial sub-reciente disectado (Faasd), sobre el cual se encuentra asentado el casco urbano del Municipio de Acacías. Coordenadas E: 1031310 m, N: 938067 m.



Fuente: Elaboración propia.



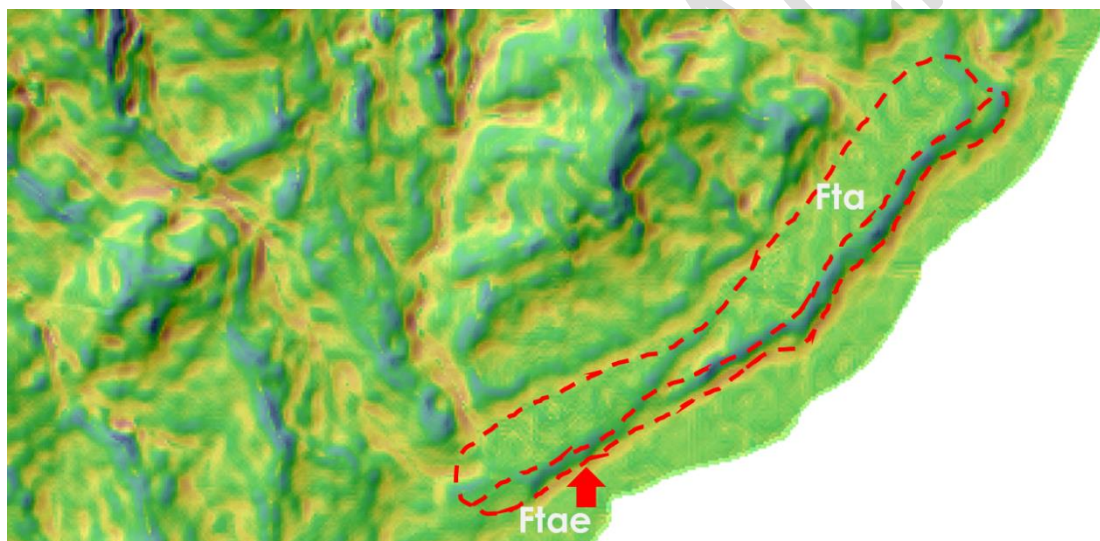
#### 6.4.3.8.5.2 Escarpe de terraza de acumulación (Ftae)

Subunidad geomorfológica que se presenta en forma de plano subvertical escalonado, socavado en sedimentos aluviales que bordean las terrazas de acumulación. Su origen es relacionado a la incisión y profundización de los ríos Acacías, Guayuriba, sobre sedimentos aluviales depositados por los mismos drenajes al desbordarse.

#### 6.4.3.8.5.3 Terraza de acumulación (Fta)

Unidad geomorfológica que presenta una morfología aterrazada, con pendientes planas a levemente inclinadas, con rangos que oscilan entre los 5° y 10°, es limitada por escarpes de diferentes alturas a lo largo de los ríos Guamal, Grande, Acacías y Guayuriba y las quebradas Sardinata y Perdices. Se originan como producto de acumulación de sedimentos transportados de forma fluvial que posteriormente sufrieron disección, erosión hídrica y profundización vertical del drenaje como consecuencia del cambio en el nivel de erosión de base local.

*Figura 51 Terraza de acumulación (Fta) y Escarpe de terraza de acumulación (Ftae), interpretado con modelo Longitudinal Curvature de SAGA GIS.*



*Fuente: Elaboración propia.*

#### 6.4.3.8.5.4 Escarpe de terraza basculada (Ftbe)

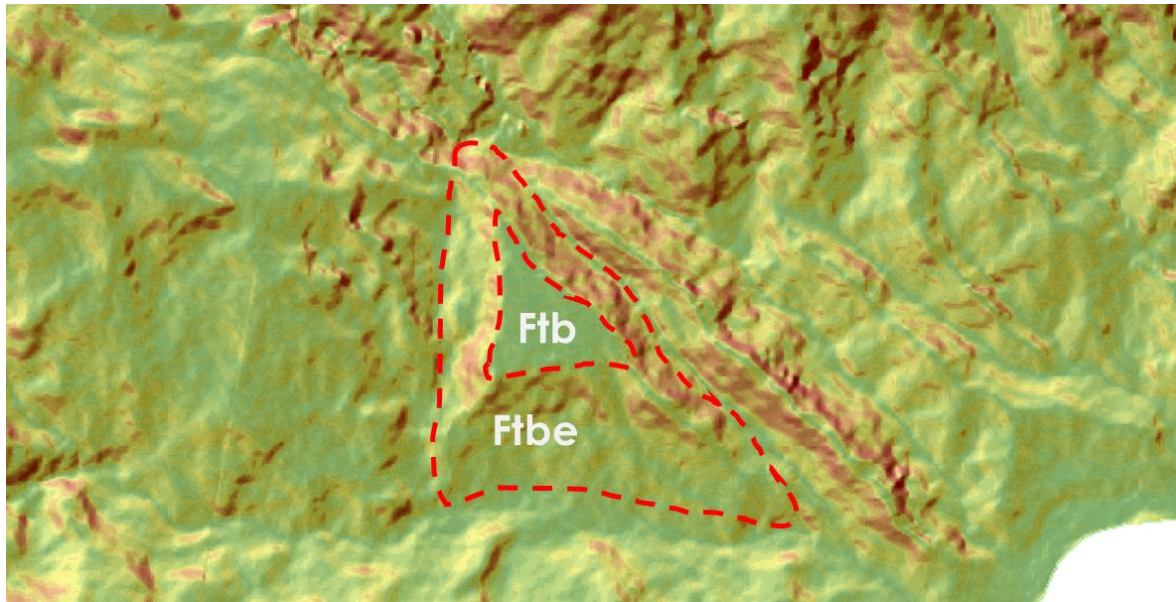
Subunidad geomorfológica que se presenta en forma de plano subvertical, de longitudes cortas hasta de 1.000 m y escalonadas, que bordean las terrazas de acumulación basculadas, la altura de los escarpes varía entre 250 y 500 m. Su origen está relacionado a la incisión y profundización de los ríos Manzanares, Guayuriba, Guatiquía y la quebrada Las Blancas (figura 32). Sobre la unidad se cartografiaron movimientos en masa de tipo flujo de detritos.

#### 6.4.3.8.5.5 Terraza basculada (Ftb)

Unidad geomorfológica que se presenta como una superficie plana a ligeramente inclinada que quedan como remanente de terrazas de origen erosional basculadas o plegadas, presentan morfología suavemente ondulada, con inclinaciones entre 5° a 10° en las partes altas, están limitadas por escarpes

de altura variada. Su origen está relacionado con los procesos de levantamiento y plegamiento tectónico que afectan el sustrato rocoso o depósitos aluviales recientes. Sobre la unidad se cartografiaron movimientos en masa de tipo flujo de detritos.

*Figura 52. Terraza basculada (Ftb) y escarpe de terraza basculada (Ftbe), interpretado con modelo Slope. Vereda Manzanares, municipio de Acacías.*



*Fuente: Elaboración propia.*

#### 6.4.3.8.5.6 Barra de arena puntual inundable (Fbpi)

Cuerpo en media luna, en superficie de morfología suave ondulada, dispuesto en las curvas de los cauces fluviales mayores, fácilmente inundables y erosionables, por la misma acción del río, lo cual las hace geoformas inestables en el tiempo. Esta geoforma se reconoce adyacente a los ríos Guayuriba y Acacías.

#### 6.4.3.8.5.7 Barra de arena longitudinal intermitente (Fbli)

Cuerpo elongado, en forma romboidal convexo en planta y, en superficie de morfología suave ondulada, dispuesto paralelo al centro del cauce del río Guayuriba, con la punta más aguda en la dirección de la corriente, y es intermitente debido a su fácil erosión y cambio de morfología, reconocido en análisis multitemporal de imágenes satelitales.

#### 6.4.3.8.5.8 Barra de arena tipo isla (Fbai)

Superficie o conjunto de barras unitarias que pueden alcanzar decenas a cientos de metros lateralmente. El espesor máximo es determinado por la profundidad del cauce. Su origen es relacionado al amalgamamiento de varias barras, como resultado de múltiples eventos de erosión y sedimentación y/o por la reocupación de canales y cauces abandonados.

#### 6.4.3.8.5.9 Plano o llanura de inundación subreciente (Fpis)

Unidad geomorfológica que se presenta como una superficie de morfología plana a ondulada, que representa áreas eventualmente inundables. Se localiza bordeando los cauces fluviales, en este caso asociado al río Guayuriba, presenta pendientes planas a suavemente inclinadas, con rangos que oscilan entre los 0° y 5°. Se originan por el producto de la sedimentación durante eventos torrenciales e inundación fluvial.

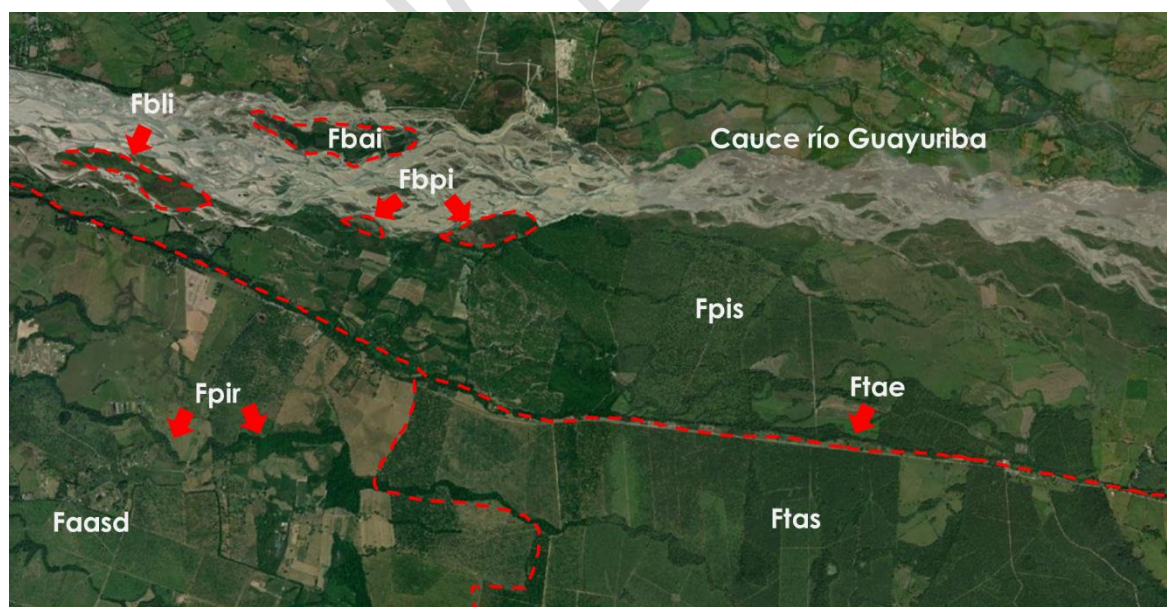
#### 6.4.3.8.5.10 Plano de inundación reciente (Fpir)

Superficie de morfología plana, baja a ondulada, eventualmente inundable. Se localiza bordeando los cauces fluviales, donde es limitado localmente por escarpes de terraza. Incluye los planos fluviales menores en formas de “U” o “V”, al igual que a los conos coluviales menores de los flancos de los valles intramontanos. En regiones montañosas, donde las corrientes fluviales tienden a unirse con sus tributarios para formar el cauce principal, en red de drenaje de tipo subparalelo de mediana densidad, se presentan como superficies estrechas, alargadas y profundas. Esta geoforma está desarrollada en el municipio de Acacías a lo largo de los ríos y drenajes.

#### 6.4.3.8.5.11 Terraza de acumulación subreciente (Ftas)

Superficie elongada, plana a suavemente ondulada, modelada sobre sedimentos aluviales, limitada por escarpes de diferente altura. Su origen es relacionado a procesos de erosión y acumulación aluvial, dentro de antiguas llanuras de inundación.

*Figura 53. Barra de arena puntual inundable (Fpi), barra de arena tipo isla (Fbai), barra longitudinal intermitente (Fbli), terraza de acumulación subreciente (Ftas), plano de inundación reciente (Fpir), y plano de inundación subreciente (Fpis). Vereda La Loma, municipio de Acacías.*



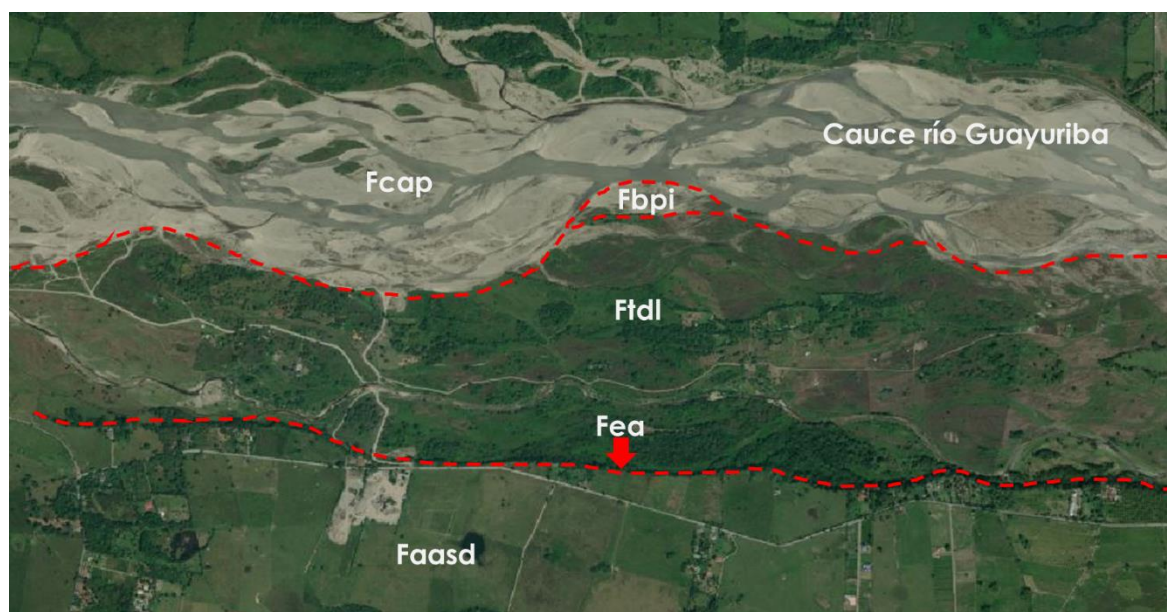
*Fuente: Google Earth 2020.*



#### 6.4.3.8.5.12 Terraza de divagación lateral (Ftdl)

Terraza aluvial producto de la deposición de sedimentos y migración lateral del cauce principal, esta geoforma se encuentra adyacente a los ríos principales, y conforma una zona potencialmente inundable y fácilmente erosionable en donde el cauce migra constantemente.

*Figura 54 Terraza de divagación lateral (Ftdl), abanico aluvial subreciente disectado (Faasd), barra puntual inundable (Fbpi), cauce aluvial permanente (Fcap), y escarpe de abanico (Fea). Vereda El Rosario y Las Margaritas, municipio de Acacías.*



*Fuente: Google Earth 2020.*

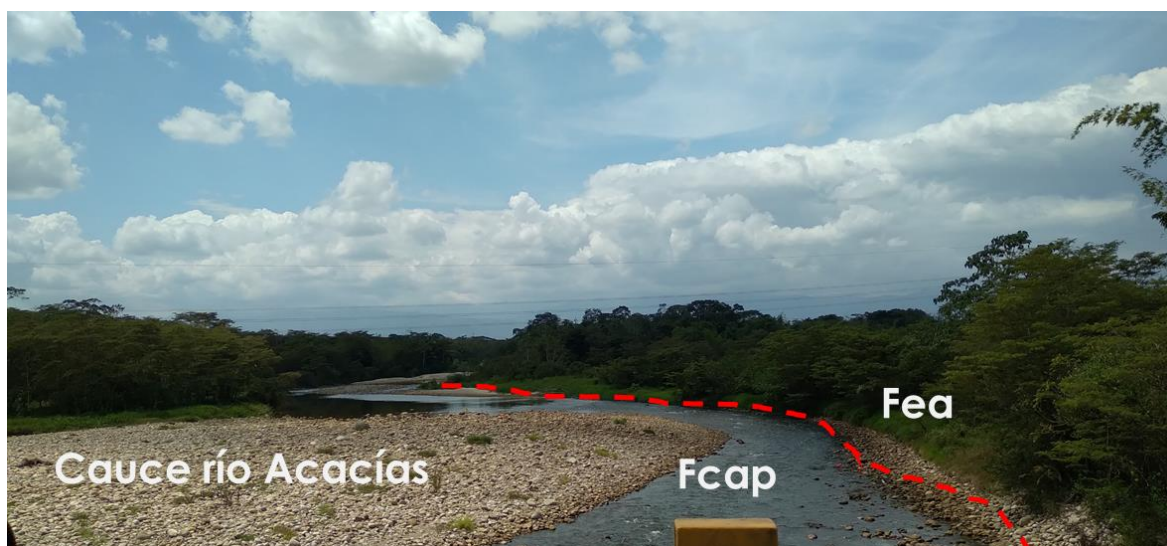
#### 6.4.3.8.5.13 Escarpe de abanico fluvial (Fea)

Subunidad geomorfológica que se presenta como un plano subvertical de longitud muy corta de forma cóncava o convexa que se localiza en los bordes de los abanicos, pueden alcanzar varios metros a medida que se va acercando al ápice del abanico. Su origen es relacionado a procesos de incisión del río Acacías y drenajes menores sobre depósitos aluviales.

#### 6.4.3.8.5.14 Cauce aluvial permanente (Fcap)

Canal de forma irregular excavado por erosión de las corrientes perennes o estacionales, dentro de macizos rocosos y/o sedimentos aluviales. Los cauces rectos, generalmente están relacionados al control estructural de fallas o diaclasas, los meándricos y trenzados a planicies aluviales fácilmente erosionables en donde los cauces divagan e inundan.

*Figura 55. Azimut 80°. Cauce aluvial permanente (Fcap) y escarpe de abanico (Fea), cauce del río Acacías, Municipio de Acacías. Coordenadas E: 1046064 m, N: 929075 m.*

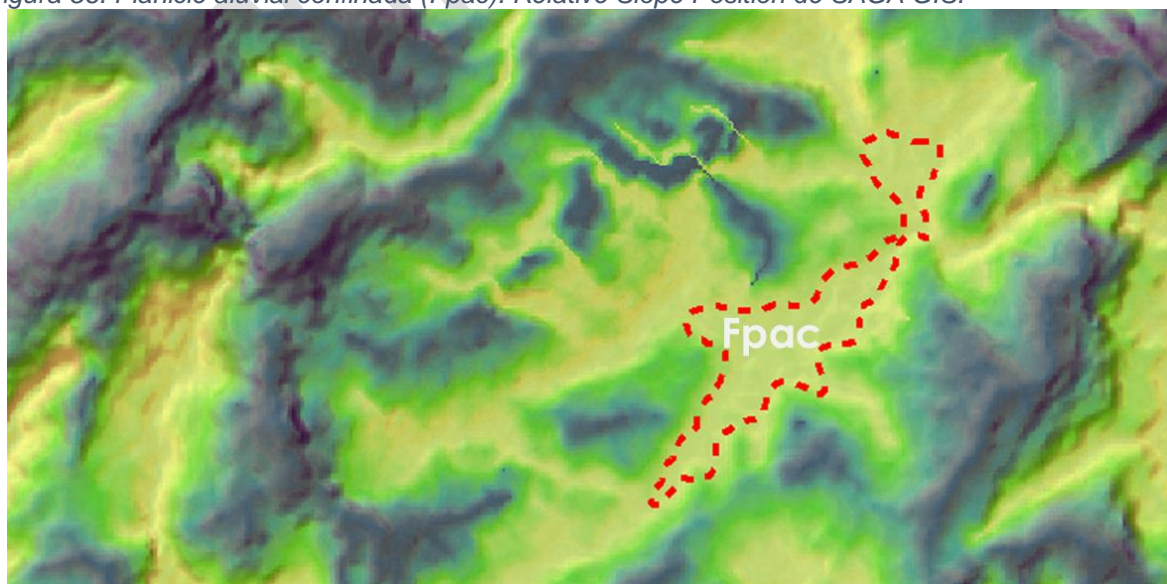


*Fuente: Elaboración propia.*

#### 6.4.3.8.5.15 Planicie aluvial confinada (Fpac)

Subunidad geomorfológica que se presenta como una franja, de relieve plano y con índice de relieve bajo con pendientes menores a 5°, se forman donde un cauce aluvial se amplía y luego se estrecha formando valles en “V” cerrados a veces con fondo plano, limitado por unidades de morfología montañosa y escarpada, que bordean los cauces de los ríos en los cuales se observa el estrangulamiento o estrechamiento de los mismos.

*Figura 56. Planicie aluvial confinada (Fpac). Relative Slope Position de SAGA GIS.*



*Fuente: Elaboración propia*

*Figura 57. Mapa de Subunidades Geomorfológicas del municipio de Acacías.*

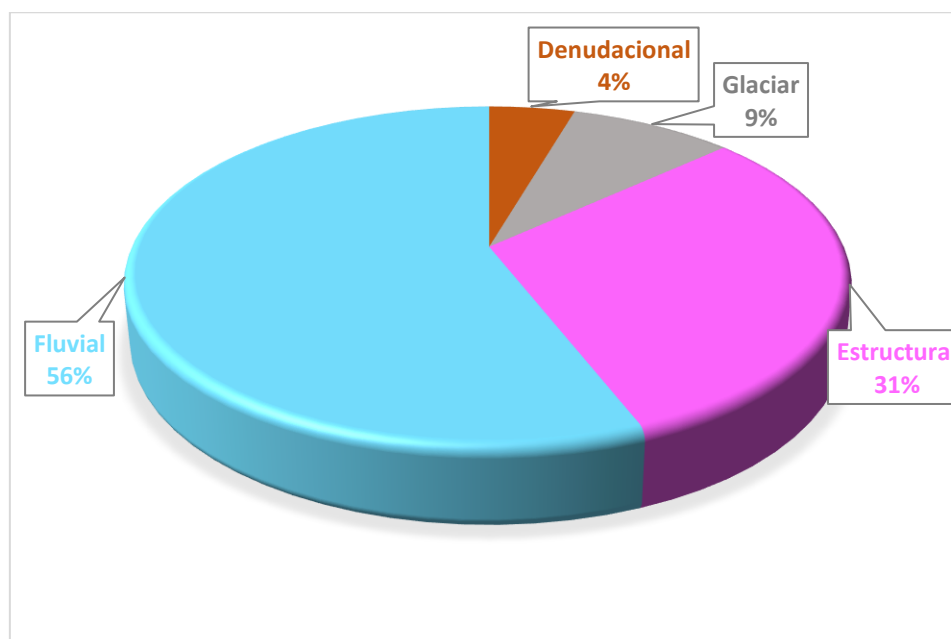




A continuación, se determina la disposición de los materiales presentes en el municipio de Acacías y su expresión geomorfológica mediante un perfil:

El municipio de Acacías se encuentra ubicado entre las geomorfoestructuras de Orogénico Andino y Planicies Intracratónicas, y entre las Provincias Geomorfológicas de La Cordillera Oriental y Peneplanicies de la Orinoquia, en donde predominan los ambientes fluviales y estructurales con algunos procesos denudacionales presentes sobre sus laderas.

Figura 58. Porcentaje de ocupación por ambiente geomorfológico.



Fuente: Elaboración propia.

Las geoformas de mayor porcentaje de ocupación dentro del municipio de Acacías son: Terraza de acumulación subreciente (22.6%), Abanico aluvial sub-reciente disectado (13.1%), Sierra (7.7%), Sierra sinclinal (6.0%), y Sierra homoclinal (5.5%). A continuación, se detallan los porcentajes de ocupación de las subunidades en el municipio.

Tabla 12 Porcentaje de ocupación en el municipio de Acacías, por geoformas.

SUBUNIDAD	SÍMBOLO	AREA (Ha)	AREA (%)
Cantera	Ac	4.23	0.004%
Cima	Dc	73.66	0.066%
Cono y lóbulo coluvial y de solifluxión	Dco	2007.18	1.787%
Cono de deslizamiento indiferenciado	Ddi	99.78	0.089%
Cerro remanente o relicto	Dcrem	74.60	0.066%
Escarpe de erosión mayor	Deem	101.78	0.091%
Lomo denudado bajo de longitud larga	DIdebl	454.26	0.404%
Lomo denudado moderado de longitud larga	DIdeml	520.00	0.463%
Ladera ondulada	Dlo	424.07	0.378%
Loma denudada	Dld	1000.07	0.890%
Loma residual	Dlor	329.64	0.293%

SUBUNIDAD	SÍMBOLO	AREA (Ha)	AREA (%)
Circo glacial y de nivación	Gc	29.51	0.026%
Conos glaciofluviales	Gcgf	612.14	0.545%
Flancos de valle Glaciar	Gflv	164.15	0.146%
Morrena de fondo	Gmf	47.17	0.042%
Sierra anticlinal glaciada	Gsag	299.55	0.267%
Ladera de contrapendiente sierra anticlinal glaciada	Gsalc	5.74	0.005%
Sierra glaciada	Gsg	5278.19	4.699%
Sierra homoclinal glaciada	Gshg	2096.18	1.866%
Ladera de contrapendiente de sierra homoclinal glaciada	Gshlc	449.50	0.400%
Ladera estructural de sierra homoclinal glaciada	Gshle	345.85	0.308%
Ladera de contrapendiente de sierra sinclinal glaciada	Gsslc	385.12	0.343%
Ladera estructural de sierra sinclinal glaciada	Gssle	57.12	0.051%
Espinazo	Se	884.01	0.787%
Lomos	Sl	472.41	0.421%
Ladera escalonada	Sles	548.88	0.489%
Sierra	Ss	8646.94	7.698%
Sierra anticlinal	Ssan	651.63	0.580%
Sierra homoclinal	Ssh	6163.39	5.487%
Sierra y lomo de presión	Sslp	3281.02	2.921%
Sierra sinclinal	Sss	6694.29	5.959%
Ladera de contrapendiente de sierra homoclinal	Sshlc	3179.91	2.831%
Ladera estructural de sierra homoclinal	Sshle	2438.78	2.171%
Ladera de contrapendiente de sierra sinclinal	Ssslc	902.27	0.803%
Ladera estructural de sierra sinclinal	Sssle	746.49	0.665%
Abanico aluvial actual	Faaac	1414.63	1.259%
Abanico aluvial sub-reciente disectado	Faasd	14744.40	13.126%
Barra tipo isla	Fbai	267.65	0.238%
Barra longitudinal intermitente	Fbli	51.34	0.046%
Barra puntual inundable	Fbpi	66.12	0.059%
Cauce aluvial permanente	Fcap	2955.78	2.631%
Escarpe de abanico fluvial	Fea	590.37	0.526%
Planicie aluvial confinada	Fpac	68.43	0.061%
Plano de inundación reciente	Fpir	10474.82	9.325%
Plano de inundación subreciente	Fpis	4725.72	4.207%
Terraza de acumulación	Fta	627.04	0.558%
Escarpe de terraza de acumulación	Ftae	411.77	0.367%
Terraza de acumulación subreciente	Ftas	25387.20	22.600%
Terraza basculada	Ftb	200.36	0.178%
Escarpe de terraza basculada	Ftbe	438.34	0.390%
Terraza de divagacion lateral	Ftdl	438.17	0.390%

Fuente: Elaboración propia.

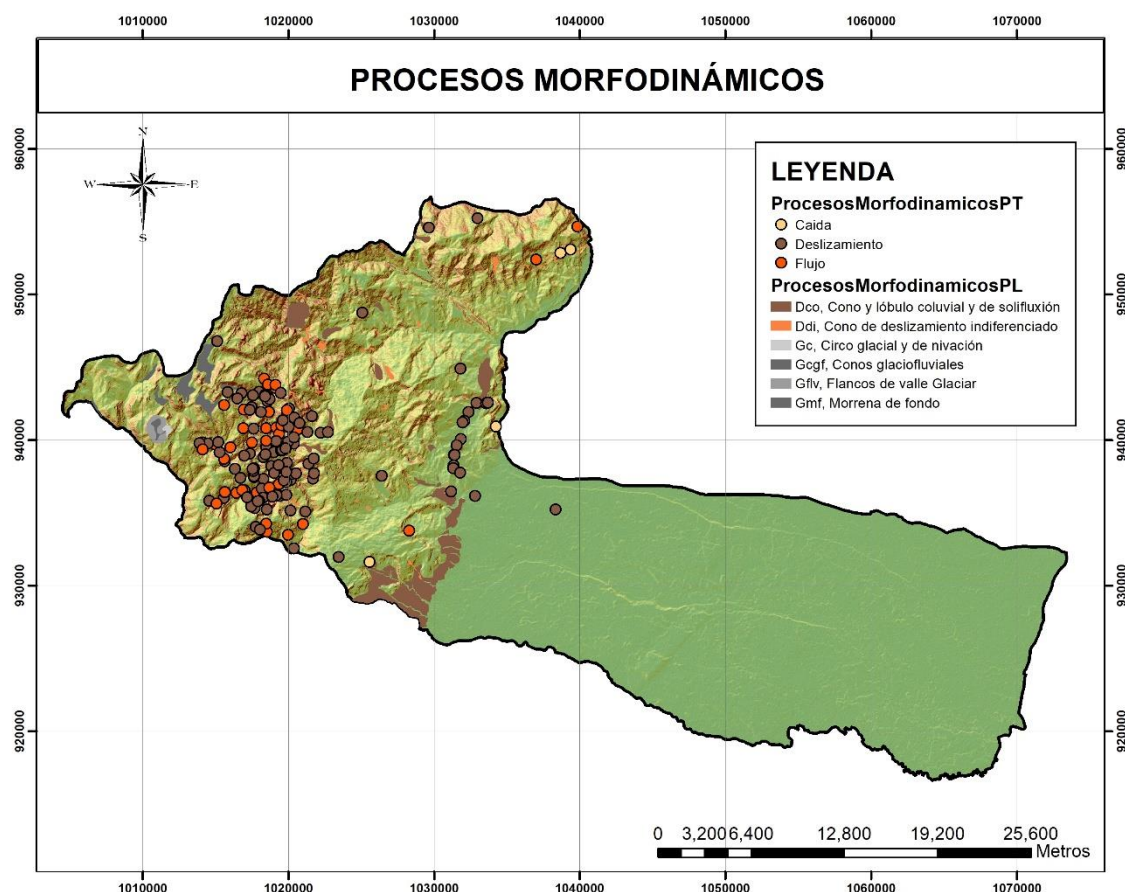
En el municipio de Acacías se cartografiaron 158 procesos morfodinámicos en formato de punto entre fuentes secundarias y visita de campo y 110 en formato de polígono, dentro de los cuales se destacan los deslizamientos, caídas, y flujos de lodo.

#### 6.4.3.9 Procesos morfodinámicos

La elaboración del inventario de procesos morfodinámicos debe permitir entender la ocurrencia de los movimientos en masa y sus características más importantes: fecha de ocurrencia, localización, forma, dimensiones, los factores que intervinieron o intervienen en su ocurrencia o su potencialidad de ocurrencia, el mecanismo que conduce a la falla del terreno, los factores detonantes, la dinámica del movimiento, la magnitud e intensidad.

En los recorridos de campo se recolectó información de los procesos morfodinámicos presentes en el municipio de Acacías, la mayoría de estos asociados a la intervención antrópica para vías y pastoreo, por pérdida de las condiciones naturales de las laderas y las barreras naturales. A continuación se presentan la cartografía de estos procesos en formato punto y polígono.

*Figura 59. Procesos morfodinámicos del municipio de Acacías.*



*Fuente: Elaboración propia.*

Dentro de los procesos morfodinámicos más comunes en el municipio de Acacías, se encuentran los deslizamientos, flujos, lóbulos coluviales, caída de rocas. Se determinó que 158 de estos procesos se encuentran localizados en formato de punto y 110 en formato de polígono.

#### 6.4.3.9.1 Lóbulos coluviales (Dco)

Estructura en forma de cono o lóbulo con morfología alomada baja. Su origen es relacionado a procesos de transporte y depositación de materiales sobre las laderas y por efecto de procesos hidrogravitacionales en suelos saturados y no saturados. Su depósito está constituido por bloques y fragmentos heterométricos de rocas preexistentes, embebidos en una matriz generalmente arcillosa a areno limo arcillosa. A continuación se muestra la foto interpretación de lóbulos coluviales al este del casco urbano del municipio de Acacías, al pie de laderas abruptas a escarpadas.

*Figura 60. Lóbulos coluviales (Dco), azimuth 300°. Vereda Alto Acacías. Municipio Acacías. Coordenadas E: 1029846 m, N: 929279 m.*



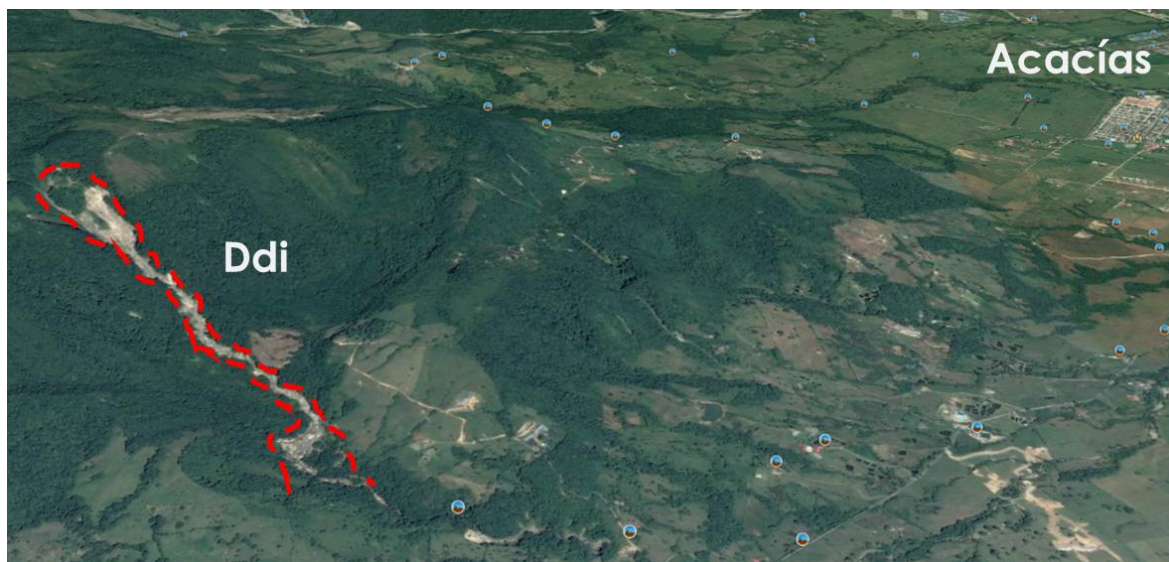
*Fuente: Elaboración propia.*

#### 6.4.3.9.2 Cono de deslizamiento indiferenciado (Ddi)

Estructura en forma de lóbulo o flujo alomado, localmente aterrazado, con longitud corta a muy larga, altamente disectado, que se presenta siguiendo las hondonadas y drenajes fluviales. Localmente presenta diques marginales que limitan el cauce. Su origen es relacionado al transporte de materiales producto de la saturación del suelo. Su depósito está constituido por bloques angulares diseminados en una matriz arcillo arenosa.



Figura 61. Cono de deslizamiento indiferenciado (Ddi), sobre laderas del municipio de Acacías.



Fuente: Google Earth 2020.



## **6.5 IDENTIFICACIÓN, CLASIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE FENOMENOS AMENAZANTES Y EVALUACIÓN DE LA AMENAZA**

A continuación, se desarrolla la caracterización de las condiciones de riesgo para los eventos principales que pueden llegar a afectar el municipio de Acacias (movimientos en masa, inundación, y avenidas torrenciales), considerando la información disponible y el trabajo en campo realizado. Los resultados permitirán zonificar y caracterizar el riesgo al que podrían estar expuestos los habitantes, la infraestructura vital dentro del municipio.

### **6.5.1 Movimientos en Masa**

Se entiende por movimiento en masa el deslizamiento hacia el exterior y en sentido descendiente del material que constituye una ladera. Esta clase de eventos, por lo general, se presentan en zonas con relieves pronunciados, controlados fundamentalmente por la acción de la gravedad (Cruden, 1991).

La estabilidad de las laderas está regida por una serie de factores topográficos, geológicos, ambientales y antrópicos que inciden en la probabilidad de que los materiales que componen la ladera se muevan. El paulatino crecimiento durante los últimos años de la ocupación y el desarrollo de actividades económicas en zonas catalogadas como potencialmente inestables, ha llamado la atención de las autoridades nacionales y departamentales. En virtud de lo anterior, y considerando además los recientes acontecimientos naturales, los cuales han dejado gran cantidad de damnificados y multitudinarias pérdidas económicas, generaron como resultado la adopción de la política nacional de gestión del riesgo de desastres, y el establecimiento del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (Ley 1523 de 2012).

#### **6.5.1.5 Marco Teórico**

De acuerdo con el decreto 1807 del 19 de septiembre de 2014 que reglamenta el artículo 189 del Decreto Ley 019 de 2012 en lo relativo a la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial, los estudios básicos de amenaza por movimientos en masa, para la revisión o expedición de planes de ordenamiento territorial (POT), deben seguir las siguientes directrices:

**Artículo 8. Estudios básicos de amenaza por movimientos en masa.** Para determinar las condiciones de amenaza por movimientos en masa en suelos urbanos, de expansión urbana y rural, los estudios básicos tienen las siguientes especificaciones mínimas:

**1. Área de estudio:** Se adelantará éste tipo de estudios en todas las zonas de relieve escarpado, montañoso y ondulado, con pendientes iguales o superiores a 5 grados más los taludes marginales de cauces, así como las zonas planas que puedan recibir los efectos de los movimientos en masa. Adicionalmente, se consideran aquellas áreas urbanas y de expansión urbana que teniendo una pendiente menor a 5 grados hayan presentado problemas de inestabilidad y subsidencia debido a problemas geotécnicos o al desarrollo de actividades antrópicas.

**2. Insumos:** Para suelos urbanos, de expansión urbana y rural, se deben utilizar como mínimo los siguientes insumos que son elaborados o ajustados y evaluados a la escala de trabajo correspondiente:

a. Cartografía base que contenga entre otros: coordenadas, curvas de nivel, drenajes, red vial, infraestructura y equipamientos, asentamientos humanos.

b. Inventario de procesos morfodinámicos. En la elaboración de los estudios para suelos urbanos y de expansión urbana, adicionalmente se elabora: la geología para ingeniería y la geomorfología aplicada a movimientos en masa a nivel de elementos geomorfológicos. En la elaboración de los estudios para

suelos rurales, adicionalmente se realiza: la geología, unidades geológicas superficiales, la geomorfología aplicada a movimientos en masa a nivel de subunidades geomorfológicas y cobertura y uso del suelo.

#### **6.5.1.6 Resumen**

A la fecha, según los resultados de las fases de visitas de campo y recopilación de eventos históricos de las fuentes oficiales (bomberos, defensa civil, alcaldías municipales, Cormacarena, entre otros), en el municipio de Acacías, se han registrado eventos de emergencia por movimientos en masa, de moderada magnitud, bastante recurrentes y dispersos por toda el área montañosa, siendo en su mayoría representativos para la comunidad en los sectores rurales. Una importante proporción de estos movimientos en masa han aportado materiales que han alcanzado los cauces de los ríos y quebradas.

El área urbana presenta afectaciones por movimientos en masa en menor medida, estos eventos dejado personas afectadas y damnificados, como el deslizamiento que ocurrió posterior al sismo del eje cafetero del año 1999, dejando un saldo de 41 muertos. Sumado a lo a lo que continuo entre los años 2010 y 2011, en donde el fenómeno de la niña registró los niveles de precipitación máximos históricos, ocasionando daños y pérdidas de vidas humanas, mostraría un panorama vulnerable para el territorio colombiano. Fue así como para el año 2012, el gobierno nacional expidió la Ley 1523 como la Política Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, y posteriormente, el Decreto 1077 de 2015 (Decreto 1807 de 2014) “Por el cual se reglamenta el artículo 189 del Decreto-Ley 019 de 2012 en lo relativo a la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial y se dictan otras disposiciones”.

#### **6.5.1.7 Alcance**

- Analizar la cartografía geomorfológica considerando las formas del terreno y el catálogo de eventos disponible que permita delimitar las zonas susceptibles de ser afectadas por movimientos en masa en el municipio de Acacías.
- Realizar el análisis de los factores detonantes como sismo y agua.
- Desarrollar la metodología de amenaza por movimientos en masa, propuesta por el Servicio Geológico Colombiano, para el municipio de Acacías, a partir de determinar la probabilidad de inestabilidad de las laderas del municipio.
- Identificar las necesidades de información para el avance en el conocimiento de los movimientos en masa en el municipio de Acacías.

#### **6.5.1.8 Herramientas o Insumos**

Los insumos empleados son los siguientes:

- Modelo Digital de Terreno – MDT.
- Mapa de Geomorfología a un nivel de subunidades 1: 25.000.
- Registro histórico de eventos de movimientos en masa.
- Factores detonantes: Sismo y lluvia.

#### **6.5.1.9 Zonificación de la Amenaza por Movimientos en Masa Rural**

A manera general la zonificación de la amenaza por movimientos en masa consiste en la implementación del método estadístico bivariado, los cuales integran las variables que inciden en el desencadenamiento de los fenómenos de inestabilidad.

Entendiendo la amenaza como la probabilidad de ocurrencia de un evento, en este caso de inestabilidad, se determina la probabilidad de ocurrencia de dicho evento (Alzate, 2012).

## 6.5.2 Metodología Empleada para la Zonificación de la Amenaza por Movimientos en Masa

Para la elaboración de los estudios básicos, el Decreto 1807 de 2014 define el “Área de Estudio”, y los “insumos” en términos de cartografía base y de inventario de procesos morfodinámicos. Tales insumos forman parte de los factores condicionantes de la amenaza. Finalmente, el decreto define el “Alcance” del análisis de amenaza en lo relacionado con la integración de las variables que inciden en la ocurrencia, tanto actual como futura de los procesos de inestabilidad, considerando como agentes detonantes el agua, el sismo y los factores antrópicos, y plantea que como mínimo se debe hacer alguno de los siguientes tipos de análisis: estadísticos, determinísticos o probabilísticos.

En cuanto a los métodos de análisis, se considera que el más apropiado es el estadístico bivariado, teniendo en cuenta el tamaño y el tipo de escala para cada una de las variables del municipio de Acacías.

Figura 62 Metodología para zonificar la amenaza por movimientos en masa.



Fuente: Ajustado de SGC. (2017).

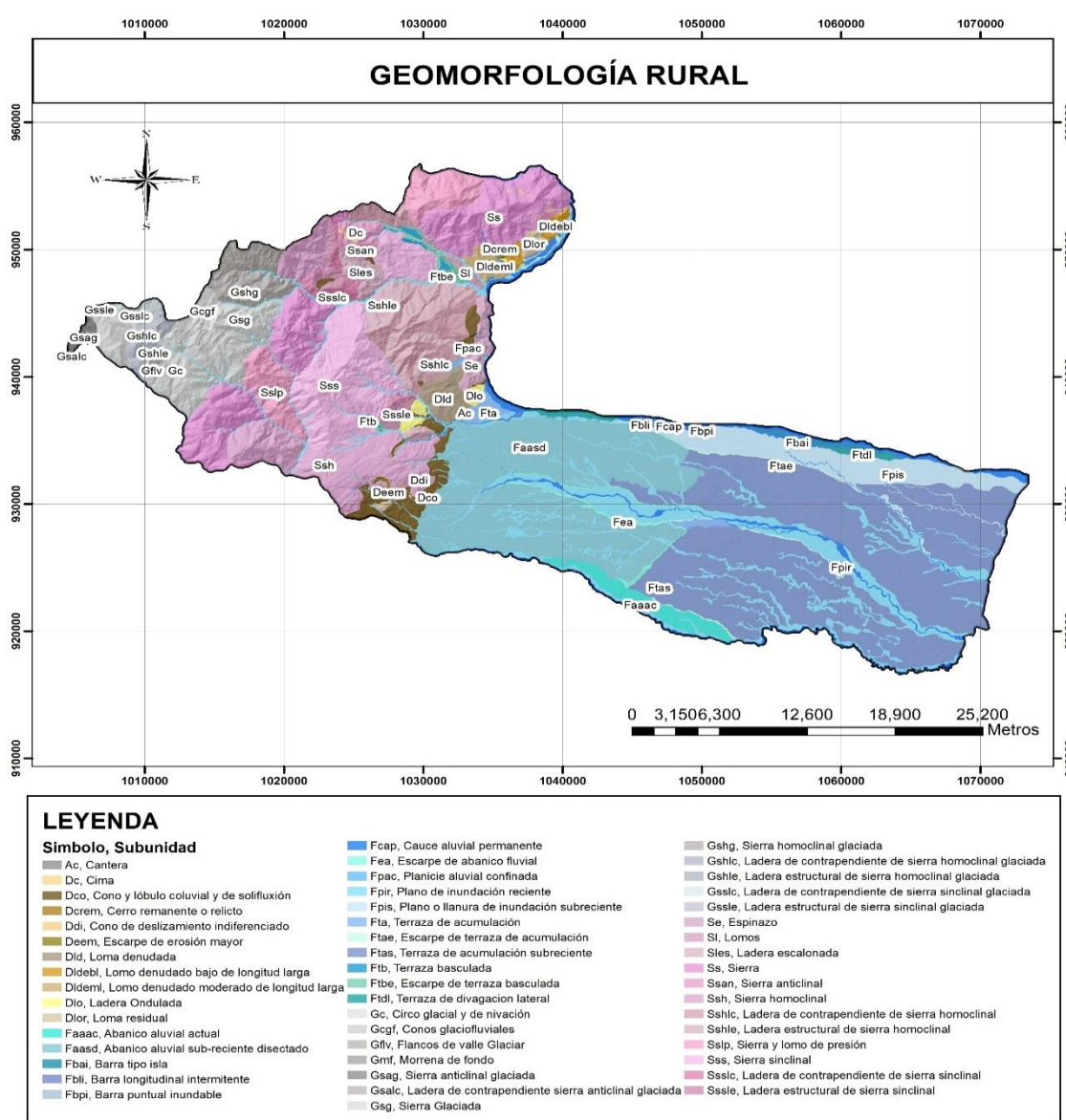
### 6.5.3 Factores condicionantes

Estos factores comprenden las unidades geológicas superficiales, y las subunidades geomorfológicas. Para elaborar la zonificación se contó con la cartografía básica, el modelo digital del terreno y los sensores remotos.

### 6.5.4 Unidades Geomorfológicas

El proceso de interpretación y zonificación geomorfológica se basó en la metodología del Servicio Geológico Colombiano (SGC-metodología Carvajal-2011), que se encarga de la evaluación de las amenazas naturales, y utiliza la interpretación cartográfica y define unidades y subunidades geomorfológicas caracterizando los procesos morfodinámicos. Dentro de las geoformas que se encuentran asociadas a la inestabilidad de las laderas están los lóbulos coluviales, deslizamientos indiferenciados y conos glaciofluviales.

Figura 63 Mapa de geoformas asociadas a eventos de inundación en el municipio de Acacías.



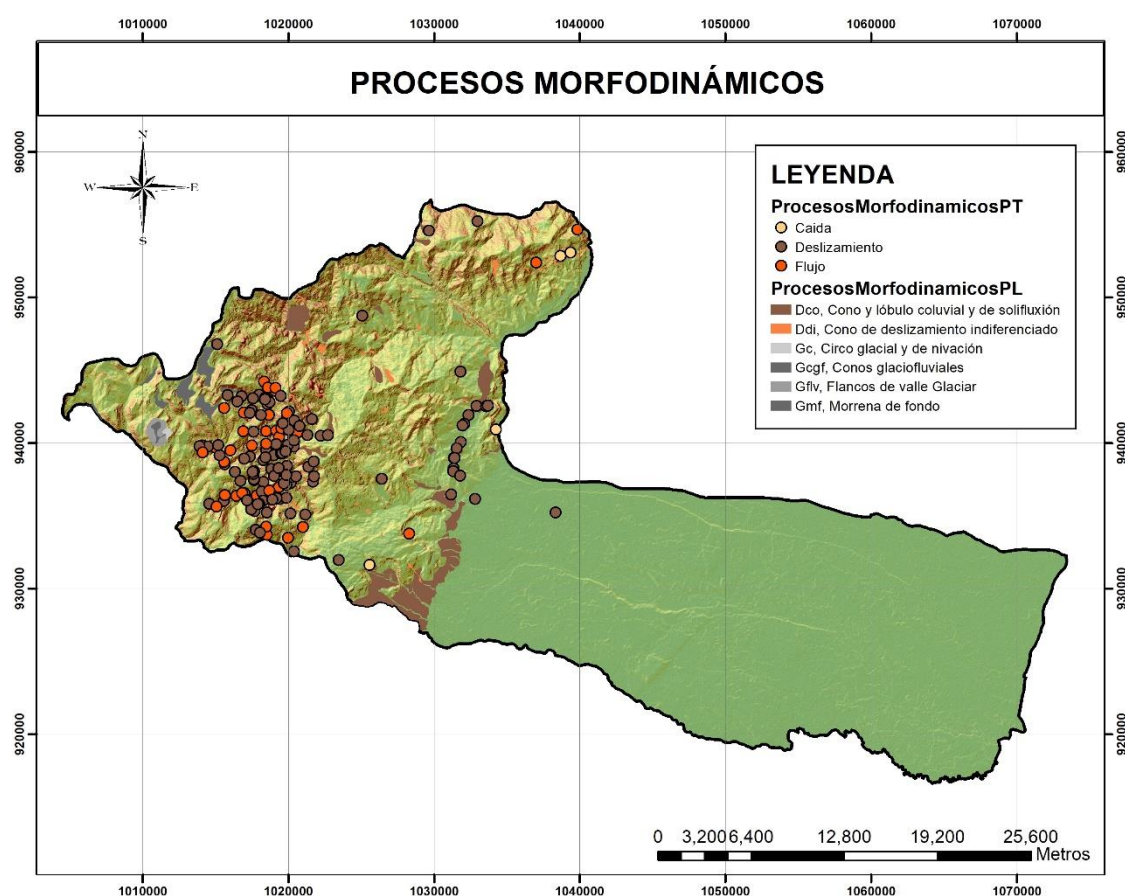
Fuente: Elaboración propia.



Dentro de las geoformas que se encuentran asociadas a la inestabilidad de las laderas están los deslizamientos indiferenciados, lóbulos coluviales, y conos glaciofluviales. La elaboración del inventario de procesos morfodinámicos debe permitir entender la ocurrencia de los movimientos en masa y sus características más importantes: fecha de ocurrencia, localización, forma, dimensiones, los factores que intervinieron o intervienen en su ocurrencia o su potencialidad de ocurrencia, el mecanismo que conduce a la falla del terreno, los factores detonantes, la dinámica del movimiento, la magnitud e intensidad.

En los recorridos de campo se recolectó información de los procesos morfodinámicos presentes en el municipio de Acacías, la mayoría de estos asociados a la intervención antrópica para vías y pastoreo, por pérdida de las condiciones naturales de las laderas y las barreras naturales. A continuación se presentan la cartografía de estos procesos en formato punto y polígono.

Figura 64. Procesos morfodinámicos del municipio de Acacías.

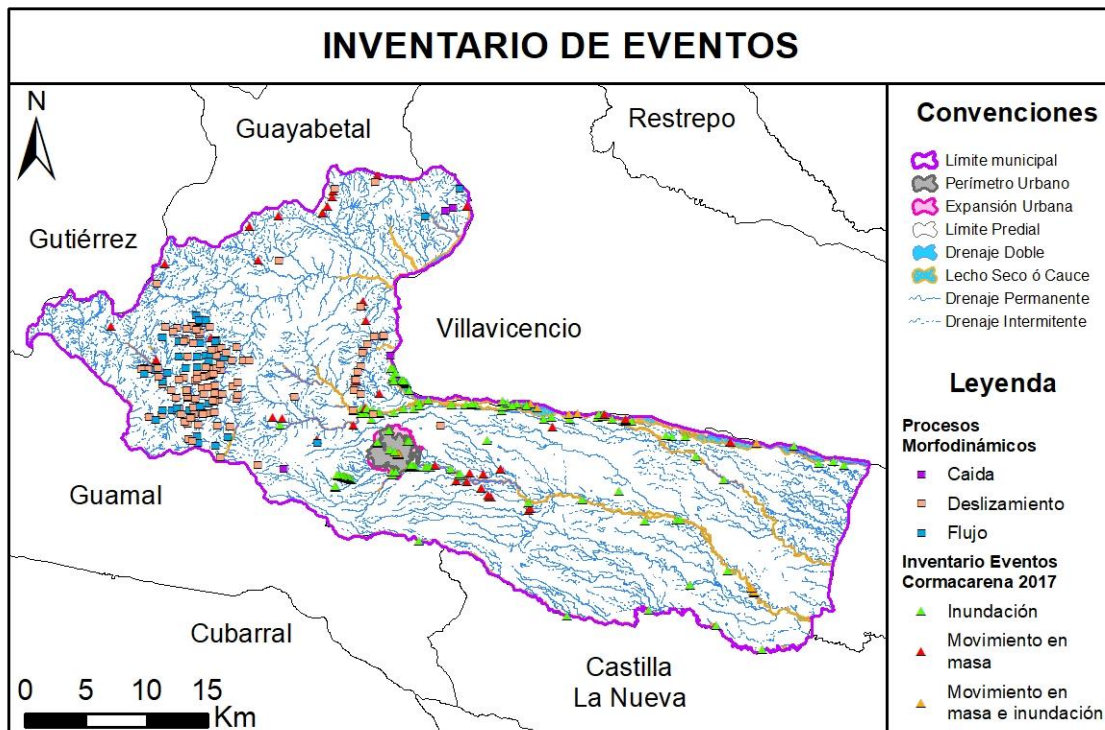


Fuente: Elaboración propia.

Dentro de los procesos morfodinámicos más comunes en el municipio de Acacías, se encuentran los deslizamientos, flujos, lóbulos coluviales, caída de rocas. Se determinó que 158 de estos procesos se encuentran localizados en formato de punto y 110 en formato de polígono.

Con la información suministrada por Cormacarena en los anexos de las observaciones en agosto de 2022, fue elaborado un mapa de inventario de eventos que se presenta a continuación:

Figura 65 Iventario de procesos realizados para la elaboración de los EBGR y los entregados por Comacarena.

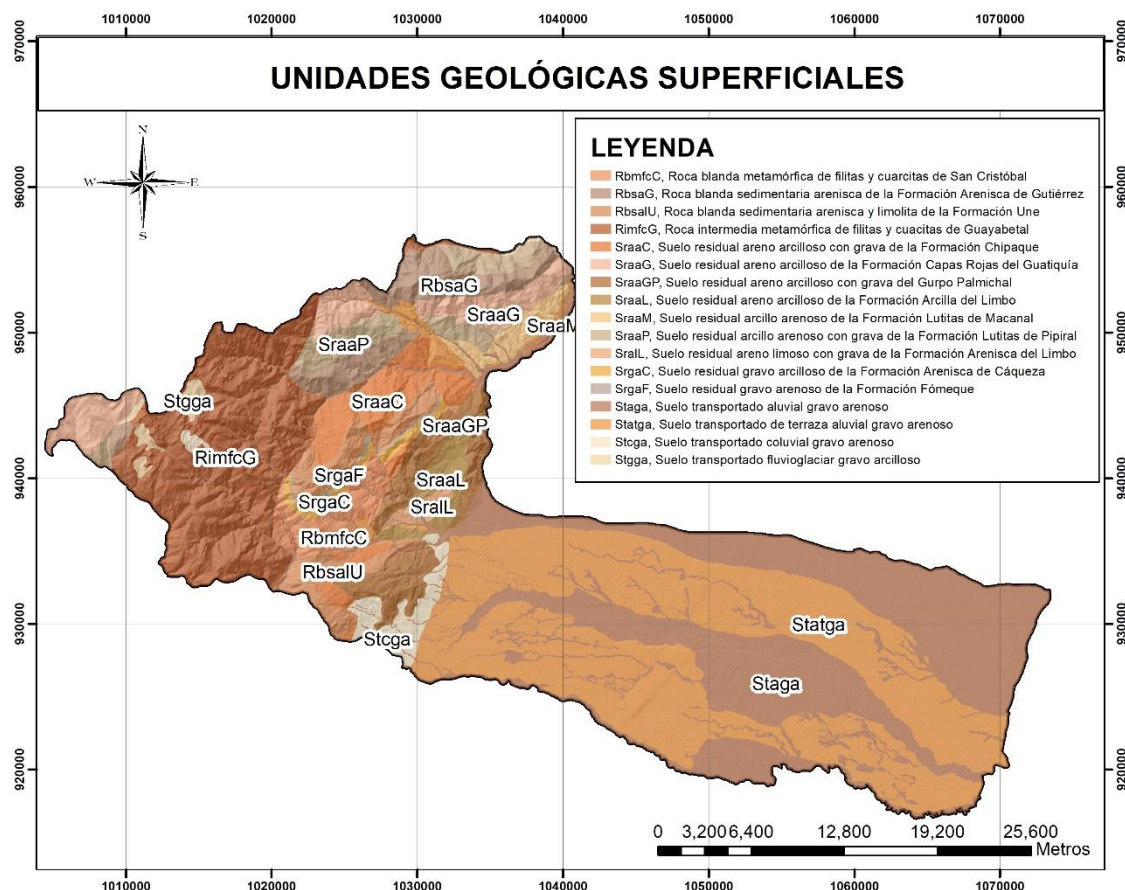


Fuente: Elaboración propia

#### 6.5.4.5.1.1 Unidades Geológicas Superficiales

Se realizó una superposición de capas de geología y geomorfología, para determinar la disposición de los materiales superficiales dentro del municipio de Acacías, en las que se reconocieron suelos residuales, suelos transportados, rocas muy blandas y rocas blandas. A continuación, se presenta la disposición de los materiales superficiales dentro del municipio.

Figura 66. Unidades Geológicas Superficiales (UGS)



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se detallan el tipo de UGS a caracterizar en la exploración de campo y las coordenadas de los sondeos dentro del municipio de Acacias.

Tabla 13. Localización geográfica y tipo de UGS

MUESTREO	ESTE	NORTE	TIPO DE SUELO (USC)
APIQUE 1	1055549	933427	GP - GRAVA MAL GRADADA CON ARENA
APIQUE 2	1029852	929288	GP-GM - GRAVA MAL GRADADA CON LIMO Y ARENA
APIQUE 3	1028026	930396	SW-SC - ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y GRAVA
APIQUE 4	1028132	934293	SW-SM - ARENA BIEN GRADADA CON LIMO Y GRAVA
APIQUE 5	1028622	934065	SP - ARENA MAL GRADADA CON GRAVA
APIQUE 6	1031226	933586	SP-SC - ARENA MAL GRADADA CON ARCILLA Y GRAVA
APIQUE 7	1031944	945499	SC - ARENA ARCILLOSA CON GRAVA
APIQUE 8	1031817	944914	GW-GC - GRAVA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y ARENA
APIQUE 9	1032239	941414	SP-SM - ARENA MAL GRADADA CON LIMO Y GRAVA
APIQUE 10	1031436	938943	SM - ARENA LIMOSA CON GRAVA
SONDEO 1	1067173	923395	SC - ARENA ARCILLOSA

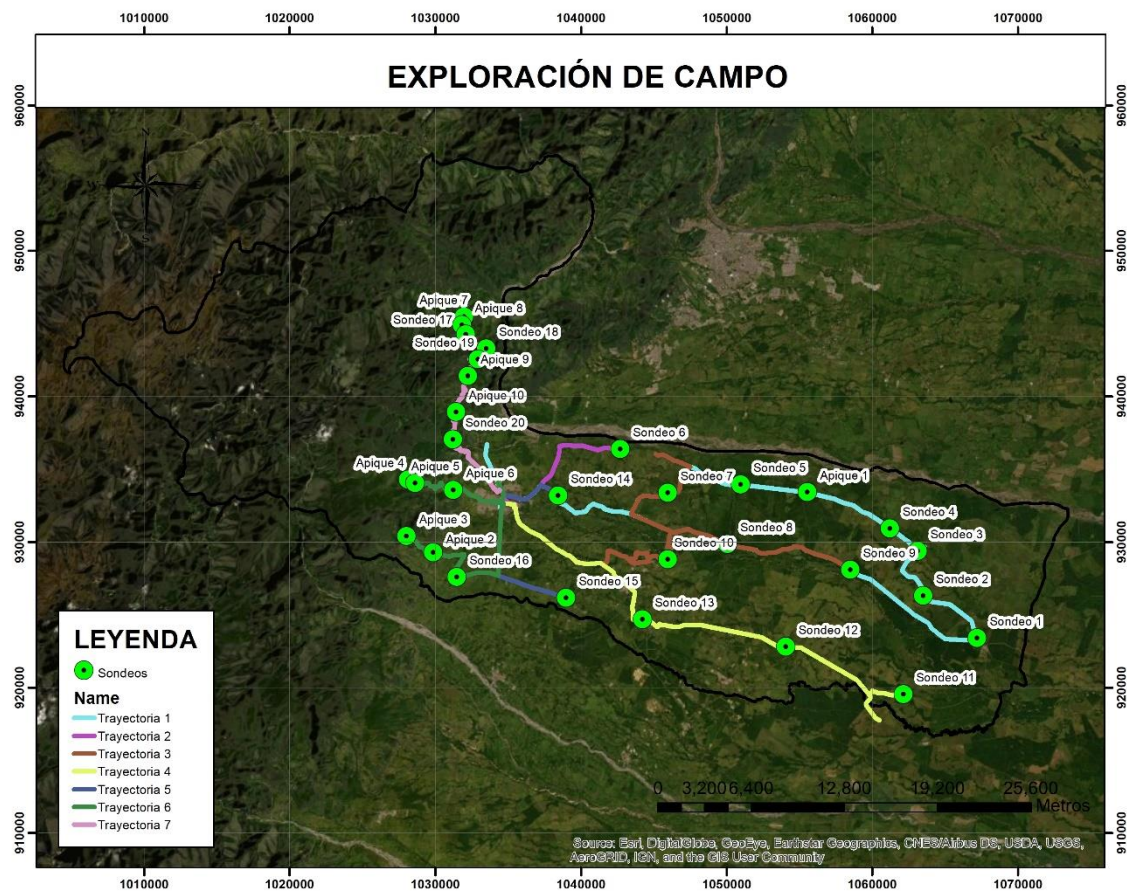
MUESTREO	ESTE	NORTE	TIPO DE SUELO (USC)
SONDEO 2	1063506	926306	SC - ARENA ARCILLOSA
SONDEO 3	1063117	929391	SC - ARENA ARCILLOSA
SONDEO 4	1061220	930926	CL - ARCILLA MAL GRADADA CON ARENA
SONDEO 5	1050975	933953	SC - ARENA ARCILLOSA
SONDEO 6	1042684	936395	SC - ARENA ARCILLOSA
SONDEO 7	1045944	933387	SC - ARENA ARCILLOSA CON GRAVA
SONDEO 8	1050046	929852	SC - ARENA ARCILLOSA CON GRAVA
SONDEO 9	1058490	928083	SC - ARENA ARCILLOSA
SONDEO 10	1045967	928802	SC - ARENA ARCILLOSA CON GRAVA
SONDEO 11	1062137	919550	SC - ARENA ARCILLOSA
SONDEO 12	1054058	922798	SC - ARENA ARCILLOSA
SONDEO 13	1044210	924680	SC - ARENA ARCILLOSA
SONDEO 14	1038423	933180	GP-GC - GRAVA MAL GRADADA CON ARCILLA Y ARENA
SONDEO 15	1038961	926161	SC - ARENA ARCILLOSA
SONDEO 16	1031331	927536	SW-SC - ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y GRAVA
SONDEO 17	1032075	944269	SM - ARENA LIMOSA CON GRAVA
SONDEO 18	1033486	943287	SC - ARENA ARCILLOSA
SONDEO 19	1032914	942544	SC - ARENA ARCILLOSA
SONDEO 20	1031200	937062	SC - ARENA ARCILLOSA

*Fuente: Elaboración propia.*

Se muestra la localización de los puntos de muestreo para caracterizar cada una de las Unidades Geológicas Superficiales dentro del municipio de Acacias.



Figura 67. Exploración de Campo, mediante toma de muestras de suelo mediante Ensayo de Penetración Estándar (SPT) y Apiques.



Fuente: Elaboración propia

Las Unidades Geológicas Superficiales fueron corroboradas en campo, y se tomaron muestras, con el fin de llevarla al laboratorio para conocer las propiedades físico mecánicas de estas. Las propiedades de las Unidades Geológicas Superficiales del municipio de Acacías son:

Tabla 14 Propiedades físico-mecánicas de las UGS.

SÍMBOLO	NOMBRE UGS	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)	PESO UNITARIO HÚMEDO (kN/m3)	PESO UNITARIO SECO (kN/m3)	COHESIÓN (kN/m2)	FRICCIÓN (°)
Stgga	Suelo transportado fluvioglacial gravo arcilloso	663.28	0.59%	16.2	14.51	13.46	24
Stcga	Suelo transportado coluvial gravo arenoso	1973.98	1.76%	15.06	12.21	2.19	33

SÍMBOLO	NOMBRE UGS	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)	PESO UNITARIO HÚMEDO (kN/m3)	PESO UNITARIO SECO (kN/m3)	COHESIÓN (kN/m2)	FRICCIÓN (°)
Statga	Suelo transportado de terraza aluvial gravo arenoso	32946.15	29.33%	16.65	14.43	13.46	28
Staga	Suelo transportado aluvial gravo arenoso	30166.74	26.86%	16.45	14.09	7.4	34
SrgaF	Suelo residual gravo arenoso de la Formación Fόμεque	290.12	0.26%	16.52	14.23	14.63	29
SrgaC	Suelo residual gravo arcilloso de la Formación Arenisca de Cáqueza	881.12	0.78%	16.52	14.23	14.63	35
SraIL	Suelo residual areno limoso con grava de la Formación Arenisca del Limbo	542.05	0.48%	17.76	17.07	9.35	30
SraaP	Suelo residual arcillo arenoso con grava de la Formación Lutitas de Pipiral	3084.37	2.75%	16.45	14.09	7.4	34
SraaM	Suelo residual arcillo arenoso de la Formación Lutitas de Macanal	1295.76	1.15%	16.52	14.23	14.63	35
SraaL	Suelo residual areno arcilloso de la Formación Arcilla del Limbo	1487.32	1.32%	20.68	18.39	19.01	28
SraaGP	Suelo residual areno arcilloso con grava del Gurpo Palmichal	4433.71	3.95%	19.01	14.85	19.01	28
SraaG	Suelo residual areno arcilloso de la Formación Capas Rojas del Guatiquía	4352.51	3.87%	17.76	17.07	9.35	30

SÍMBOLO	NOMBRE UGS	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)	PESO UNITARIO HÚMEDO (kN/m3)	PESO UNITARIO SECO (kN/m3)	COHESIÓN (kN/m2)	FRICCIÓN (°)
SraaC	Suelo residual areno arcilloso con grava de la Formación Chipaque	4319.11	3.84%	17.21	14.99	2.19	33
RimfcG	Roca intermedia metamórfica de filitas y cuarcitas de Guayabetal	15237.93	13.57%	25	25	29	40
RbsaU	Roca blanda sedimentaria arenisca y limolita de la Formación Une	3797.62	3.38%	24	24	23	36
RbsaG	Roca blanda sedimentaria arenisca de la Formación Arenisca de Gutiérrez	4401.11	3.92%	24	24	25	38
RbmfcC	Roca blanda metamórfica de filitas y cuarcitas de San Cristóbal	2458.77	2.19%	25	25	26	36

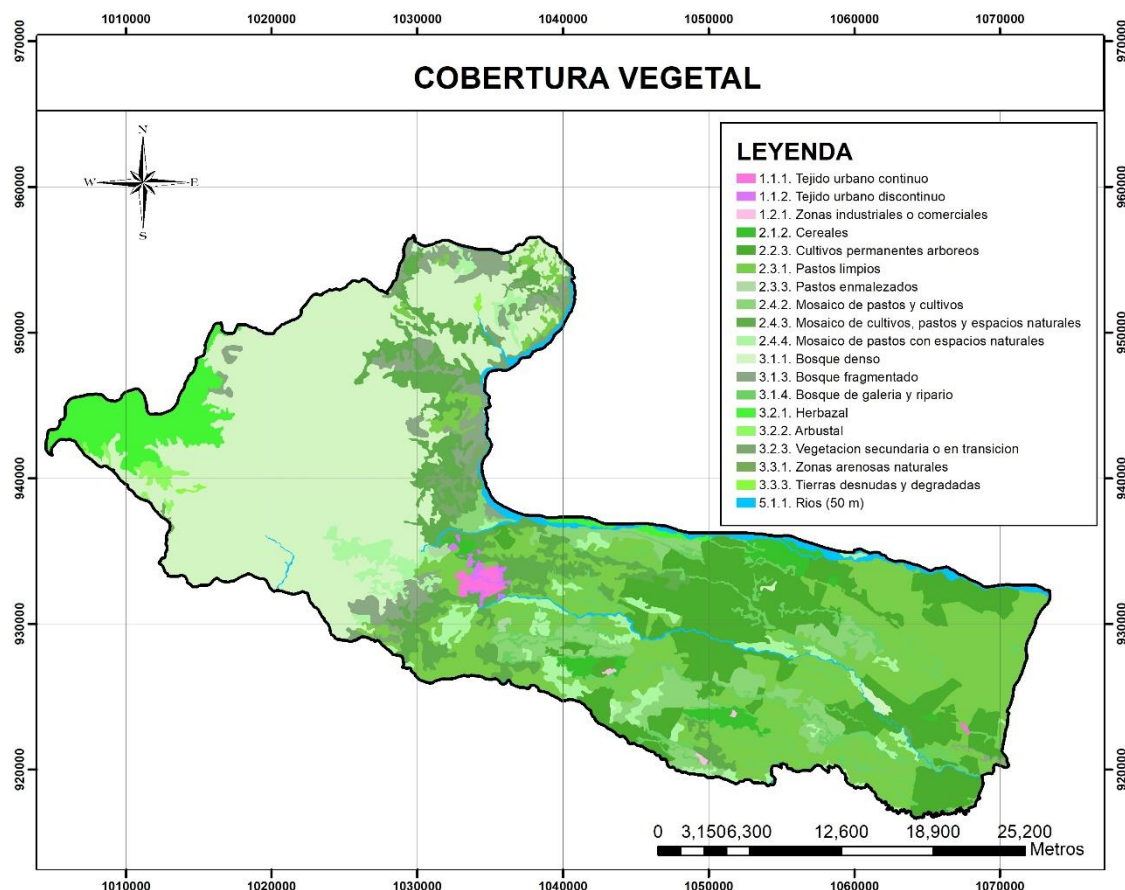
*Fuente: Elaboración propia.*

Para conocer la totalidad de los resultados, se debe consultar el Anexo Resultados de Laboratorio, en los que se detallan cada una de las propiedades por sondeo, y tipo de suelo.

#### 6.5.4.5.1.2 Cobertura del suelo

Este insumo fue descrito con anterioridad, pero hace parte para la zonificación de la susceptibilidad ya que representa una de las capas más superficiales del suelo, la clasificación de este insumo se elaboró por medio de la metodología del Corine Land Cover (IDEAM et al., 2008).

Figura 68. Mapa de cobertura usado para la zonificación de la susceptibilidad.



Fuente: Elaboración propia.

#### 6.5.4.5.2 Generación del Mapa de Susceptibilidad mediante el método Bivariado

El mapa de susceptibilidad es el primer paso para calcular la amenaza de un territorio, el método más usado para el cálculo de dicha susceptibilidad se basa en la superposición de los diferentes factores causales los cuales hemos mencionado anteriormente. Considerando el alcance de este estudio sobre una zona rural se procede a implementar el método estadístico bivariado.

La metodología empleada para la zonificación responde a un modelo de Pesos de Evidencia (WofE), donde a través de un inventario de deslizamientos y flujos evalúan la incidencia de cada una de las clases que componen las variables: cobertura, curvatura, pendientes, unidades geológicas superficiales y geomorfología.

La susceptibilidad del terreno frente a movimientos en masa, en términos de probabilidad, puede ser considerada como la adición de la susceptibilidad a deslizamientos y la susceptibilidad a flujos, bajo la hipótesis de que la ocurrencia de estos es independiente y no excluyente; así mismo, la amenaza final calculada, corresponde al producto de la susceptibilidad general y la probabilidad temporal de que en el transcurso de un año se supere un umbral de lluvia y que dicha precipitación sea capaz de detonar un movimiento en masa.



#### 6.5.4.5.2.1 Pesos de evidencia (Weight of Evidence, WofE)

El método evalúa las diferentes asociaciones entre las evidencias o factores condicionantes y las áreas inestables mediante pesos. Los pesos de cada factor causal se calculan aplicando un enfoque Bayesiano en donde calcula la probabilidad incondicional y condicional de ocurrencia de un movimiento en masa (Bonham, 1994).

“La aplicación de este método está sujeta a ciertas condiciones que deben tenerse en cuenta al momento de interpretar los resultados obtenidos. De acuerdo con van Westen (2013), en un análisis estadístico efectivo se requiere un gran número de zonas inestables relacionadas con varios tipos de mecanismos con una información de edad lo más fiel posible”. Tomado SGC 2016

Teniendo en cuenta la descripción espacial anterior, la función de susceptibilidad por movimientos en masa (LSI – landslide susceptibility index) se calcula para cada pixel mediante la siguiente expresión matemática:

$$LSI = \sum_{i=1}^n Wf_i f_{ci}$$

Donde:

- Wfi corresponde al peso de evidencia factor condicionante
- i – ésimo con i = (1, 2, ..., n), la magnitud del peso
- Wf indica el grado de importancia de las variables en la ocurrencia de los eventos.

Ahora bien, si se mira la relación de los diferentes factores causales en función de los eventos de movimientos en masa podemos encontrar una relación en función del pixel que representa la clase o el movimiento en masa registrado en la clase.

Figura 69. Relación deslizamientos y factor condicionante.

		w: Factor condicionante con potencialidad de deslizamientos		
		Presente	Ausente	
L: Deslizamientos	Presente	Npix1	Npix2	Área total deslizada
	Ausente	Npix3	Npix4	Área total no deslizada
		Área total con unidad w	Área total sin unidad w	Área total del mapa

Lo anterior se puede interpretar de la siguiente forma:

Npix1 = hay presencia del factor condicionante (Npix3) en el deslizamiento (Npix2). Lo cual es indicativo de una muy alta significancia de ese factor en el deslizamiento.

Npix2 = no hay presencia del factor condicionante (Npix3) en el deslizamiento (Npix2). Lo cual es indicativo de una significancia alta por efecto de la presencia del deslizamiento.

Npix3 = factor condicionante. Lo cual es indicativo de una significancia media por efector del factor que alguna vez contribuyó al deslizamiento.

Npix4 = no hay deslizamiento ni factor condicionante. Lo cual es indicativo de una significancia baja.

Con lo anteriormente mencionado podemos obtener pesos donde pueden ser positivos o pesos negativos en donde se van a relacionar mediante la siguiente formula.

$$Wf = W_j^+ - W_j^-$$

Donde,  $W_j^+$  es el peso positivo para cada clase del factor condicionante  $i$ , siendo este un indicativo de la relevancia del factor de la ocurrencia de los procesos gravitacionales. Mientras que  $W_j^-$  es el peso negativo y expresa la importancia de la ausencia del factor dentro de la ocurrencia del fenómeno. Indica la importancia de la ausencia del factor en el deslizamiento.

A continuación, se muestra cada uno de los factores causales en relación a la clasificación de  $W$  final aplicando en el método bivariado y zonificado en 4 rangos.

### Cobertura Vegetal

De acuerdo a los resultados obtenidos en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, los ipos de cobertura que presentan un contraste positivo y por lo tanto implican una estrecha asociación con la ocurrencia de deslizamientos, corresponden a los pastos enmalezados, arbustales, herbazal, vegetación secundaria o en transición y mosaico de cultivos pastos y espacios naturales, tal como se observa en la Figura 70.

Las coberturas que en el municipio presentan una correlación negativa con los deslizamientos corresponden principalmente a cultivos permanentes arbóreos, bosque de galería o ripário, tejido urbano, pastos limpios y bosques densos.

*Tabla 15. Calculo de los valores obtenidos para la cobertura*

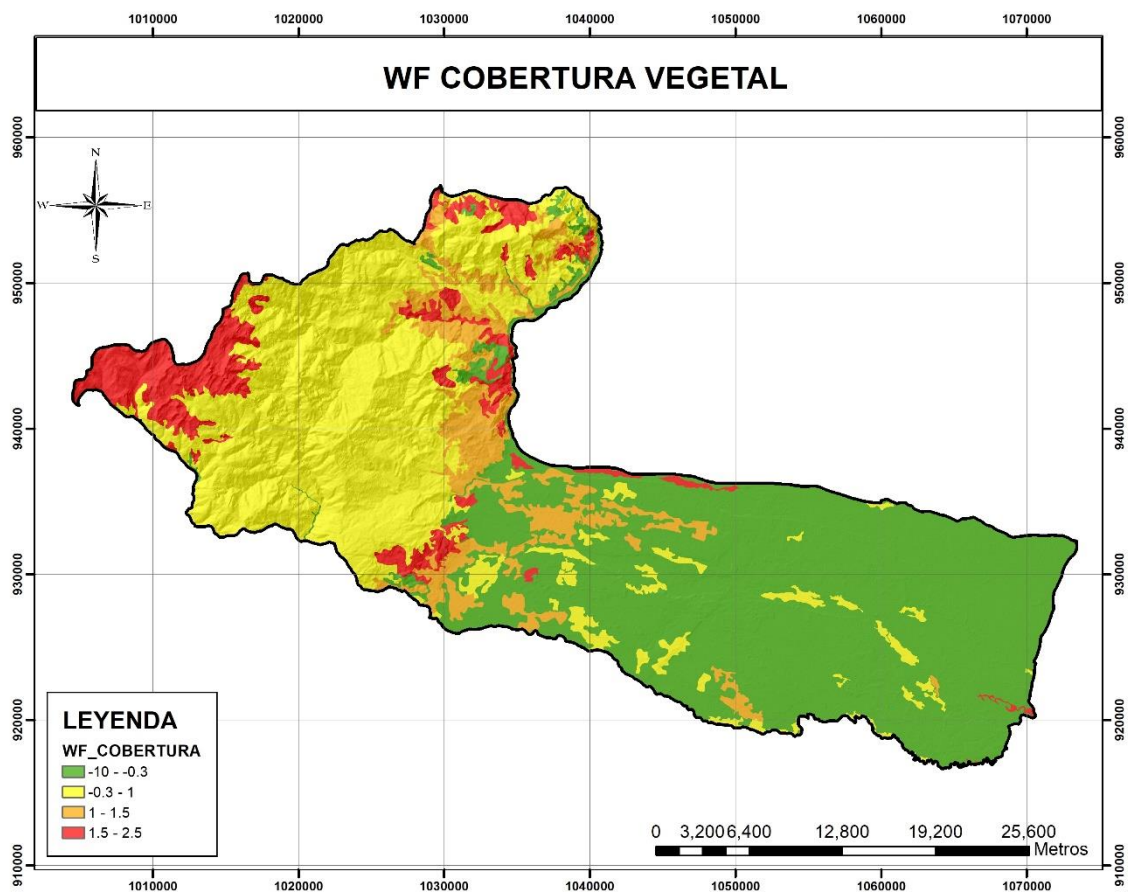
COBERTURA									
CÓDIG O	CLASE	NPC	NPiX 1	NPiX2	NPiX3	NPiX4	WI+	WI-	WF
1	1.1.1. Tejido urbano continuo	27154	1	23418 1	27153	692464 6	-6.8186	0.0039	-6.8225
2	1.1.2. Tejido urbano discontinuo	19915	1	23418 1	19914	693188 5	-6.5085	0.0029	-6.5114
3	1.2.1. Zonas industriales o comerciales	4592	1	23418 1	4591	694720 8	-5.0412	0.0007	-5.0419
4	2.1.2. Cereales	116893	616	23356 6	116277	683552 2	-1.8498	0.0142	-1.8641

COBERTURA									
CÓDIGO	CLASE	NPC	NPIx1	NPIx2	NPIx3	NPIx4	WI+	WI-	WF
5	2.2.3. Cultivos permanentes arbóreos	979690	1	234181	979689	5972110	-10.4043	0.1519	-10.5562
6	2.3.1. Pastos limpios	1489573	19632	214550	1469941	5481858	-0.9252	0.1500	-1.0752
7	2.3.3. Pastos enmalezados	10328	2991	231191	7337	6944462	2.4933	-0.0118	2.5051
8	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	349499	1	234181	349498	6602301	-9.3736	0.0516	-9.4252
9	2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	553698	45448	188734	508250	6443549	0.9763	-0.1398	1.1161
10	2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	325514	13478	220704	312036	6639763	0.2486	-0.0134	0.2619
11	3.1.1. Bosque denso	2181022	59624	174558	2121398	4830401	-0.1811	0.0702	-0.2513
12	3.1.3. Bosque fragmentado	246995	31905	202277	215090	6736709	1.4824	-0.1150	1.5974
13	3.1.4. Bosque de galería y ripáreo	284398	1	234181	284397	6667402	-9.1675	0.0418	-9.2092
14	3.2.1. Herbazal	303145	41133	193049	262012	6689787	1.5391	-0.1547	1.6938
15	3.2.2. Arbustal	30913	6681	227501	24232	6927567	2.1023	-0.0255	2.1277
16	3.2.3. Vegetación secundaria o en transición	90615	10055	224127	80560	6871239	1.3097	-0.0322	1.3420
17	3.3.1. Zonas arenosas naturales	2733	1	234181	2732	6949067	-4.5221	0.0004	-4.5225

COBERTURA									
CÓDIGO	CLASE	NPC	NPiX1	NPiX2	NPiX3	NPiX4	WI+	WI-	WF
18	3.3.3. Tierras desnudas y degradadas	6191	1617	232565	4574	6947225	2.3508	-0.0063	2.3571
19	5.1.1. Ríos (50 m)	163113	995	233187	162118	6789681	-1.7027	0.0193	-1.7220

Fuente: Elaboración propia.

Figura 70. Zonificación de la cobertura en función del W final.



Fuente: Elaboración propia.



### **Unidades Geológicas Superficiales**

De acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla 16, los tipos de Unidades Geológicas Superficiales que presentan un contraste positivo y por lo tanto implican una estrecha asociación con la ocurrencia de deslizamientos, corresponden principalmente a suelo transportado coluvial gravo arenoso, suelo transportado fluvio-glaciario gravo arcilloso, suelo residual areno arcilloso de la Formación Arcilla del Limbo, y suelo residual areno arcilloso con grava del Grupo Palmichal, tal como se observa en la **¡Error! o se encuentra el origen de la referencia..**

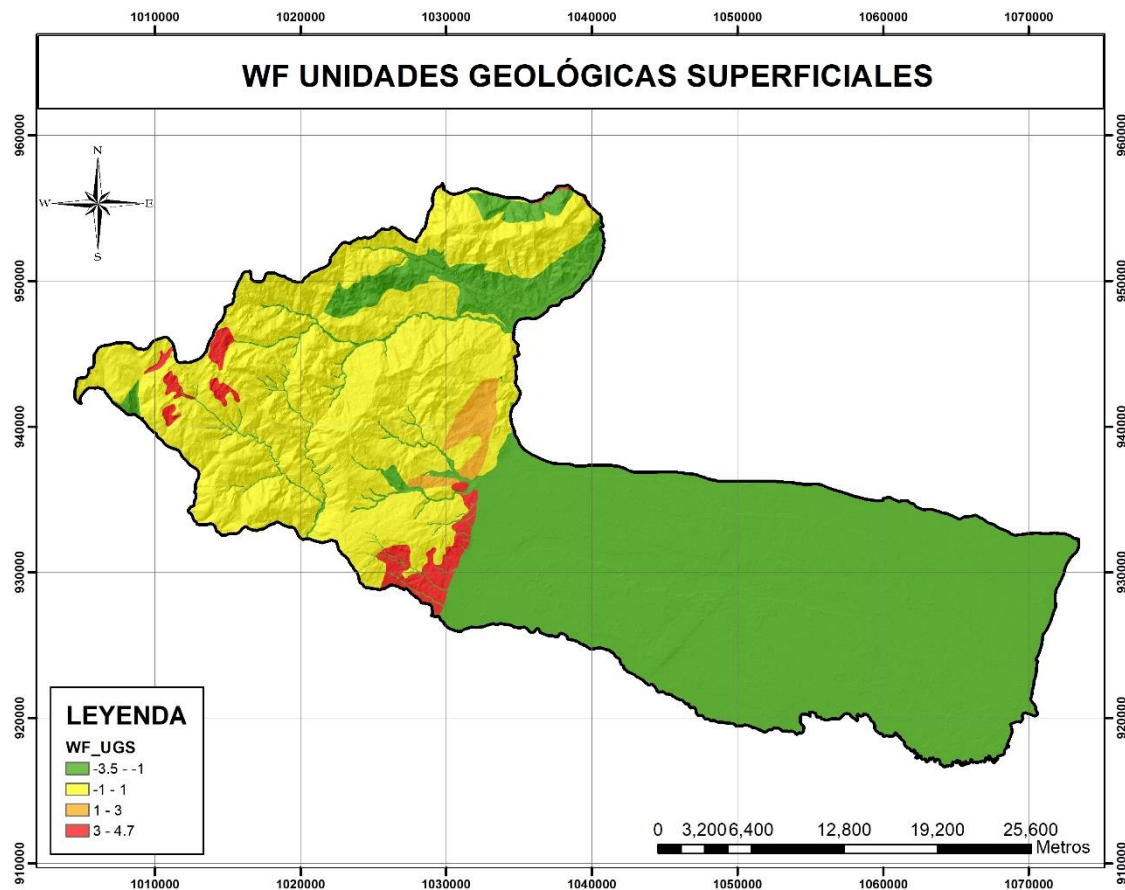
Las Unidades Geológicas Superficiales que en el municipio presentan una correlación negativa con los deslizamientos corresponden principalmente a suelo transportado de terraza aluvial gravo arenoso, suelo transportado aluvial gravo arenoso, suelo residual arcillo arenoso de la Formación Lutitas de Macanal y suelo residual arcillo arenoso con grava de la Formación Lutitas de Pipiral.

*Tabla 16. Cálculo de los valores obtenidos para las UGS.*

UGS									
CÓDIGO	CLASE	NPC	NPiX1	NPiX2	NPiX3	NPiX4	WI+	WI-	WF
1	SrgaF	18566	730	233452	17836	6933963	0.1947	-0.0006	0.1953
2	SrgaC	56391	1124	233058	55267	6896532	-0.5046	0.0032	-0.5078
3	Stgga	42437	23702	210480	18735	6933064	3.6258	-0.1040	3.7298
4	Statga	2108515	3250	230932	2105265	4846534	-3.0829	0.3468	-3.4296
5	RimfcG	974935	42618	191564	932317	6019482	0.3053	-0.0569	0.3621
6	RbmfcC	157359	2379	231803	154980	6796819	-0.7860	0.0123	-0.7983
7	SraaM	82914	530	233652	82384	6869415	-1.6556	0.0097	-1.6653
8	SraaL	34688	2111	232071	32577	6919222	0.6542	-0.0044	0.6586
9	Stcga	126290	89608	144574	36682	6915117	4.2838	-0.4770	4.7608
10	SraaC	276343	10327	223855	266016	6685783	0.1419	-0.0061	0.1479
11	SraaP	197393	2337	231845	195056	6756743	-1.0338	0.0184	-1.0522
12	RbsaU	242707	6991	227191	235716	6716083	-0.1273	0.0042	-0.1315
13	Staga	1928547	2566	231616	1925981	5025818	-3.2302	0.3134	-3.5436
14	SraaL	95202	8394	225788	86808	6864991	1.0545	-0.0239	1.0784
15	SraaGP	283720	21243	212939	262477	6689322	0.8765	-0.0566	0.9331
16	SraaG	278318	5435	228747	272883	6678916	-0.5255	0.0166	-0.5421
17	RbsaG	281656	10837	223345	270819	6680980	0.1722	-0.0076	0.1798

**Fuente: Elaboración propia.**

Figura 71. Zonificación de las UGS en función del W final



Fuente: Elaboración propia.

### Subunidades Geomorfológicas

De acuerdo a los resultados obtenidos en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, los tipos de geoformas que presentan un contraste positivo y por lo tanto implican una estrecha asociación con la ocurrencia de deslizamientos, corresponden principalmente a cono y lóbulo coluvial y de solifluxión, cono de deslizamiento indiferenciado, conos glaciofluviales, flancos de valle glaciar, Circo glaciar y de nivación y morrena de fondo, tal como se observa en la **¡Error! No se encuentra el origen e la referencia.**.

Las geoformas que en el municipio presentan una correlación negativa con los deslizamientos corresponden principalmente a terraza de acumulación sub-reciente, Abanico aluvial sub-reciente disectado, Plano o llanura de inundación subreciente, Sierra homoclinal glaciada, Ladera escalonada, entre otras geoformas estructurales y glaciares.

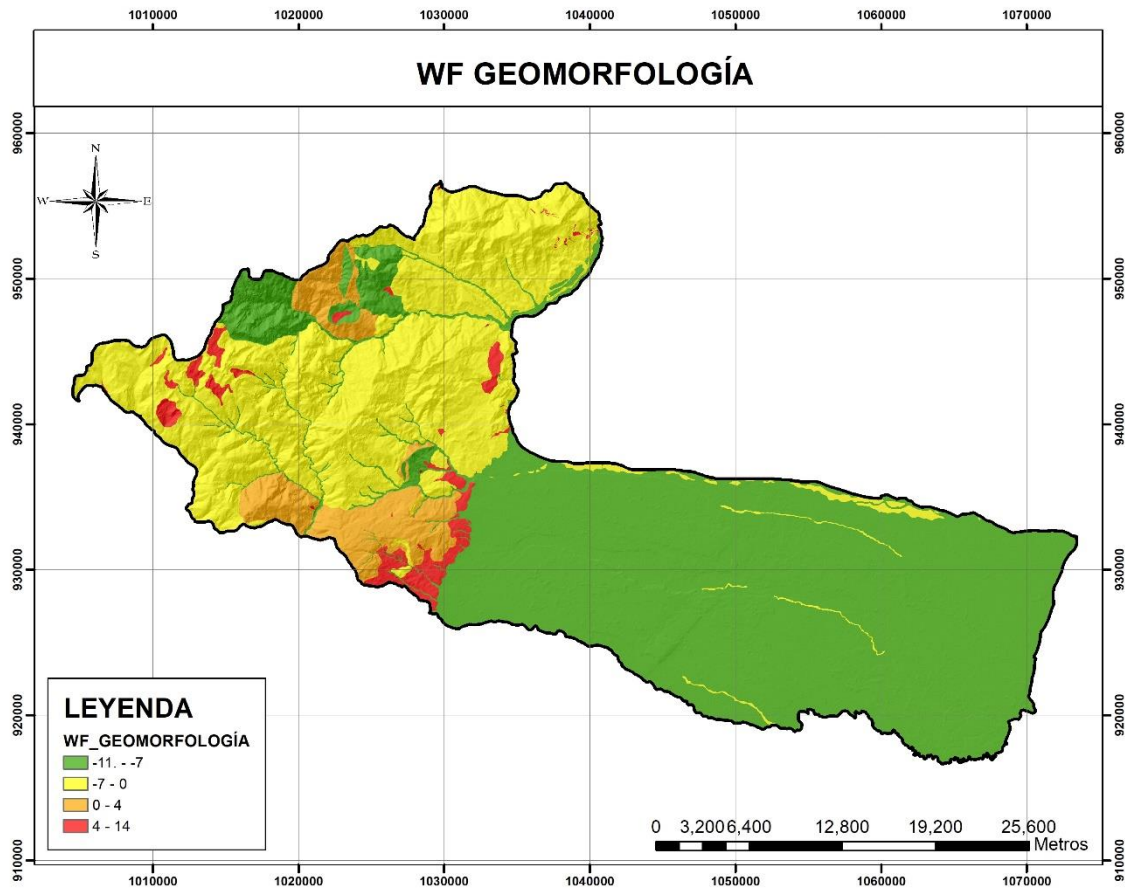
Tabla 17. Cálculo de los valores obtenidos para la Geomorfología

GEOMORFOLOGÍA									
CÓDIGO	CLASE	NPC	NPiX1	NPiX2	NPiX3	NPiX14	WI+	WI-	WF
1	Ac	267	1	234214	266	6951500	-2.1930	0.0000	-2.1930
2	Dc	4711	1	234214	4710	6947056	-5.0669	0.0007	-5.0676
3	Dco	128341	128331	105884	10	6951756	12.8503	-0.7939	13.6442
4	Dcrem	4771	1	234214	4770	6946996	-5.0796	0.0007	-5.0803
5	Ddi	6380	6370	227845	10	6951756	9.8473	-0.0276	9.8749
6	Deem	6509	1	234214	6508	6945258	-5.3903	0.0009	-5.3912
7	Dld	63999	287	233928	63712	6888054	-2.0121	0.0080	-2.0201
8	Dldebl	29076	1	234214	29075	6922691	-6.8871	0.0042	-6.8913
9	Dldeml	33281	11	234204	33270	6918496	-4.6240	0.0048	-4.6288
10	Dlo	27118	11	234204	27107	6924659	-4.4191	0.0039	-4.4230
11	Dlor	21100	11	234204	21089	6930677	-4.1681	0.0030	-4.1711
12	Faaac	90539	1	234214	90538	6861228	-8.0230	0.0131	-8.0361
13	Faasd	943660	1	234214	943659	6008107	-10.3670	0.1459	-10.5129
14	Fbai	17085	1	234214	17084	6934682	-6.3554	0.0025	-6.3578
15	Fbli	3277	1	234214	3276	6948490	-4.7039	0.0005	-4.7043
16	Fbpi	4188	1	234214	4187	6947579	-4.9492	0.0006	-4.9498
17	Fcap	187553	1	234214	187552	6764214	-8.7513	0.0273	-8.7786
18	Fea	37818	1	234214	37817	6913949	-7.1500	0.0055	-7.1555
19	Fpac	4383	19	234196	4364	6947402	-2.0462	0.0005	-2.0467
20	Fpir	670146	17	234198	670129	6281637	-7.1915	0.1013	-7.2928
21	Fpis	302378	1	234214	302377	6649389	-9.2289	0.0445	-9.2734
22	Fta	40110	1	234214	40109	6911657	-7.2088	0.0058	-7.2146
23	Ftae	26364	1	234214	26363	6925403	-6.7892	0.0038	-6.7930
24	Ftas	1624567	1	234214	1624566	5327200	-10.9102	0.2662	-11.1764
25	Ftb	12803	1	234214	12802	6938964	-6.0668	0.0018	-6.0687
26	Ftbe	28053	1	234214	28052	6923714	-6.8513	0.0040	-6.8553
27	Ftdl	28065	1	234214	28064	6923702	-6.8517	0.0040	-6.8558
28	Gc	1882	1872	232343	10	6951756	8.6227	-0.0080	8.6307
29	Gcgf	39166	39156	195059	10	6951756	11.6632	-0.1829	11.8462
30	Gflv	10510	10500	223715	10	6951756	10.3471	-0.0459	10.3929
31	Gmf	3018	3008	231207	10	6951756	9.0970	-0.0129	9.1099
32	Gsag	19019	1	234214	19018	6932748	-6.4626	0.0027	-6.4654
33	Gsalc	346	1	234214	345	6951421	-2.4530	0.0000	-2.4531
34	Gsg	337747	11	234204	337736	6614030	-6.9416	0.0498	-6.9914
35	Gshg	134156	1	234214	134155	6817611	-8.4162	0.0195	-8.4357
36	Gshlc	28779	11	234204	28768	6922998	-4.4786	0.0041	-4.4827
37	Gshle	22133	1	234214	22132	6929634	-6.6143	0.0032	-6.6175
38	Gsslc	24637	11	234204	24626	6927140	-4.3232	0.0035	-4.3267
39	Gssle	3644	1	234214	3643	6948123	-4.8101	0.0005	-4.8106
40	Se	56595	36	234179	56559	6895207	-3.9690	0.0080	-3.9770
41	Sl	30222	702	233513	29520	6922246	-0.3484	0.0013	-0.3496
42	Sles	35132	1	234214	35131	6916635	-7.0763	0.0051	-7.0814

GEOMORFOLOGÍA									
CÓDIGO	CLASE	NPC	NPiX1	NPiX2	NPiX3	NPiX14	WI+	WI-	WF
43	Ss	553177	4654	229561	548523	6403243	-1.3790	0.0621	-1.4411
44	Ssan	41713	1	234214	41712	6910054	-7.2480	0.0060	-7.2540
45	Ssh	394108	16389	217826	377719	6574047	0.2530	-0.0167	0.2696
46	Sshlc	203519	441	233774	203078	6748688	-2.7418	0.0278	-2.7696
47	Sshle	156039	4667	229548	151372	6800394	-0.0887	0.0019	-0.0906
48	Sslp	209930	5711	228504	204219	6747547	-0.1863	0.0051	-0.1914
49	Sss	428443	9003	225212	419440	6532326	-0.4509	0.0230	-0.4739
50	Ssslc	57698	2959	231256	54739	6897027	0.4728	-0.0048	0.4776
51	Sssle	47826	1	234214	47825	6903941	-7.3848	0.0069	-7.3917

Fuente: Elaboración propia.

Figura 72.Zonificación de la Geomorfología en función del W final



Fuente: Elaboración propia.

**Curvatura**

De acuerdo a los resultados obtenidos en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, los ipos de curvatura que presentan un contraste positivo y por lo tanto implican una estrecha asociación con la ocurrencia de deslizamientos, corresponden principalmente a los cóncavos, sin embargo, en



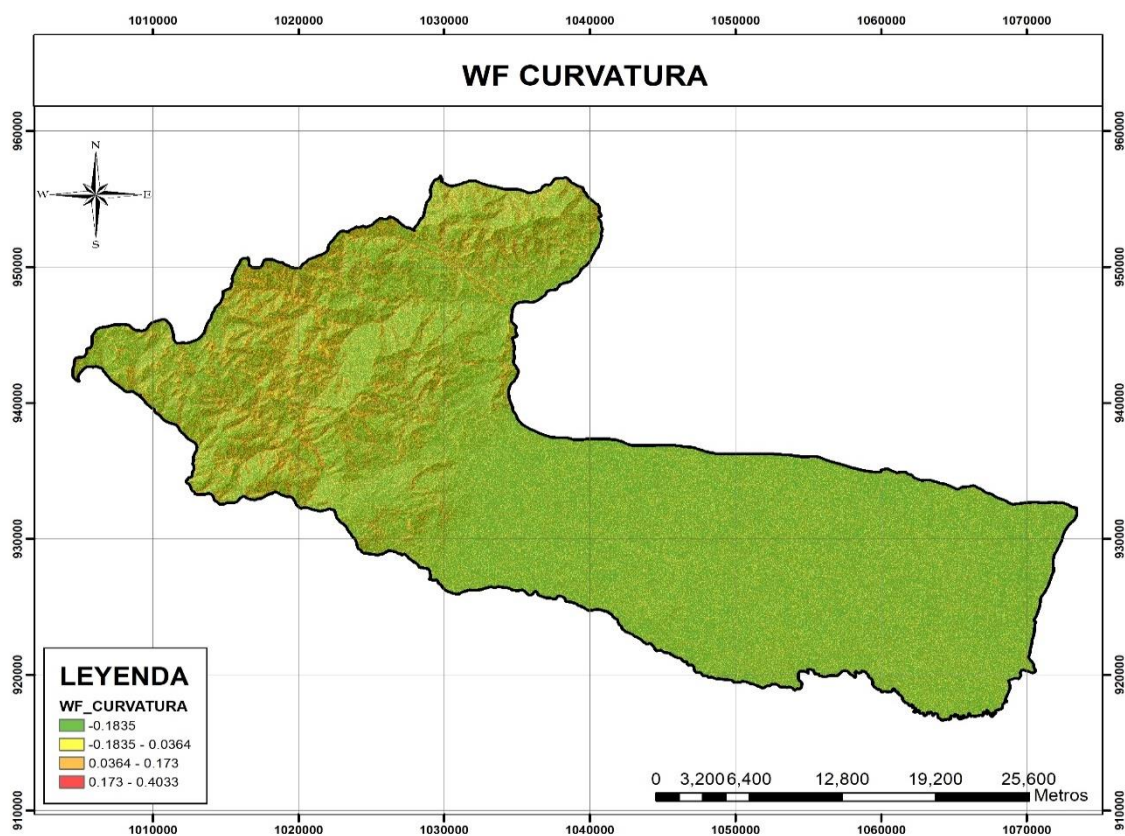
zonas de depósito los de curvatura convexa también son referentes de movimientos en masa, tal como se observa en la **Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

*Tabla 18 Cálculo de los valores obtenidos para la curvatura.*

CURVATURA										
COD	CLASE	NOMBRE	NPC	NPiX1	NPiX2	NPiX3	NPiX14	WI+	WI-	WF
1	-87.68 - -3.65	CÓNCAVO	82975	3032	231150	79943	6871856	0.1186	-0.0015	0.1200
2	-3.65 - -2.09	CÓNCAVO	159510	7578	226604	151932	6799867	0.3925	-0.0108	0.4033
3	-2.09 - -0.54	CÓNCAVO	1164950	43292	190890	1121658	5830141	0.1361	-0.0284	0.1645
4	-0.54 - 1.01	PLANO	4361385	132053	102129	4229332	2722467	-0.0759	0.1076	-0.1835
5	1.01-1.79	CONVEXO	1179157	39572	194610	1139585	5812214	0.0304	-0.0061	0.0364
6	1.79 - 3.35	CONVEXO	161217	6183	227999	155034	6796765	0.1688	-0.0042	0.1730
7	3.35 - 110.7	CONVEXO	76787	2472	231710	74315	6877484	-0.0126	0.0001	-0.0128

*Fuente: Elaboración propia.*

*Figura 73. Zonificación de la curvatura en función del W final.*



*Fuente: Elaboración propia.*

### **Pendientes**

De acuerdo a los resultados obtenidos en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, los tipos de pendiente que presentan un contraste positivo y por lo tanto implican una estrecha asociación con la ocurrencia de deslizamientos, corresponden principalmente a las abruptas a escarpadas entre  $6.84^{\circ}$  –  $26.57^{\circ}$ , tal como se observa en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**.

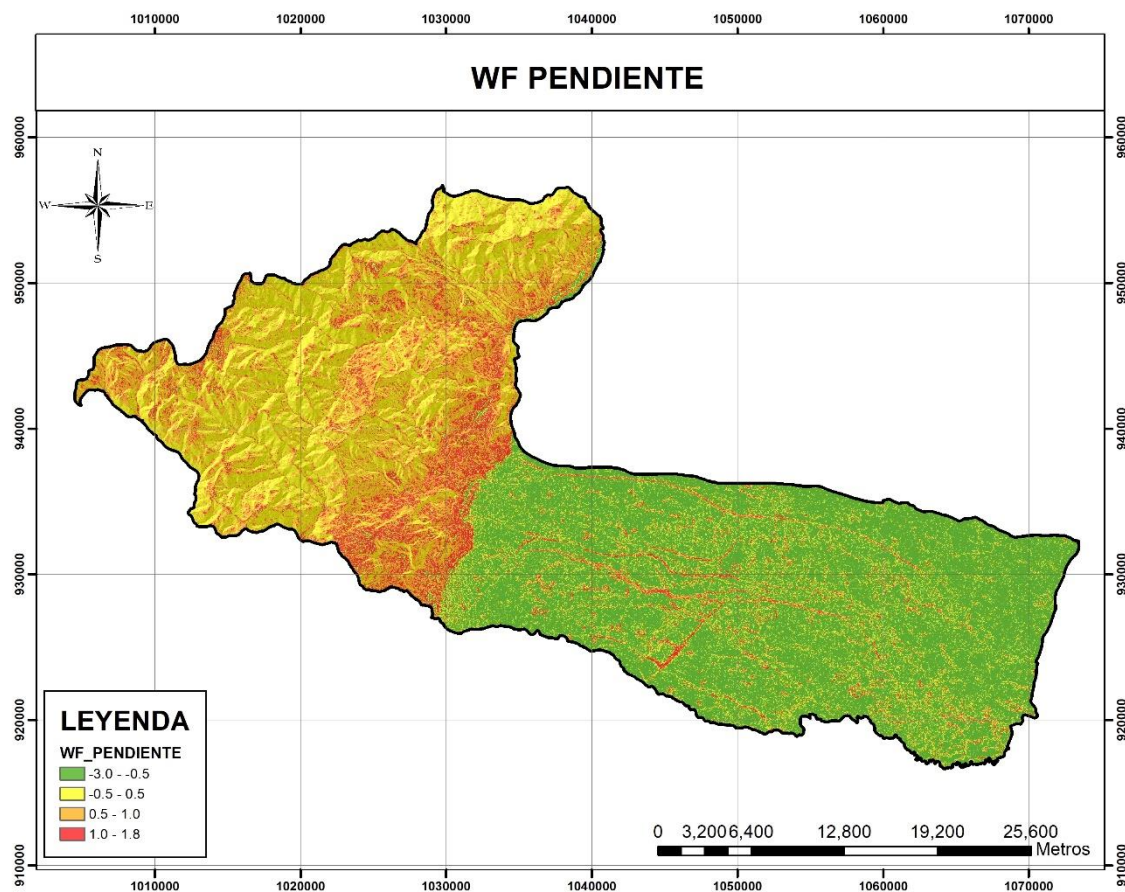
Las pendientes que en el municipio presentan una correlación negativa con los deslizamientos corresponden principalmente a pendientes suaves a moderadas entre  $0^{\circ}$  –  $6.84^{\circ}$  y pendientes que superan los  $26.57^{\circ}$ , que ya se consideran en su mayoría macizos rocosos estables.

*Tabla 19 Cálculo de los valores obtenidos para la Pendiente.*

PENDIENTES									
COD	CLASE	NPC	NPiX1	NPiX2	NPiX3	NPiX14	WI+	WI-	WF
1	0 - $1.72^{\circ}$	895395	1642	232540	893753	6058046	-2.9089	0.1306	-3.0394
2	$1.72^{\circ}$ - $4^{\circ}$	2042317	8086	226096	2034231	4917568	-2.1371	0.3110	-2.4481
3	$4^{\circ}$ - $6.84^{\circ}$	871431	21872	212310	849559	6102240	-0.2689	0.0323	-0.3011
4	$6.84^{\circ}$ - $14.03^{\circ}$	657056	79683	154499	577373	6374426	1.4102	-0.3292	1.7394
5	$14.03^{\circ}$ - $26.57^{\circ}$	1212427	75643	158539	1136784	5815015	0.6807	-0.2115	0.8923
6	$26.57^{\circ}$ - $36.87^{\circ}$	905361	26444	207738	878917	6072882	-0.1130	0.0153	-0.1284
7	$> 36.87^{\circ}$	601994	20812	213370	581182	6370617	0.0611	-0.0058	0.0669

**Fuente: Elaboración propia.**

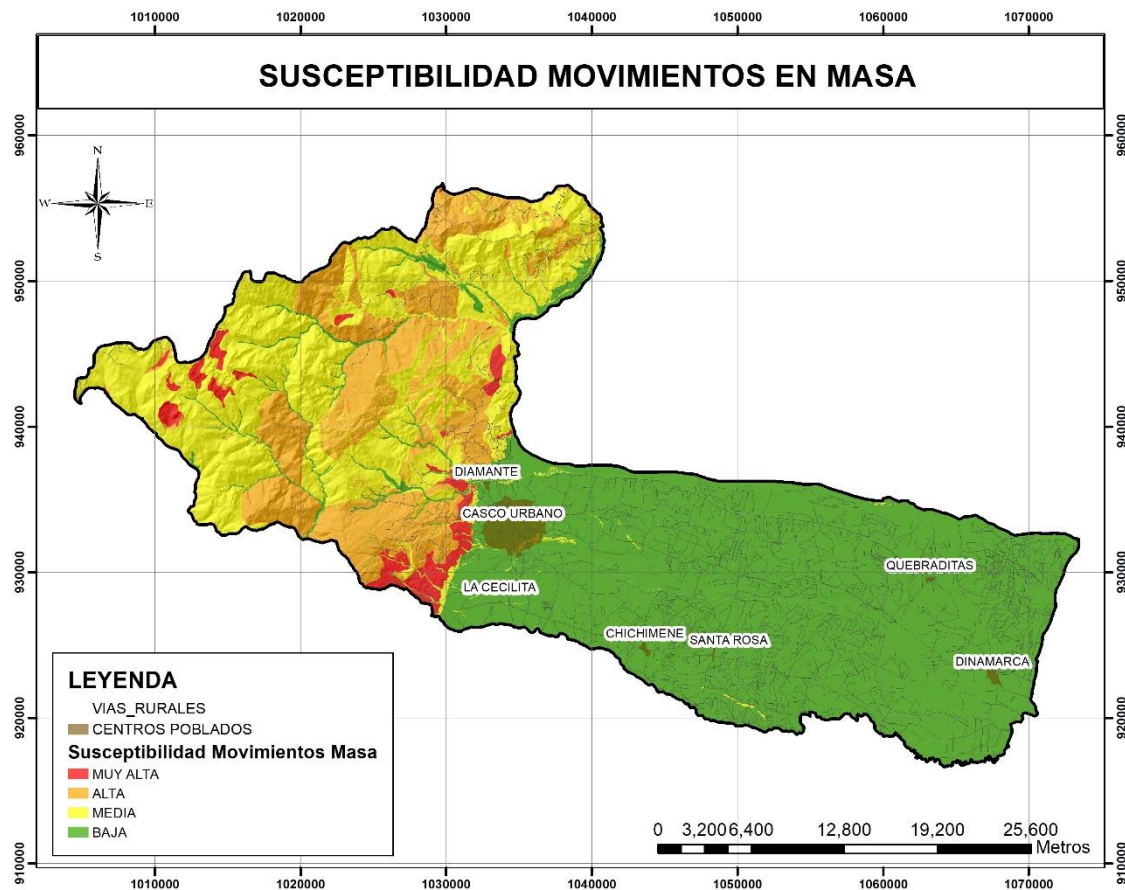
Figura 74. Zonificación de la Pendiente en función del W final



**Fuente: Elaboración propia.**

A continuación, se muestra el mapa de susceptibilidad el cual consiste en la sumatoria de cada uno de los factores causales obteniendo así el Wf representado 4 rangos diferentes, desde susceptibilidad baja, media, alta y muy alta.

Figura 75. Zonificación de la susceptibilidad relativa por Movimientos en Masa.



**Fuente:** Elaboración propia.

#### 6.5.4.5.2.2 Validación del modelo de susceptibilidad a movimientos en masa

Acorde a veguería (2006) la validación refleja la confiabilidad de los procesos del modelamiento y genera mayor facilidad a la hora de realizar una comparación para poder escoger el modelo que mejor se ajuste a los resultados esperados. Entre los métodos de validación se encuentra la curva ROC. Esta herramienta se usa con el fin de hacer una relación directa entre las zonas que se encuentran inestables en el terreno y las zonas de muy alta susceptibilidad

La curva ROC es una función que muestra la relación entre dos variables: la Sensibilidad, o rata de verdaderos positivos; y la 1 – Especificidad, o rata de falsos positivos (Vakhshoori & Zare, 2016) La *Sensibilidad* es la proporción de píxeles que fueron correctamente clasificados como de movimientos en masa (también llamados “inestables”) (Pham *et al*; 2016a). Se calcula mediante la fórmula:

$$\text{Sensibilidad} = \frac{TP}{TP+FN}; \text{ donde}$$

TP: Verdaderos Positivos (True Positives), son píxeles correctamente clasificados como “inestables”.

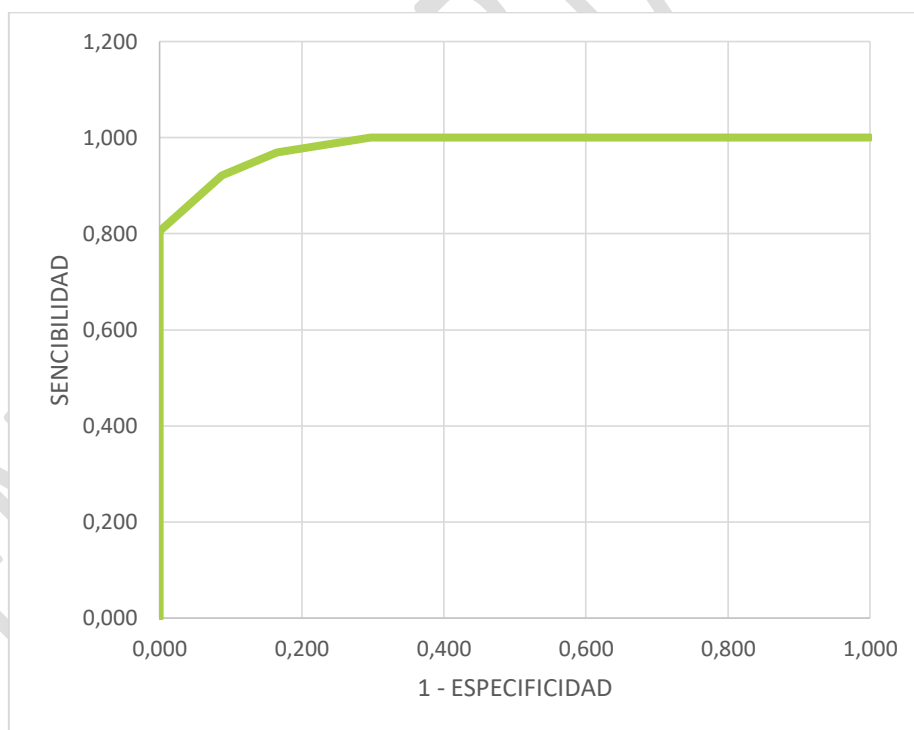


FN: Falsos Negativos (False Negatives), son pixeles incorrectamente clasificados como “estables. A su vez, la *Especificidad* corresponde a la proporción de pixeles correctamente clasificados como de no-movimientos en masa (también llamados “estables”) (Pham *et al*; 2016a). El uso de la curva ROC puede ser aplicado con un objetivo, sobre el modelo final: construir la Curva de Éxito (*Success Rate Curve*) (como lo citan en Vakhshoori & Zare, 2006; Osna *et al*; 2014; Lucà *et al*; 2011; Pham *et al*; 2016a y b). La Curva de éxito sirve para determinar qué tan bien los mapas de susceptibilidad han clasificado las áreas donde están los movimientos en masa, y se elabora con la ayuda de la información suministrada por el mapa de inventario de entrenamiento (*i.e.* el mapa que fue usado para la elaboración del documento de susceptibilidad, con el 70% de los movimientos) (Chung & Fabri, 1999 en Vakhshoori & Zare, 2016).

La medida estadística para valorar si la gráfica ROC es válida, es el área bajo la curva (AUC) de esta (Vakhshoori & Zare, 2016). La superficie bajo la curva debe residir en un intervalo entre 0.5 y 1.0: si el AUC está en un valor entre 0.9 y 1.0, se considera que la calidad del modelo es excelente; si se encuentra entre 0.8 y 0.9, se considera que este es bueno; si está entre 0.7 y 0.8, que es aceptable; si se aloja entre 0.6 y 0.7, es pobre; y finalmente, si es menor a 0.6, se considera que el documento no cumplió con las expectativas (Pham *et al*; 2016a; Vakhshoori & Zare, 2016).

A continuación, se muestran los datos y la curva que se generó dentro del análisis de este trabajo teniendo un área bajo la curva de 0.988 lo que significa que el modelo tiene un alto nivel de relación con las zonas de alta susceptibilidad y los movimientos en masa presentes el terreno

*Figura 75. Resultados de la curva ROC.*



**Fuente: Elaboración propia.**

Tabla 20 resultados de validación del modelo de Susceptibilidad.

CLASE	PIXELES CON DESLIZAMIENTO EN CADA CLASE	TODOS LOS PIXELES DEL MAPA CON DESLIZAMIENTO	TODOS LOS PIXELES DE CADA CLASE	TODOS LOS PIXELES DEL MAPA	1 - ESPECIFICIDAD	SENSIBILIDAD	AUC
1	0	234182	851291	7185981	1.000	1.000	0.988
2	0		359714		0.878	1.000	
3	0		444794		0.826	1.000	
4	0		488766		0.762	1.000	
5	0		991840		0.692	1.000	
6	0		476712		0.549	1.000	
7	2		306590		0.480	1.000	
8	15		368917		0.436	1.000	
9	0		358846		0.383	1.000	
10	0		239767		0.331	1.000	
11	7270		927182		0.297	1.000	
12	11202		546527		0.165	0.969	
13	26396		625294		0.088	0.921	
14	243		10687		0.002	0.808	
15	3179		3179		0.000	0.807	
16	20671		20671		0.000	0.794	
17	36404		36404		0.000	0.705	
18	26438		26438		0.000	0.550	
19	44222		44222		0.000	0.437	
20	58140		58140		0.000	0.248	

Fuente: Elaboración propia.

#### 6.5.4.5.3 Factores detonantes

El Decreto 1807 de 2014 define como factores detonantes la lluvia y los sismos, este ultimo de gran relevancia en el municipio de Acacías debido a que el municipio se encuentra localizado sobre el sistema de fallas del borde llanero. A continuación, se detallan los factores detonantes determinados para el análisis de la estabilidad de las laderas del municipio.

##### 6.5.4.5.3.1 Lluvia

La respuesta de las laderas a una lluvia con capacidad de detonar un movimiento en masa depende del posible mecanismo de falla. Altas intensidades de lluvia frecuentemente detonan movimientos superficiales y flujos de detritos debido a que la disipación de las presiones de poros positivas es muy rápida, especialmente en materiales permeables. Lluvias de baja a moderada intensidad, que se presentan por días o semanas, pueden detonar flujos de detritos y deslizamientos profundos, siendo entonces importante la lluvia antecedente al reducir la succión del suelo e incrementar las presiones de poros positivas, especialmente en suelos de baja permeabilidad (Corominas et al., 2013).

#### 6.5.4.5.3.1.1 Análisis de eventos históricos

La recopilación de información de eventos amenazantes ocurridos sobre la zona de estudio se llevó a cabo mediante la consulta de fuentes secundarias. Las fuentes de información secundarias son todas aquellas entidades oficiales cuyo objeto sea el manejo y atención de desastres. De acuerdo con el capítulo II de la Ley 1523 de 2012, algunos de los actores que pertenecen al Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y que fueron consultados para la construcción del catálogo de eventos históricos de amenaza son:

- Corporación Autónoma Regional del Meta (CORMACARENA)
- Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – UNGRD

De igual forma se revisaron páginas web de acceso libre, con disponibilidad de consulta de registros de eventos amenazantes, como el aplicativo del Sistema de Información de Movimientos en Masa (SIMMA) del Servicio Geológico Colombiano y la base de datos de DesInventar que recopila información de pérdidas, daños, o efectos ocasionados por emergencias o desastres de pequeños, medianos y grandes impactos.

#### **Bases de datos de SIMMA**

Tabla 21. Eventos Históricos SIMMA municipio de Acacías 1980-2018.

No	PROCESO	FECHA	ESTE	NORTE
1	Deslizamiento	5/06/1980	1015821	943277
2	Deslizamiento	23/12/1993	1021629	941646
3	Flujo	23/12/1993	1016911	940795
4	Flujo	23/12/1993	1018461	939942
5	Flujo	23/12/1993	1019109	943784
6	Deslizamiento	23/12/1993	1020367	940197
7	Deslizamiento	23/12/1993	1017900	935808
8	Deslizamiento	23/12/1993	1017767	934039
9	Deslizamiento	23/12/1993	1018041	933851
10	Deslizamiento	23/12/1993	1017616	940775
11	Deslizamiento	23/12/1993	1016791	943203
12	Deslizamiento	23/12/1993	1016981	938915
13	Deslizamiento	23/12/1993	1018416	939018
14	Flujo	23/12/1993	1019984	933483
15	Deslizamiento	23/12/1993	1018118	941926
16	Deslizamiento	23/12/1993	1019470	943243
17	Deslizamiento	23/12/1993	1016494	942850
18	Deslizamiento	12/06/1994	1025072	948743
19	Deslizamiento	16/05/1996	1023449	931960
20	Deslizamiento	23/04/1999	1015123	946783
21	Deslizamiento	23/04/1999	1022703	940547
22	Deslizamiento	2/09/2002	1032972	955222
23	Deslizamiento	3/01/2003	1032820	936151
24	Deslizamiento	27/01/2007	1019001	939159
25	Deslizamiento	27/11/2007	1020760	941167
26	Deslizamiento	27/11/2007	1021298	940540

No	PROCESO	FECHA	ESTE	NORTE
27	Deslizamiento	27/11/2007	1022217	940489
28	Deslizamiento	27/11/2007	1019676	937233
29	Deslizamiento	27/11/2007	1020377	939756
30	Deslizamiento	27/11/2007	1021683	937345
31	Deslizamiento	27/11/2007	1021768	937698
32	Deslizamiento	27/11/2007	1019857	937811
33	Deslizamiento	27/11/2007	1019983	939868
34	Deslizamiento	27/11/2007	1019388	936166
35	Deslizamiento	27/11/2007	1019845	936224
36	Deslizamiento	27/11/2007	1019494	939278
37	Deslizamiento	27/11/2007	1019591	939304
38	Deslizamiento	27/11/2007	1019806	939421
39	Deslizamiento	27/11/2007	1015268	939167
40	Deslizamiento	27/11/2007	1017152	936056
41	Deslizamiento	27/11/2007	1019027	937741
42	Deslizamiento	27/11/2007	1015177	939852
43	Deslizamiento	27/11/2007	1019198	936203
44	Deslizamiento	27/11/2007	1018256	936052
45	Deslizamiento	27/11/2007	1018530	935231
46	Deslizamiento	27/11/2007	1017996	935819
47	Deslizamiento	27/11/2007	1019339	938280
48	Deslizamiento	27/11/2007	1018893	936112
49	Deslizamiento	27/11/2007	1019164	939920
50	Deslizamiento	27/11/2007	1019618	941355
51	Flujo	13/02/2010	1018481	934265
52	Deslizamiento	13/02/2010	1017344	942058
53	Deslizamiento	13/02/2010	1021748	938724
54	Deslizamiento	13/02/2010	1017445	935437
55	Deslizamiento	13/02/2010	1017357	939076
56	Flujo	16/02/2010	1021008	934241
57	Deslizamiento	17/02/2010	1018480	939513
58	Deslizamiento	17/02/2010	1017689	935329
59	Deslizamiento	17/02/2010	1021170	935077
60	Deslizamiento	17/12/2012	1038343	935225
61	Flujo	17/12/2012	1037007	952387
62	Flujo	17/12/2012	1039844	954645
63	Caída	17/12/2012	1038667	952838
64	Deslizamiento	3/01/2015	1026405	937532
65	Flujo	3/01/2015	1028282	933768
66	Caída	3/01/2015	1025575	931636
67	Deslizamiento	21/01/2015	1019633	939390
68	Deslizamiento	21/01/2015	1018289	938817
69	Deslizamiento	24/01/2015	1020148	935158
70	Deslizamiento	24/01/2015	1019854	937116
71	Deslizamiento	24/01/2015	1019892	938427
72	Deslizamiento	24/01/2015	1020529	937714



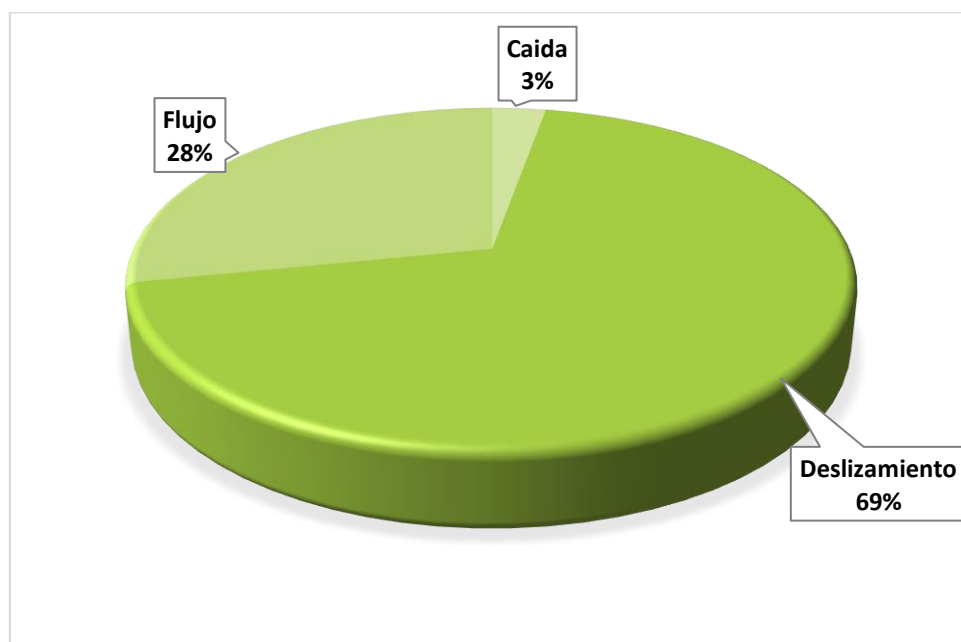
No	PROCESO	FECHA	ESTE	NORTE
73	Flujo	14/04/2015	1019902	942040
74	Flujo	14/04/2015	1015595	942410
75	Flujo	14/04/2015	1015067	935641
76	Flujo	13/06/2015	1018686	936730
77	Deslizamiento	20/06/2015	1029646	954589
78	Deslizamiento	21/12/2015	1017594	937881
79	Deslizamiento	21/12/2015	1017551	938020
80	Deslizamiento	21/12/2015	1017630	937506
81	Deslizamiento	21/12/2015	1018157	936651
82	Deslizamiento	21/12/2015	1017594	937881
83	Deslizamiento	21/12/2015	1017551	938020
84	Deslizamiento	21/12/2015	1016327	938019
85	Deslizamiento	21/12/2015	1016697	937390
86	Deslizamiento	21/12/2015	1016994	936552
87	Flujo	21/12/2015	1016826	936564
88	Flujo	21/12/2015	1016009	939497
89	Flujo	21/12/2015	1015585	938720
90	Deslizamiento	21/12/2015	1021389	938383
91	Flujo	21/12/2015	1020646	940732
92	Flujo	21/12/2015	1019522	941010
93	Deslizamiento	21/12/2015	1019763	939774
94	Deslizamiento	21/12/2015	1020089	939897
95	Flujo	21/12/2015	1018667	941924
96	Deslizamiento	21/12/2015	1020028	940894
97	Flujo	21/12/2015	1017505	939831
98	Deslizamiento	21/12/2015	1018823	938205
99	Deslizamiento	21/12/2015	1020189	937669
100	Deslizamiento	21/12/2015	1020046	942164
101	Deslizamiento	21/12/2015	1020405	941544
102	Flujo	11/09/2017	1018510	933698
103	Deslizamiento	11/09/2017	1020389	932550
104	Deslizamiento	11/09/2017	1018278	937331
105	Flujo	11/09/2017	1016423	936380
106	Flujo	11/09/2017	1018752	936271
107	Flujo	11/09/2017	1017836	936406
108	Flujo	11/09/2017	1017645	937440
109	Caída	7/10/2017	1034254	940917
110	Caída	7/10/2017	1039358	953078
111	Flujo	27/11/2017	1014105	939354
112	Flujo	27/11/2017	1015633	936429
113	Flujo	27/11/2017	1018590	943810
114	Flujo	27/11/2017	1019163	940855
115	Flujo	27/11/2017	1019358	940394
116	Flujo	27/11/2017	1020330	940383
117	Flujo	27/11/2017	1019710	939461
118	Deslizamiento	6/12/2017	1018483	943210

No	PROCESO	FECHA	ESTE	NORTE
119	Deslizamiento	6/12/2017	1019918	941123
120	Deslizamiento	6/12/2017	1017464	942250
121	Deslizamiento	6/12/2017	1018005	943302
122	Deslizamiento	6/12/2017	1017569	943063
123	Deslizamiento	6/12/2017	1018406	943084
124	Flujo	6/12/2017	1018470	940815
125	Deslizamiento	6/12/2017	1018579	942659
126	Deslizamiento	6/12/2017	1018705	942808
127	Deslizamiento	6/12/2017	1018390	942997
128	Flujo	6/12/2017	1019938	941812
129	Deslizamiento	6/12/2017	1019908	941336
130	Flujo	24/01/2018	1019058	943596
131	Deslizamiento	24/01/2018	1014101	939831
132	Deslizamiento	24/01/2018	1020174	937266
133	Deslizamiento	24/01/2018	1014466	939765
134	Deslizamiento	24/01/2018	1015633	938540
135	Deslizamiento	24/01/2018	1014558	935828
136	Deslizamiento	24/01/2018	1015568	936013
137	Flujo	24/01/2018	1019075	939246
138	Deslizamiento	24/01/2018	1017636	938072
139	Flujo	24/01/2018	1018333	944216
140	Flujo	24/01/2018	1016947	942097
141	Flujo	15/11/2018	1015015	939692
142	Flujo	15/12/2018	1019358	936962

*Fuente: SIMMA, 2018.*

En la consulta se encontraron 142 eventos en total de fenómenos de deslizamientos, flujos y caídas. Siendo los deslizamientos los de mayor importancia con 98 registros desde 1980.

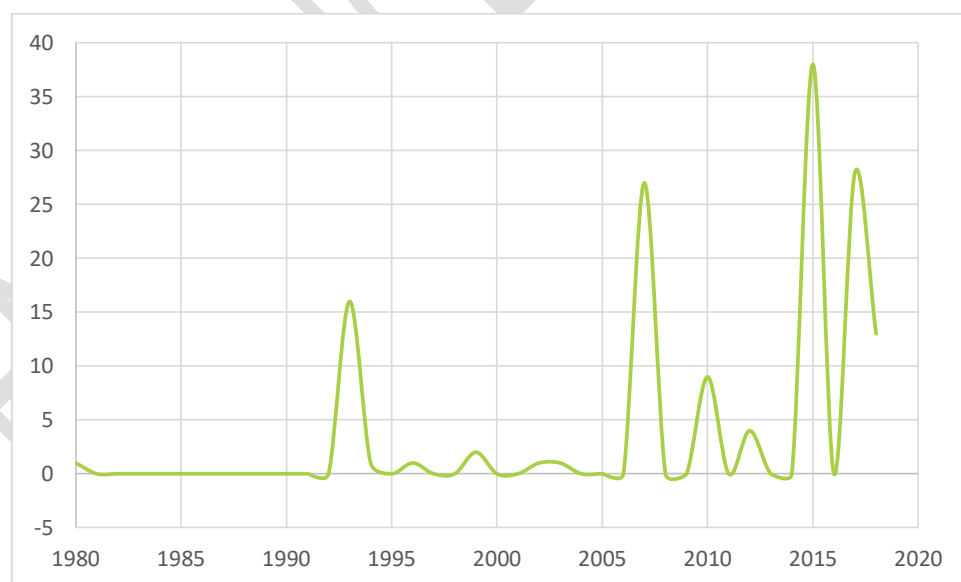
Figura 76. Análisis porcentual de los eventos históricos de la UNGRD 2018.



Fuente: Elaboración propia.

Se determinó que los movimientos en masa distribuidos de manera porcentual obedecen al 3% caídas, 28% flujos y 69% deslizamientos.

Figura 77. Análisis de recurrencia de eventos históricos UNGRD, 2019.



Fuente: Elaboración propia.

De la ilustración se aprecia un considerable incremento de los eventos de movimientos en masa en el municipio de Acacías desde 1993, y hasta el presente en donde son más recurrentes o en donde se

reportan con mayor frecuencia, ya que en el pasado no se contaba con las bases de datos que administran este tipo de registros.

### **Bases de datos de DesInventar**

La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres, (antes Red de Estudios Sociales sobre Desastres en América Latina), ha desarrollado un software para la captura y consulta de desastres y ha llevado a cabo el registro de estos en la base de datos a manera de inventario de desastres, sistema que ha denominado DesInventar.

Este sistema tiene el fin de proveer a los diversos actores en actividades de prevención y mitigación de desastres de mejores capacidades para el acopio, procesamiento, análisis y representación homogénea de los desastres, entendidos como los efectos adversos sobre poblaciones, bienes e infraestructura vulnerables por fenómenos socionaturales y naturales.

En el presente apartado se evidencian los eventos de desastres ocurridos en el Municipio de Acacías, tomando como referencia la Base de Datos y el Sistema de inventario de efectos de desastres DESINVENTAR, frente a los fenómenos de inundación, deslizamientos, avenidas torrenciales e incendios forestales:

*Tabla 22 Eventos Históricos DesInventar municipio de Acacías 1959-2017.*

ID	FECHA	EVENTO	MUERTOS	HERIDOS	FUENTE
1	1984/9/2	Inundación	4	0	EL TIEMPO 1984-09-05
2	1994/5/6	Inundación	0	0	REONAD
3	1971/7/23	Inundación	0	0	EL TIEMPO 1971-07-25 P.8
4	1994/5/30	Avenida Torrencial	1	15	EL TIEMPO 1994-05-31
5	1994/5/15	Avenida Torrencial	0	0	REONAD
6	1994/5/15	Inundación	0	0	REONAD
7	2010/11/2	Inundación	0	0	DGR
8	1971/6/14	Inundación	0	0	EL TIEMPO 1971-06-16 P.2
9	2016/9/24	Vendaval	0	0	UNGRD
10	2016/8/27	Vendaval	0	0	UNGRD
11	2015/10/13	Inundación	0	0	UNGRD
12	1987/7/15	Inundación	0	0	EL TIEMPO 1987-07-16 P. 2A
13	1999/4/23	Deslizamiento	0	0	DNPAD
14	2016/11/11	Inundación	0	0	UNGRD
15	2012/5/12	Vendaval	0	0	UNGRD
16	1952/5/6	Inundación	0	0	BDOD-00582
17	1980/6/15	Deslizamiento	0	0	BDOD-30100
18	2016/1/30	Incendio Forestal	1	0	UNGRD
19	2010/12/21	Inundación	1	0	DGR
20	1975/7/7	Deslizamiento	0	0	EL TIEMPO 1975 -07-09 P.8A

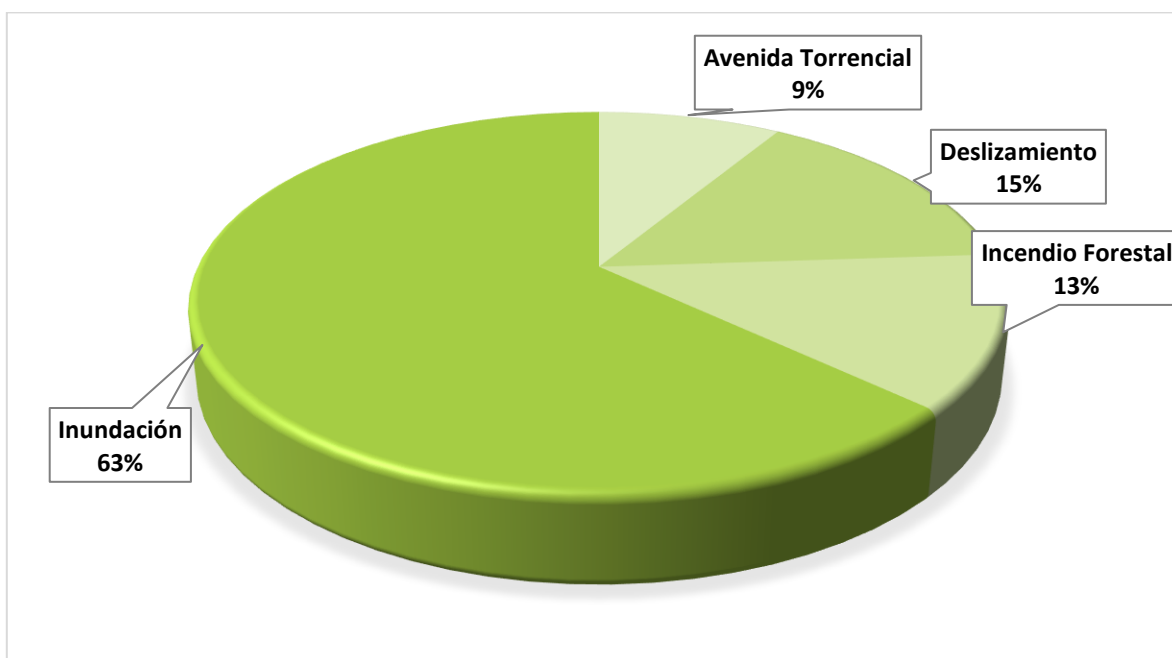


ID	FECHA	EVENTO	MUERTOS	HERIDOS	FUENTE
21	1973/8/30	Inundación	0	0	EL TIEMPO 1973-09-01 P.6A
22	1996/5/13	Inundación	0	0	EL TIEMPO 1996-05-14/16/17
23	1988/2/24	Incendio Forestal	0	0	EL TIEMPO 1988-02-25 2-A
24	1985/5/15	Inundación	0	0	BDOD-60311
25	2015/4/14	Inundación	0	0	UNGRD
26	2011/12/1	Inundación	0	0	DGR
27	2013/3/28	Avenida Torrencial	0	0	UNGRD
28	2017/12/21	Incendio Forestal	0	0	UNGRD
29	1972/5/22	Inundación	0	0	EL TIEMPO 1972-05-23 P.8A
30	1980/10/7	Inundación	1	0	EL TIEMPO 1980-10-08
31	1994/5/5	Inundación	0	0	EL TIEMPO 1994-04-06
32	2013/2/2	Incendio Forestal	0	0	UNGRD
33	2017/12/22	Incendio Forestal	0	0	UNGRD
34	2016/7/12	Deslizamiento	0	1	UNGRD
35	2010/11/2	Inundación	0	0	DGR
36	2011/4/2	Vendaval	0	0	DGR
37	1972/5/22	Inundación	0	0	EL TIEMPO 1972-05-23 P.8A
38	2005/2/15	Inundación	0	0	DPAD
39	2008/11/2	Inundación	0	0	DGR
40	1981/6/8	Inundación	0	0	EL TIEMPO 1981-06-10(mie)
41	1980/6/5	Deslizamiento	0	0	BDOD-30103
42	1987/10/22	Inundación	0	0	BDOD-60589
43	2016/8/16	Inundación	0	0	UNGRD
44	1985/10/2	Incendio Forestal	0	0	EL TIEMPO 1985-10-03
45	1994/6/12	Deslizamiento	0	0	EL TIEMPO 1994-06-13
46	1994/5/5	Avenida Torrencial	2	2	REONAD
47	1959/7/15	Inundación	0	0	BDOD-00762
48	1998/5/5	Deslizamiento	0	0	DNPAD
49	2005/11/1	Inundación	0	0	DPAD
50	1984/9/4	Inundación	6	0	EL TIEMPO 1984-09-05

Fuente: DesInventar, 2019.

En la consulta se encontraron 50 eventos en total de fenómenos de inundación, deslizamientos, avenidas torrenciales e incendios forestales. Siendo los deslizamientos lo que han afectado más a los habitantes del municipio con un saldo de 16 vidas humanas. A continuación se hace un análisis estadístico de la información.

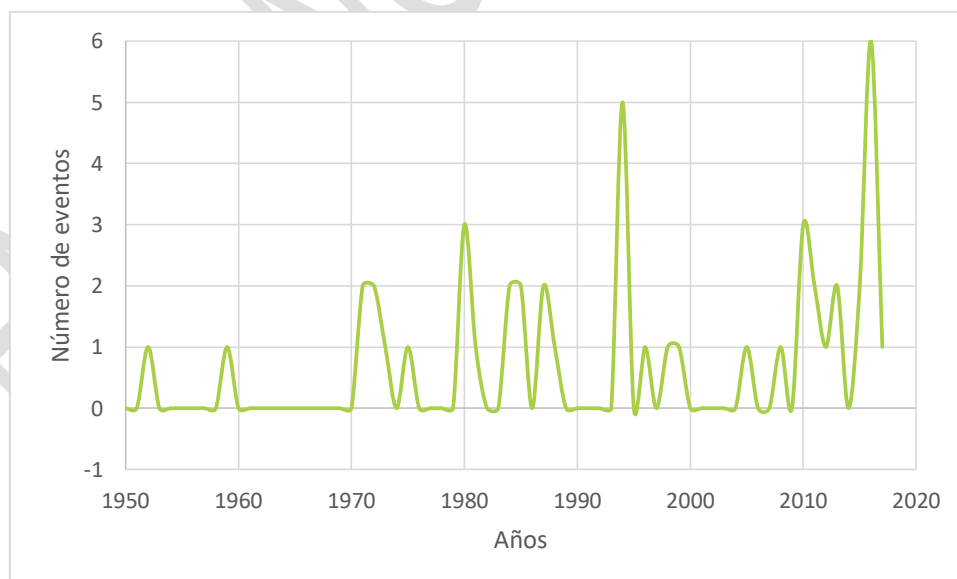
Figura 78 Análisis porcentual de los eventos históricos de DesInventar 2019.



Fuente: Elaboración propia.

Se determinó que los eventos históricos asociados a fenómenos naturales dentro del municipio de Acacías, el 9% corresponde a avenidas torrenciales, el 13% a incendios forestales, un 15% a deslizamientos y el 63% a Inundaciones, siendo este último el que ha cobrado más vidas humanas.

Figura 79 Análisis de recurrencia de eventos históricos DesInventar, 2019.



Fuente: Elaboración propia.

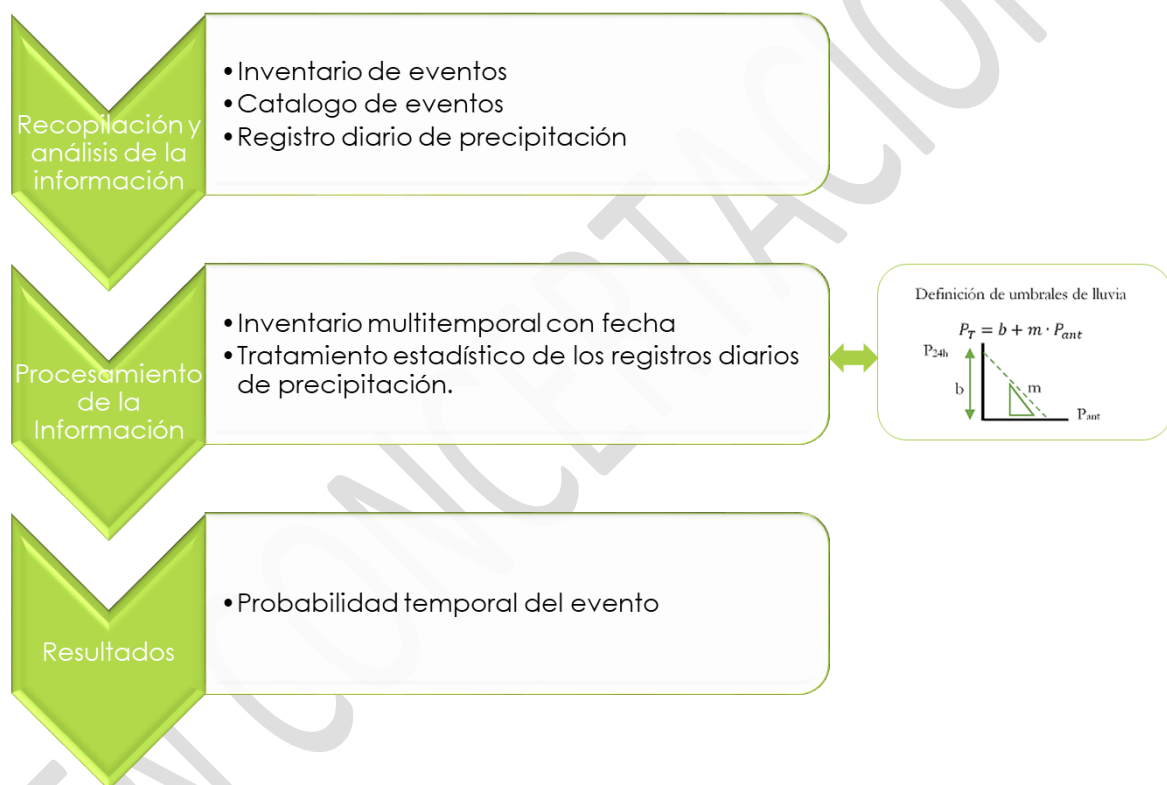
Aunque los eventos amenazantes como las inundaciones, avenidas torrenciales, incendios forestales y deslizamientos siempre han afectado el municipio de Acacías, se presentan reportes de estos desde 1950, y un incremento de los reportes desde 1994.

#### 6.5.4.5.3.1.2 Probabilidad de excedencia de umbrales de lluvia

El análisis de la relación movimiento en masa y detonante es particular para cada zona de estudio y el objetivo de los estudios realizados con este enfoque busca determinar los valores críticos del detonante que pueden explicar la posible ocurrencia de un movimiento en masa (Corominas et al., 2013).

En general, se realizó el análisis a partir del periodo de retorno de la lluvia de 24 horas que detonó el evento o el movimiento en masa, y de la lluvia acumulada antecedente asociada.

Figura 80. Metodología para el cálculo de la probabilidad temporal a partir de umbrales de lluvia



Fuente: Ajustado de SGC. (2017).

La probabilidad anual de excedencia se estima como la probabilidad de que un evento exceda una o más veces el umbral de lluvia en un período de retorno. Para simplificar el modelo se supone que si la cantidad de lluvia en un periodo dado  $P(t)$ , excede el umbral de lluvia  $P_T$ , entonces la probabilidad que se detone el deslizamiento  $P(L)$  es igual a 1, siendo estos valores función de la lluvia diaria  $P(t)$  y de la lluvia antecedente  $P_{ant}(t)$ . Estas cantidades medidas en mm se obtienen de las siguientes ecuaciones:

$$P(t) = f [P_{24h}(t), P_{ant}(t)]$$

$$P[L|P(t) > P_T] = 1 \text{ y } P[L|P(t) \leq P_T] = 0$$

De lo anterior se deduce que:

$$P[L] = P[P(t) > PT]$$

La probabilidad anual de excedencia se determina usando un modelo de probabilidad de Poisson:

$$P(N \geq 1; t) = 1 - (e^{-\lambda t})$$

Donde, N es el número de deslizamientos que ocurren durante el tiempo t;  $\lambda$  es el promedio de ocurrencias de deslizamientos en el mismo intervalo de tiempo, el cual se puede obtener del análisis multitemporal de movimientos en masa. Sin embargo, esta probabilidad está estrechamente ligada a la magnitud de los movimientos en masa y a sus diferentes tipos.

Se recopiló información de precipitación de las estaciones dentro del municipio las cuales son monitoreadas por la CAR y el IDEAM, para el cálculo de probabilidad de excedencia de umbrales de lluvia se utilizaron las más cercanas las cuales son, Manzanares, Acacias, Caño Hondo y El Toro.

Figura 81. Estaciones Hidrometeorológicas.



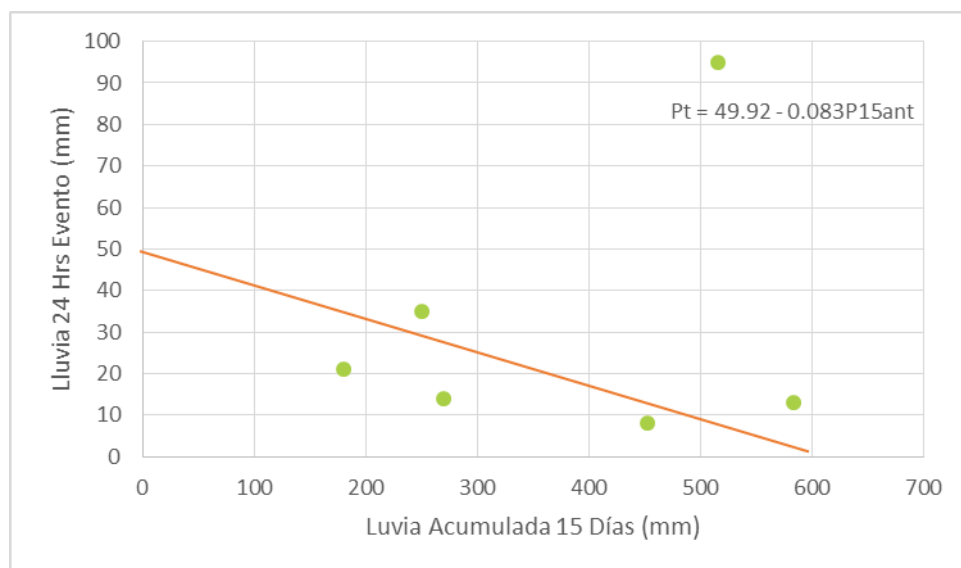
Fuente: Elaboración propia.

Se realizó una búsqueda en los registros de precipitación diaria en cada estación, extrayéndose el valor de precipitación en mm para el día del evento, al igual, que los valores de precipitación acumulada para los 15 días anteriores (estos últimos excluyendo el día del evento). Dichos datos son representados en



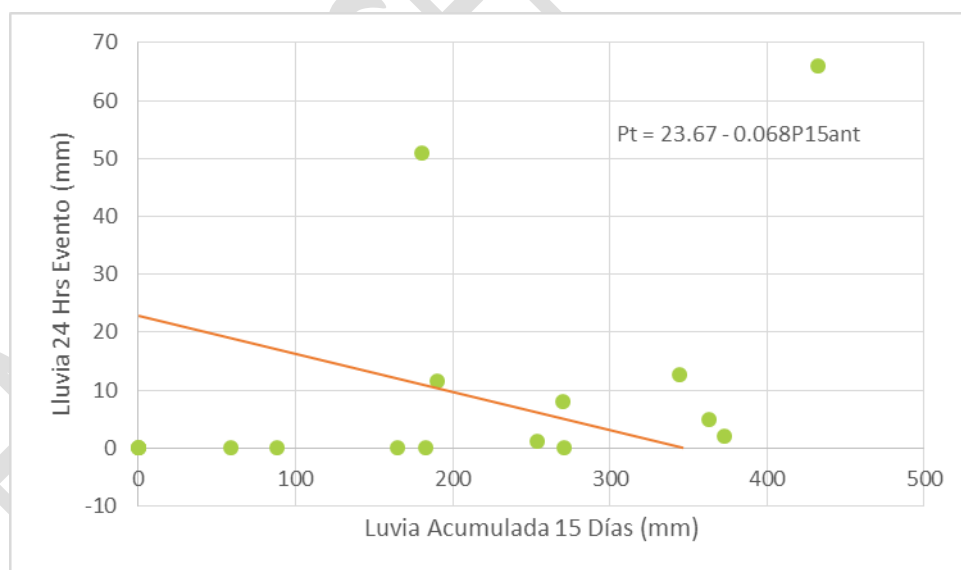
un gráfico de dispersión, donde, en el eje vertical se muestra la precipitación para la fecha del evento y en el eje horizontal los valores de precipitación acumulada para los 15 días anteriores.

Figura 82. Umbral para los 15 días anteriores al evento, estación 35020030 (MANZANARES).



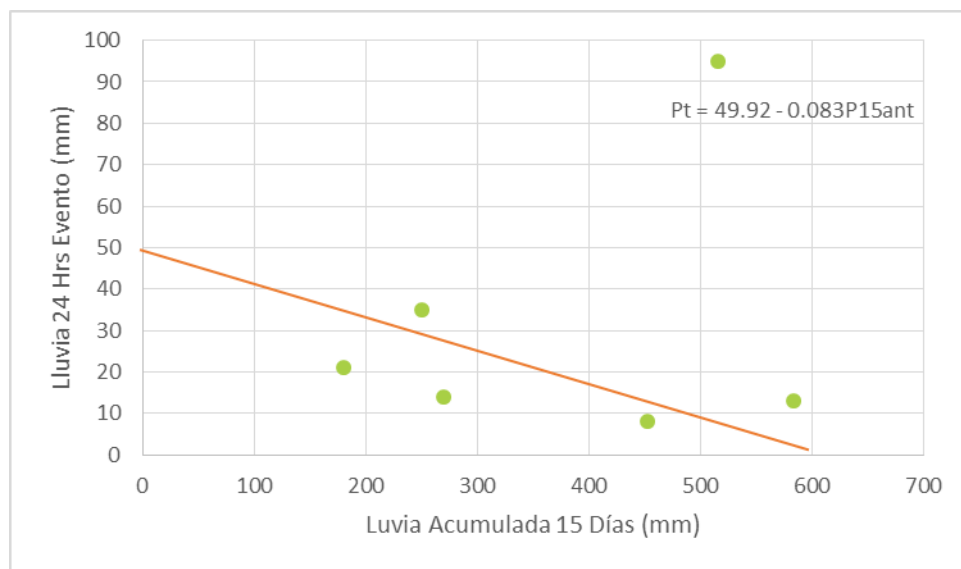
Fuente: Elaboración propia.

Figura 83 Umbral para los 15 días anteriores al evento, estación 35010020 (ACACÍAS).



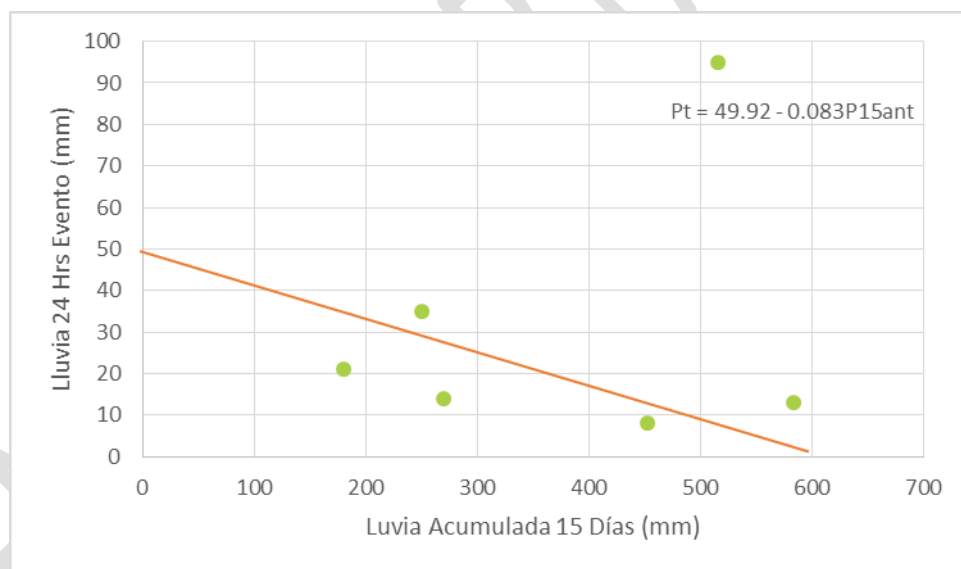
Fuente: Elaboración propia.

Figura 84 Umbral para los 15 días anteriores al evento, estación 35010060 (CAÑO HONDO).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 85 Umbral para los 15 días anteriores al evento, estación 35010040 (EL TORO).



Fuente: Elaboración propia.

Para estimar la probabilidad de superar el umbral de lluvia detonante, se llevó a cabo un conteo del número de veces en que la precipitación diaria  $P$  supera de forma sucesiva o continua el umbral  $P_t$  a lo largo de todo el registro de lluvias diarias para cada una de las estaciones analizadas.

La probabilidad temporal de que ocurra un movimiento en masa cuando la precipitación supera un umbral  $P_t$  es el producto de la probabilidad de que el umbral de lluvia sea superado en un año y la probabilidad de que se detone dicho movimiento en masa dado que el umbral fue excedido. En la

siguiente tabla se muestra el cálculo de la probabilidad temporal para los 15 días precedentes al evento y correspondientes a la Estación 54030110 (EL BOSQUE) y 54030160 (EL CAIRO), siendo seleccionada para el cálculo de la amenaza la probabilidad temporal de 15 días antecedentes.

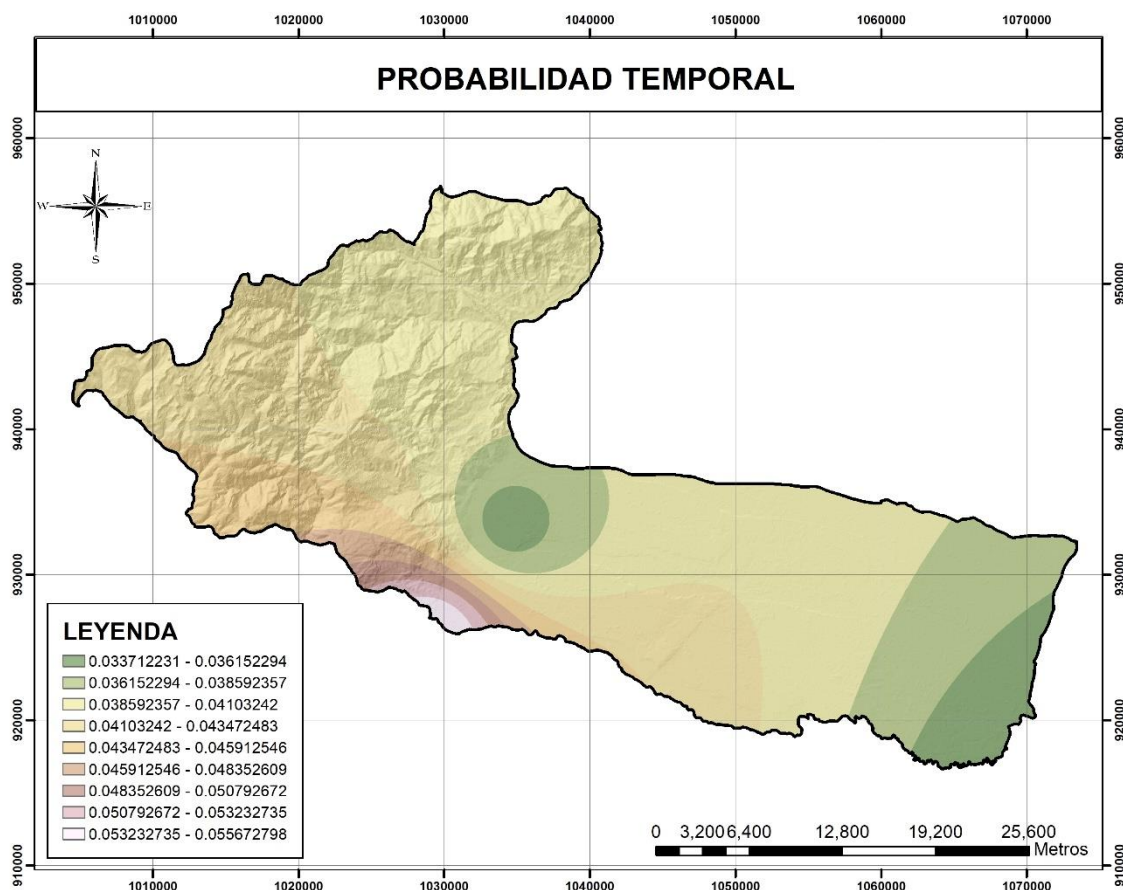
*Tabla 23 Probabilidades para los 15 anteriores al evento.*

Estación	Periodo	Ecuación de la recta	Número esperado de eventos	Número de veces en que se excedió el umbral	$P[p>pt]$	Frec. de eventos	$p[L P>Pt]$	Probabilidad temporal $P[P>Pt] \times P[L p>pt]$
Acacias	P15ant	$Pt = 23.67 - 0.068P15ant$	>1	7	0.0657	13	0.54	0.035
Manzanar es	P15ant	$Pt = 49.92 - 0.083P15ant$	>1	3	0.0796	6	0.50	0.040
El Toro	P15ant	$Pt = 14.92 - 0.067P15ant$	>1	6	0.0648	12	0.50	0.032
Caño Hondo	P15ant	$Pt = 42.85 - 0.119P15ant$	>1	8	0.1122	16	0.50	0.056

*Fuente: Elaboración propia.*

Se realizó la espacialización de la probabilidad temporal con los resultados obtenidos de los registros de la estación El Bosque y la estación El Cairo, ponderando la estación Las Brisas con el mismo valor que la Estación El Cairo por su proximidad. A continuación, se presenta la zonificación de la probabilidad temporal para el municipio de Acacias.

Figura 86 Probabilidad Temporal.



Fuente: Elaboración propia.

#### 6.5.4.5.3.2 Sismo

La aplicación de una fuerza sísmica horizontal sobre los materiales potencialmente inestables de una ladera puede potenciar la ocurrencia de deslizamientos al aumentar el esfuerzo cortante, disminuir la resistencia por aumento de la presión de poros y por las deformaciones asociadas por la onda sísmica, llegando a la falla por esfuerzo cortante (Alzate, 2012).

La determinación de la aceleración sísmica estuvo basada en datos generados por la norma Sismo Resistente NSR-10 y demás lineamientos que esta norma contempla. La expresión empleada para su determinación es la que sigue:

$$Sa = ST \times Aa \times Fa \times I$$

Dónde:

**ST:** Coeficiente de amplificación sísmica.

**Aa:** Coeficiente de aceleración horizontal pico efectiva.

**Fa:** Coeficiente de amplificación.

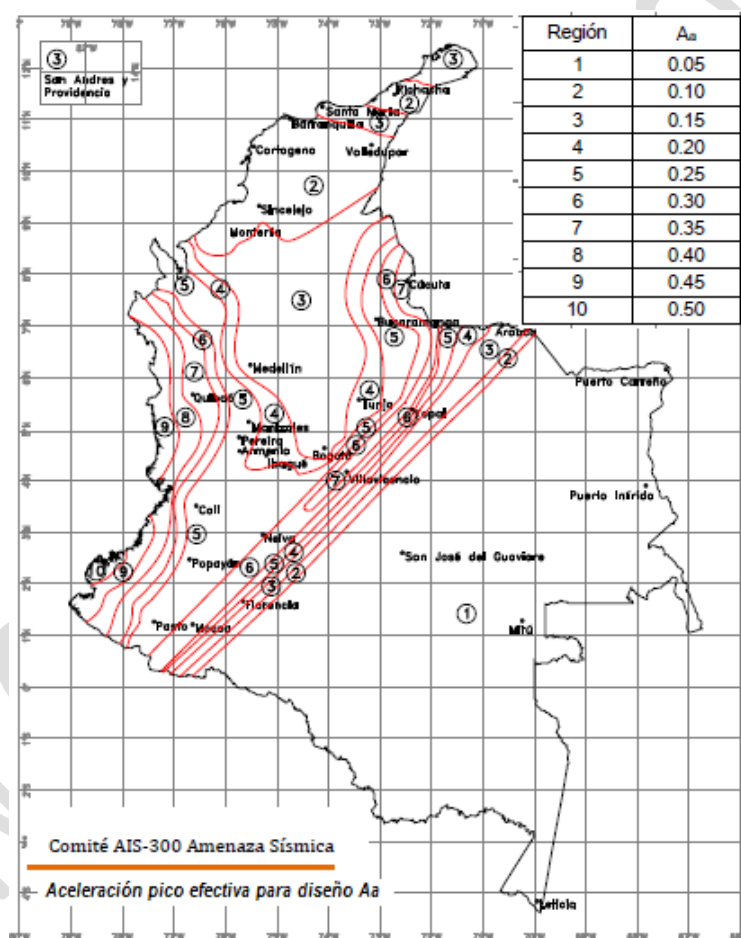
**I:** Coeficiente de importancia.

A continuación, se detalla el procedimiento empleado para la obtención de los parámetros anteriormente referenciados.

#### 6.5.4.5.3.2.1 Coeficiente de Aceleración Horizontal Pico Efectiva ( $A_a$ )

Se determinó que el número de la región es 6, en donde se encuentra localizado el municipio de Acacías, tanto para Colombia como en el mapa elaborado para el Meta, en el Plan de Ordenamiento Territorial Departamental.

Figura 87. Aceleración Sísmica Horizontal 0.3



Fuente: NRS-10.

#### 6.5.4.5.3.2.2 Definición del Tipo de Perfil de Suelo

El tipo de perfil de suelo se definió teniendo en cuenta la clasificación presentada en la tabla A.2.4-1 de la NSR-10.



Tabla 24 Clasificación de los perfiles de suelo.

TIPO DE PERFIL	DESCRIPCIÓN	DEFINICIÓN
A	Perfil de roca competente	Vs mayor o igual a 1500 m/s
B	Perfil de roca con rigidez media	Vs entre 1500 y 760 m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante	Vs entre 760 y 360 m/s
	Perfiles de suelo muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	N mayor a 50 o Su mayor o igual a 100 kPa
	Perfiles de suelo rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda cortante	Vs entre 360 y 180 m/s
D	Perfiles de suelo que cumplan con cualquiera de las dos condiciones	N entre 50 y 15 o Su entre 100 kPa y 50 kPa
	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante	Vs menor de 180 m/s
E	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	IP mayor a 20 W mayor a 40% Su menor de 50 kPa

Fuente: Adoptado y modificado de NSR-10. Tabla A.2.4-1.

Con base en lo anterior, para las Unidades Geológicas (UGS) cartografiadas se definieron los siguientes tipos de perfil, según sus propiedades.

Tabla 25 Definición del tipo de perfil por Unidad Geológica Superficial.

CLASE	SÍMBOL O	NOMBRE	TIPO DE PERFIL	Fa
1	SrgaF	Suelo residual gravo arenoso de la Formación Fómeque	C	1.1
2	SrgaC	Suelo residual gravo arcilloso de la Formación Arenisca de Cáqueza	C	1.1
3	Stgga	Suelo transportado fluvioglacial gravo arcilloso	D	1.2
4	Statga	Suelo transportado de terraza aluvial gravo arenoso	D	1.2
5	RimfcG	Roca intermedia metamórfica de filitas y cuacitas de Guayabetal	B	1.0
6	RbmfcC	Roca blanda metamórfica de filitas y cuarcitas de San Cristóbal	C	1.1
7	SraaM	Suelo residual arcillo arenoso de la Formación Lutitas de Macanal	C	1.1
8	SraIL	Suelo residual areno limoso con grava de la Formación Arenisca del Limbo	C	1.1
9	Stcga	Suelo transportado coluvial gravo arenoso	D	1.2

CLASE	SÍMBOLO	NOMBRE	TIPO DE PERFIL	Fa
10	SraaC	Suelo residual areno arcilloso con grava de la Formación Chipaque	C	1.1
11	SraaP	Suelo residual arcillo arenoso con grava de la Formación Lutitas de Pipiral	C	1.1
12	RbsaU	Roca blanda sedimentaria arenisca y limolita de la Formación Unel	C	1.1
13	Staga	Suelo transportado aluvial gravo arenoso	D	1.2
14	SraaL	Suelo residual areno arcilloso de la Formación Arcilla del Limbo	C	1.1
15	SraaGP	Suelo residual areno arcilloso con grava del Gurpo Palmichal	C	1.1
16	SraaG	Suelo residual areno arcilloso de la Formación Capas Rojas del Guatiquía	C	1.1
17	RbsaG	Roca blanda sedimentaria arenisca de la Formación Arenisca de Gutiérrez	C	1.1

Fuente: Elaboración propia.

#### 6.5.4.5.3.2.3 Coeficiente de Amplificación (Fa)

Los valores de Fa están consignados en la siguiente tabla, coeficiente que se encuentra en función de Aa y del tipo de perfil previamente definido. Para valores intermedios de Aa se permite interpolar entre los valores del mismo tipo de perfil.

Tabla 26. Valores propuestos coeficiente Fa.

TIPO DE PERFIL	INTENSIDAD DE MOVIMIENTOS SÍSMICOS				
	AA<0,1	AA=0,2	AA=0,3	AA=0,4	AA>0,5
A	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
C	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
D	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
E	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9

Fuente: Adoptado y modificado de NSR-10. Tabla A.2.4-3.

#### 6.5.4.5.3.2.4 Coeficiente de Importancia (I)

Este coeficiente está en función del grupo de uso. La contienen los cuatro (4) grupos definidos por la normativa NSR-10.

Tabla 27 Clasificación grupo de uso.

GRUPO	TIPO DE ESTRUCTURA
I	Estructuras de ocupación normal
II	Estructuras de ocupación especial
III	Estructuras de atención a la comunidad

GRUPO	TIPO DE ESTRUCTURA
IV	Edificaciones indispensables

*Fuente: Adoptado y modificado de NSR-10. Tabla A.2.4-3.*

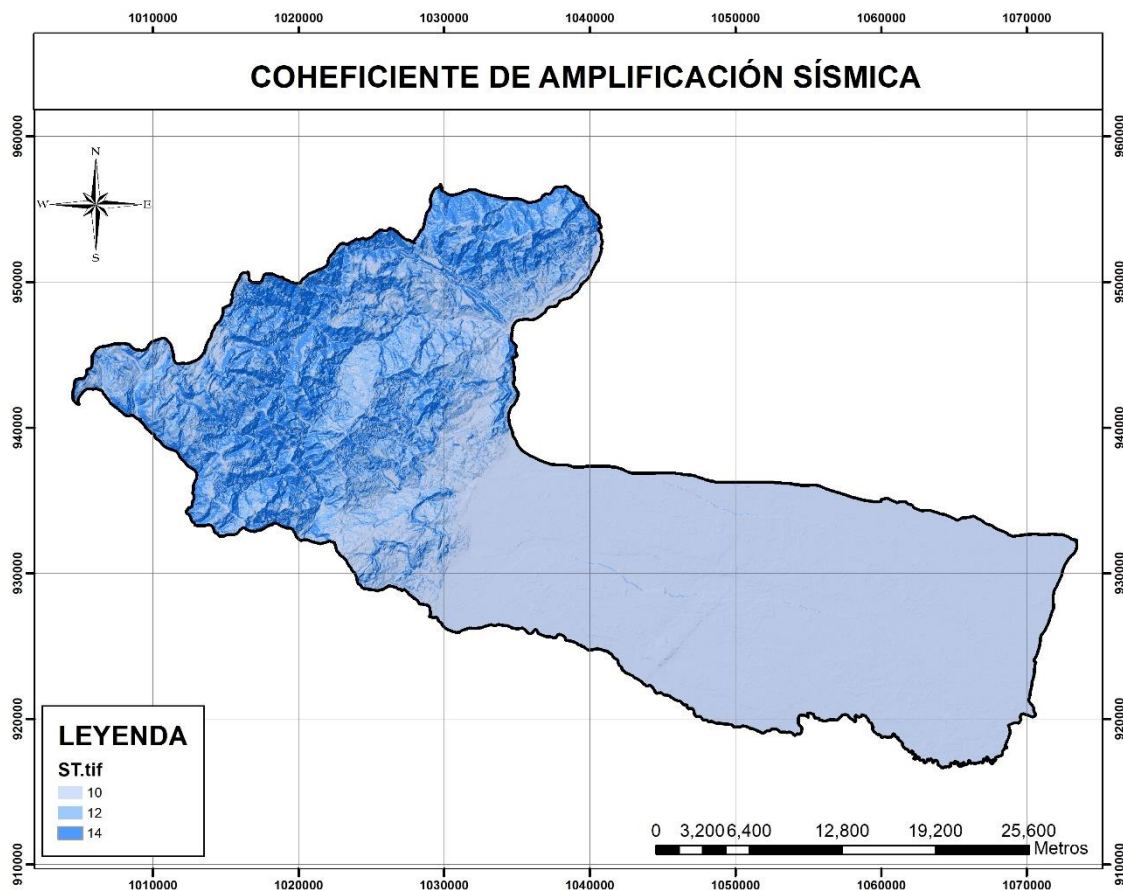
Para el municipio de Acacías, se definió el primer grupo de uso, al cual la norma sismo resistente le asigna un coeficiente de importancia de 1.00.

#### 6.5.4.5.3.2.5 Coeficiente Amplificación Sísmica (ST)

El factor de amplificación sísmica se definió de acuerdo a lo establecido por el Euro Código, el cual asigna un valor de amplificación, considerando la topografía (pendiente) que presenta la zona en estudio. A grandes rasgos, establece para pendientes entre los 15 y 30°, un factor de amplificación igual a 1.2. En caso de que la pendiente del talud o ladera supere los 30°, el valor de amplificación será de 1.4.

Partiendo del mapa de pendientes generado, le fue asignado a cada unidad de trabajo (pixel), el valor de amplificación sísmica (ST) correspondiente.

*Figura 88. Coeficiente Amplificación Sísmica (ST)*

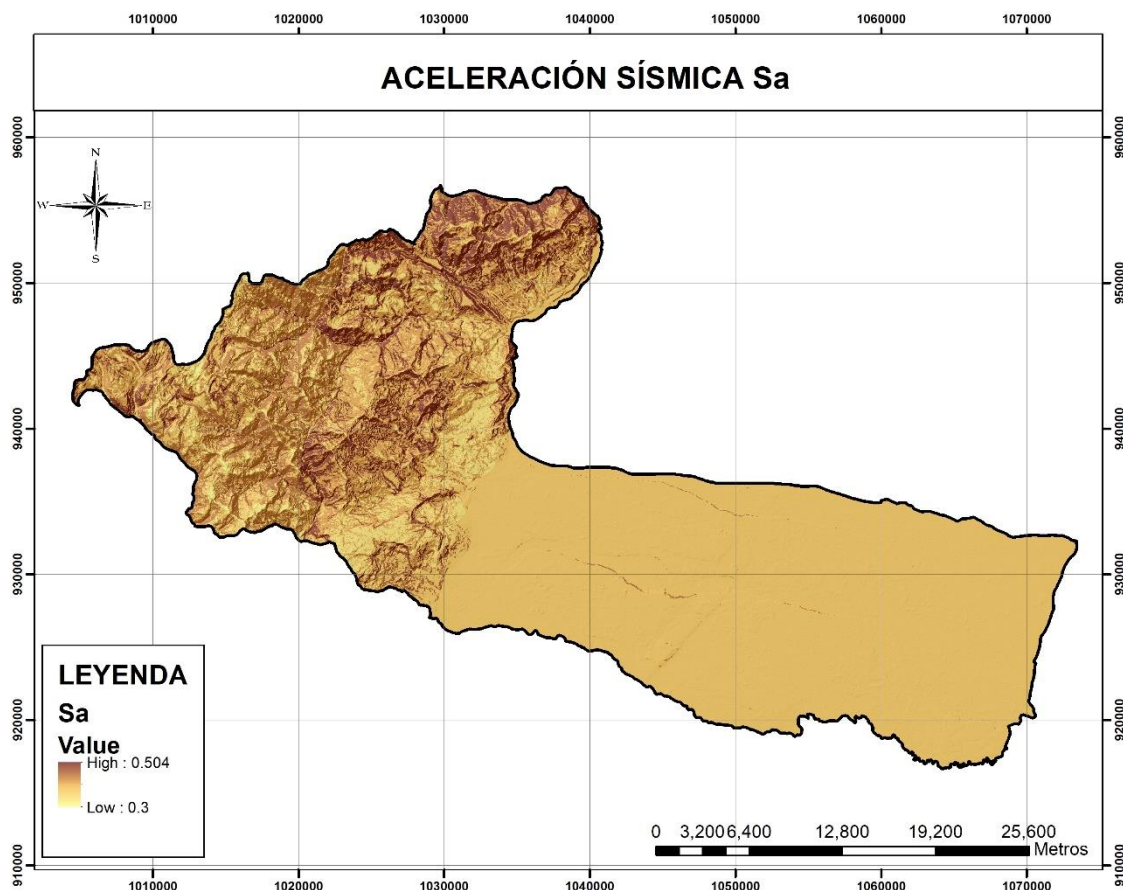


*Fuente: Elaboración propia.*

#### 6.5.4.5.3.2.6 Aceleración Sísmica ( $S_a$ )

A continuación se calcula la aceleración sísmica, insumo para la evaluación y zonificación de la amenaza por lo movimientos en masa para del municipio de Acacias, resultado de la aplicación del procedimiento anteriormente descrito.

Figura 89. Aceleración Sísmica ( $S_a$ )



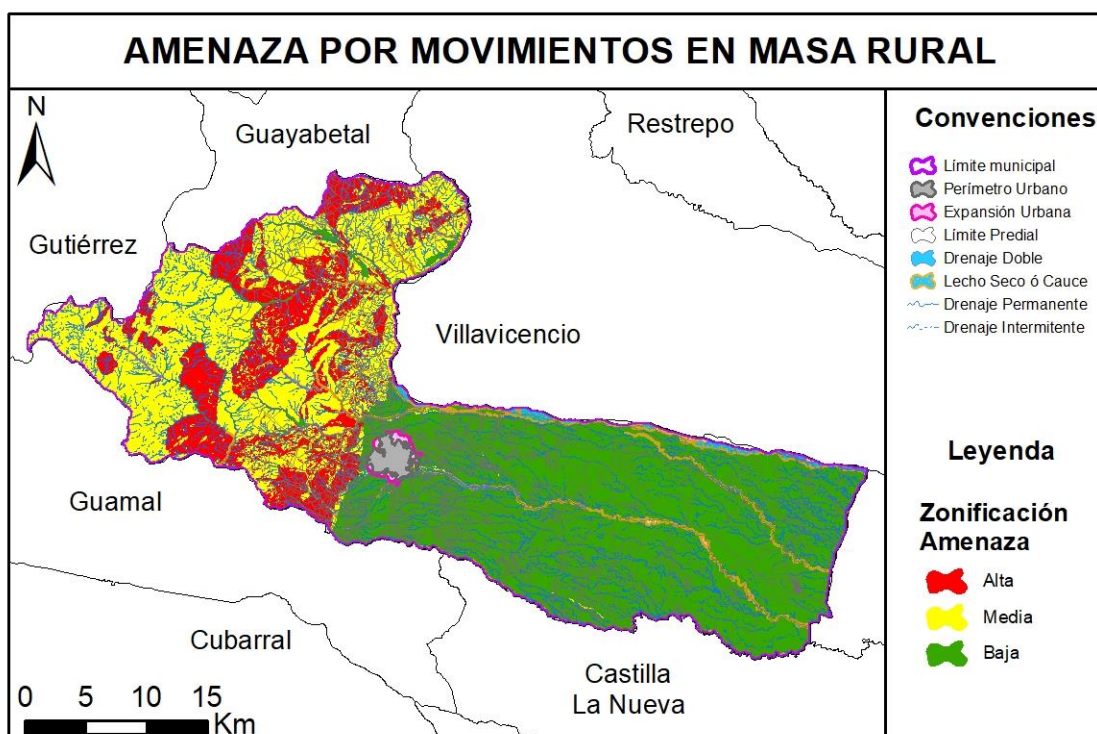
Fuente: Elaboración propia.

#### 6.5.4.5.4 Generación del Mapa de Amenaza por Movimientos en Masa

Para el análisis de amenaza la metodología empleada se basa en un análisis de probabilidad espacial y probabilidad temporal. Una vez definida la susceptibilidad, esta se caracterizó con la frecuencia de ocurrencia de los tipos de movimientos en masa analizados. Posteriormente se evaluó con los factores detonantes (lluvia o sismo) con el fin de definir la probabilidad temporal de ocurrencia de un movimiento en masa (SGC, 2017).

A continuación, se ilustra la zonificación de la amenaza por fenómenos de movimientos en masa del municipio de Acacias:

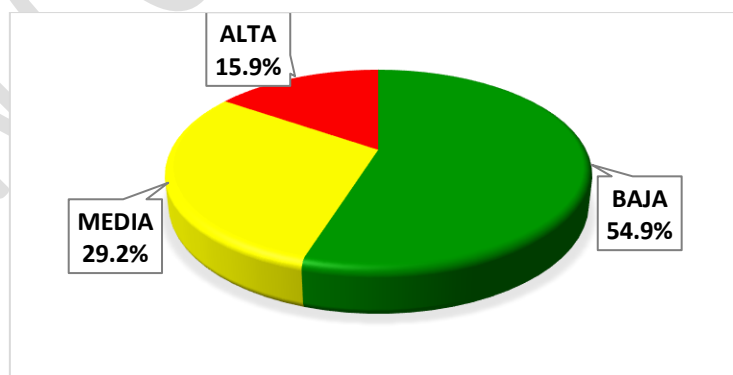
Figura 90. Amenaza por Movimientos en Masa.



Fuente: Elaboración propia.

El municipio de Acacías presenta un 15.9% del territorio en amenaza por movimientos en masa alta y corresponde principalmente a laderas de fuertes pendientes, muchas de las cuales presentan procesos morfodinámicos activos asociados a fenómenos de movimientos en masa. El 29.2% del municipio presenta amenaza media a movimientos en masa y corresponde a laderas abruptas con procesos morfodinámicos intermitentes, y el 54.9% del municipio presenta amenaza baja.

Figura 91. Porcentaje de amenaza por movimientos en masa



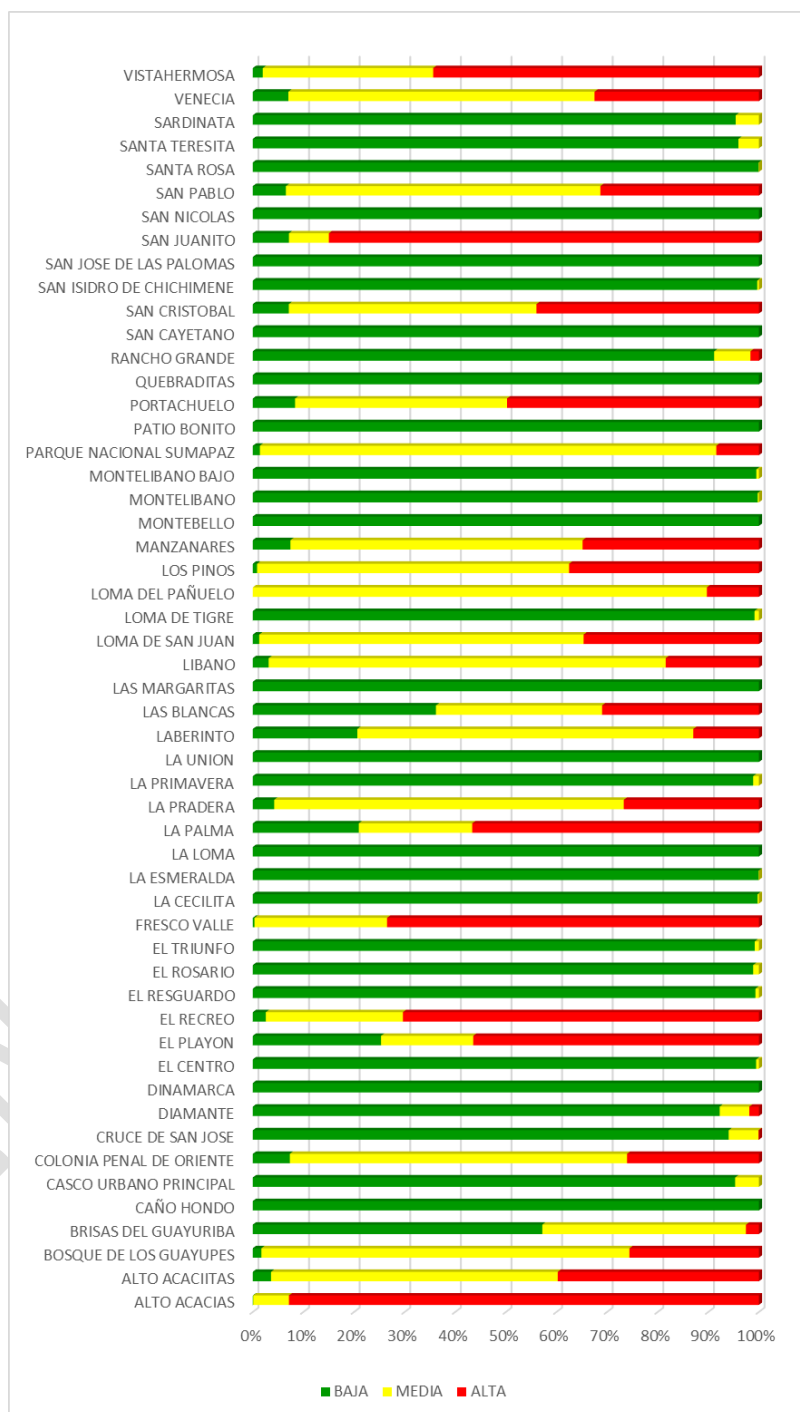
Fuente: Elaboración propia.

Las veredas más afectadas por movimientos en masa, es decir con mayor parte de su territorio en amenaza media y alta son: Alto Acacías, Loma del Pañuelo, Los Pinos, Bosque de los Guayupes, Alto Acaciitas, El Recreo, Fresco Valle, la Pradera, Líbano, Manzanares, San Cristóbal, Vista Hermosa,



Venecia, y Parque Nacional Sumapaz. A continuación, se presenta el análisis de amenaza por movimientos en masa, a nivel de veredas dentro del municipio de Acacias.

Figura 92. Porcentaje de amenaza por movimientos en masa por veredas



Fuente: Elaboración propia.

Las veredas centros poblados con más porcentaje de su territorio en amenaza baja por fenómenos de movimientos en masa son: Caño Hondo, Dinamarca, La Loma, La Unión, Las Margaritas, Montebello, Patio Bonito, Quebraditas, San Cayetano, San Isidro de Chichimine, San José de Las Palomas, San Nicolás, Santa Rosa, Monteliebano, Monteliebano Bajo, Loma de Tigre, La Esmeralda, La Cecilita, El Triunfo, y El Resguardo. Ver Tabla 28.

*Tabla 28. Porcentaje de amenaza por movimientos en masa por veredas*

VEREDA	BAJA	%	MEDIA	%	ALTA	%
ALTO ACACIAS	0.18	0.08%	15.73	7.06%	207.018	92.86%
ALTO ACACIITAS	75.94	3.60%	1196.75	56.66%	839.595	39.75%
BOSQUE DE LOS GUAYUPES	215.89	1.69%	9290.32	72.74%	3266.454	25.57%
BRISAS DEL GUAYURIBA	597.32	57.21%	420.10	40.23%	26.712	2.56%
CAÑO HONDO	2568.37	100.00%	0.00	0.00%	0.000	0.00%
CASCO URBANO PRINCIPAL	1092.25	95.31%	53.79	4.69%	0.000	0.00%
COLONIA PENAL DE ORIENTE	323.78	7.32%	2947.32	66.64%	1151.943	26.04%
CRUCE DE SAN JOSE	765.89	94.03%	47.99	5.89%	0.639	0.08%
DIAMANTE	184.63	92.25%	11.70	5.85%	3.800	1.90%
DINAMARCA	6697.12	100.00%	0.00	0.00%	0.000	0.00%
EL CENTRO	937.63	99.46%	5.10	0.54%	0.000	0.00%
EL PLAYON	158.62	25.34%	114.03	18.21%	353.398	56.45%
EL RECREO	17.96	2.57%	189.64	27.09%	492.343	70.34%
EL RESGUARDO	922.66	99.32%	6.29	0.68%	0.000	0.00%
EL ROSARIO	526.26	98.87%	6.00	1.13%	0.000	0.00%
EL TRIUNFO	859.67	99.19%	7.06	0.81%	0.000	0.00%
FRESCO VALLE	1.57	0.33%	126.94	26.21%	355.756	73.46%
LA CECILITA	719.40	99.75%	1.80	0.25%	0.000	0.00%
LA ESMERALDA	2825.92	99.95%	1.36	0.05%	0.000	0.00%
LA LOMA	5262.45	100.00%	0.00	0.00%	0.000	0.00%
LA PALMA	126.44	20.94%	135.34	22.41%	342.034	56.65%
LA PRADERA	2.94	4.23%	48.09	69.08%	18.582	26.69%
LA PRIMAVERA	2176.52	98.86%	25.17	1.14%	0.000	0.00%
LA UNION	2342.65	100.00%	0.00	0.00%	0.000	0.00%
LABERINTO	565.26	20.66%	1816.31	66.37%	355.069	12.97%
LAS BLANCAS	168.90	36.20%	153.12	32.81%	144.610	30.99%
LAS MARGARITAS	1107.45	100.00%	0.00	0.00%	0.000	0.00%
LIBANO	72.26	3.14%	1806.78	78.45%	424.134	18.42%
LOMA DE SAN JUAN	38.81	1.28%	1944.40	64.08%	1051.040	34.64%
LOMA DE TIGRE	910.51	99.13%	8.02	0.87%	0.000	0.00%
LOMA DEL PAÑUELO		0.00%	221.86	89.73%	25.401	10.27%
LOS PINOS	11.51	0.84%	840.89	61.66%	511.397	37.50%
MANZANARES	171.60	7.43%	1333.19	57.74%	804.318	34.83%
MONTEBELLO	1101.79	100.00%	0.00	0.00%	0.000	0.00%

VEREDA	BAJA	%	MEDIA	%	ALTA	%
MONTELIBANO	1534.24	99.77%	3.50	0.23%	0.000	0.00%
MONTELIBANO BAJO	945.59	99.49%	4.89	0.51%	0.000	0.00%
PARQUE NACIONAL SUMAPAZ	57.92	1.40%	3728.47	90.18%	347.912	8.42%
PATIO BONITO	3805.26	100.00%	0.00	0.00%	0.000	0.00%
PORTACHUELO	186.42	8.36%	933.79	41.88%	1109.481	49.76%
QUEBRADITAS	6085.59	100.00%	0.00	0.00%	0.000	0.00%
RANCHO GRANDE	619.14	91.16%	48.62	7.16%	11.381	1.68%
SAN CAYETANO	1967.65	100.00%	0.00	0.00%	0.000	0.00%
SAN CRISTOBAL	311.97	7.13%	2142.02	48.92%	1924.511	43.95%
SAN ISIDRO DE CHICHIMENE	2116.63	100.00%	0.00	0.00%	0.000	0.00%
SAN JOSE DE LAS PALOMAS	4518.85	100.00%		0.00%	0.000	0.00%
SAN JUANITO	31.89	7.13%	35.30	7.90%	379.885	84.97%
SAN NICOLAS	286.47	100.00%	0.00	0.00%	0.000	0.00%
SAN PABLO	70.65	6.54%	671.17	62.13%	338.431	31.33%
SANTA ROSA	3204.60	99.93%	2.13	0.07%	0.000	0.00%
SANTA TERESITA	1169.14	95.96%	49.20	4.04%	0.000	0.00%
SARDINATA	914.48	95.41%	44.02	4.59%	0.000	0.00%
VENECIA	226.37	7.03%	1947.23	60.49%	1045.307	32.47%
VISTAHERMOSA	55.38	1.97%	944.48	33.67%	1804.920	64.35%

*Fuente: Elaboración propia.*

#### 6.5.4.6 Identificación de Necesidades de Información

Entendiéndose las necesidades de información como aquellos insumos, datos, procedimientos y/o propuestas direccionadas a obtener en futuros estudios o investigaciones, un avance en el conocimiento de la tipología de evento. Es así como durante la aplicación de las metodologías propuestas para el municipio de Acacias, se han identificado las siguientes necesidades de información:

- Dada la relevancia de los eventos históricos en la evaluación de la amenaza y en la validación respectiva de los productos generados, se hace necesario la creación de una base de datos en la cual se registre la localización, tipo de movimiento, causas y magnitud de la afectación de fenómenos en masa que llegasen a presentarse en toda la extensión del municipio. Esta propuesta deberá ser desarrollada por las autoridades encargadas de atender este tipo de eventos, controlada y supervisada por las respectivas autoridades autónomas regionales.
- Implementar un mayor número de estaciones de tipo hidrológica y meteorológica en toda la extensión superficial del municipio, específicamente en la parte de alto relieve y a lo largo de los drenajes superficiales. Esto con la finalidad de caracterizar mejor el municipio en futuros estudios en materia, y estimar con mayor grado de precisión la incidencia de las precipitaciones como factor detonante de los movimientos en masa.
- Impulsar estudios de tipo forestal y suelos con la finalidad de establecer las especificaciones y demás consideraciones necesarias para implementar el plan de reforestación y restauración de las áreas desnudas y degradadas ubicadas en las zonas en condición de amenaza media y alta. Como resultado de esta investigación se deberá definir las especies que favorezcan la infiltración y la acción fijadora del terreno, su cantidad y demás aspectos técnicos requeridos para esta actividad. Una vez cumplida la reforestación, la Corporación Autónoma Regional

deberá efectuar el control y vigilancia sobre estos sectores, de tal forma de que se prohíba cualquier tipo de intervención antrópica que pudiera afectar los ecosistemas allí albergados y el desencadenamiento de un evento de inestabilidad en sus laderas.

EN CONCERTACIÓN

## **6.6 DELIMITACION Y ZONIFICACION DE AMENAZA POR INUNDACIÓN**

En el ordenamiento territorial un factor muy importante a tener en cuenta desde el año 2011 es la gestión del riesgo, poder determinar cuáles son eventos de origen natural que pueden afectar y dejar expuesta a una comunidad, su economía, estructuras físicas y los servicios ecosistémicos de los cuales se abastece, hace que sea necesario plantear medidas que permitan minimizar el grado de afectación de las mismas y reducir los daños. Esto puede lograrse con el análisis particular de cada situación y de conocer el papel que desempeña la sociedad en la utilización de su territorio.

Este análisis fue realizado con base en información primaria y secundaria de diversas fuentes: Las fuentes de información primaria se basan en los datos obtenidos en las campañas de campo, mientras que la información secundaria parte de los reportes por parte de entidades oficiales.

Para el manejo y la gestión del riesgo se realizó la identificación y análisis de la susceptibilidad y de la amenaza en el municipio de Acacías por fenómenos de inundaciones, con la ayuda de información temática de geología, geomorfología, cobertura y uso del suelo, eventos históricos, e interpretación de imágenes satelitales disponibles.

### **6.6.1 Marco teórico**

De acuerdo con el decreto 1807 del 19 de septiembre de 2014 que reglamenta el artículo 189 del Decreto Ley 019 de 2012 en lo relativo a la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial, los estudios básicos para la revisión o expedición de planes de ordenamiento territorial (POT), se deben elaborar estudios en los suelos urbanos, de expansión urbana y rural por inundación, que contengan:

- a) La delimitación y zonificación de las áreas de amenaza.
- b) La delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza en las que se requiere adelantar los estudios detallados a que se refiere el siguiente artículo.

EL decreto establece que los estudios básicos de amenaza por inundación deben contemplar las siguientes especificaciones mínimas:

Área de estudio: Las zonas en las cuales exista la posibilidad de presentarse una inundación sean aledañas o no a ríos, caños, quebradas, humedales y otros cuerpos de agua o aquellas que hagan parte de su área de influencia.

En el análisis se deben considerar los casos en los que existan precedentes de mecanismos generadores de inundaciones tales como encharcamiento por lluvias intensas sobre áreas planas, encharcamiento por deficiencia de drenaje, inundaciones costeras entre otros.

Los municipios o distritos con un suelo rural superior a 1.500 km<sup>2</sup>, para los cuales no exista base cartográfica e insumos a 1:25.000, podrán realizar los estudios para esta clase de suelo a escala 1:100.000 o 1:50.000. En aquellas áreas rurales donde se presenten inundaciones recurrentes, con presencia de elementos expuestos, deben realizar los estudios básicos a 1:25.000.

Insumos: Se debe utilizar como mínimo los siguientes insumos:



- a) Geomorfología. Identificación de las diferentes subunidades geomorfológicas asociadas a los paisajes aluviales, con especial énfasis en las geoformas correspondientes a la llanura de inundación.
- b) Modelo de elevación digital del terreno.
- c) Identificación de las zonas inundables e inundadas (registro de eventos). A partir de información de las diferentes entidades a nivel nacional, regional o local, interrelacionada con la información de la comunidad identificar cuales áreas han sufrido afectaciones por inundación y en qué fecha.
- d) Hidrología. Caracterización del comportamiento del régimen hidrológico en la región a la cual pertenece el municipio mediante un análisis de los eventos hidroclicmáticos máximos' identificando para cuales' periodos de retorno se están presentando las afectaciones y las áreas afectadas para los mismos.

Para la zonificación de la amenaza se emplean tres categorías: alta, media y baja, teniendo en cuenta el registro de eventos, la recurrencia de estos y la intensidad (niveles alcanzados) de la inundación.

Para el suelo urbano, de expansión urbana y rural se utilizará, como mínimo, análisis de tipo histórico y geomorfológico. De acuerdo con la información disponible se podrán complementar con análisis hidrológico-hidráulicos y métodos asistidos por sensores remotos y sistemas de información geográfica.

En todo caso, los análisis se realizan en función de la magnitud de la amenaza, su intensidad, consecuencias y la disponibilidad de información.

#### **6.6.1.1 Resumen**

La diversidad de ambientes geográficos, la variabilidad climática y la influencia antrópica cerca de los cauces, son los principales causantes de afectaciones a los sistemas hídricos ya que producen cambios en su dinámica fluvial, alterando su topografía, dirección y volumen, dando lugar a fenómenos como inundación, socavación, sedimentación, etc., requiriendo así un tratamiento oportuno, pues de lo contrario se podrían ocasionar grandes afectaciones sociales, ambientales y económicas.

Los eventos de inundación lenta se dan cuando al ocurrir una precipitación capaz de saturar el terreno, el volumen remanente escurre por los ríos y arroyos o sobre el terreno. Conforme el escurrimiento avanza hacia la salida de las cuencas, se incrementa proporcionalmente con el área drenada, si el volumen que fluye por el cauce excede la capacidad de éste, se presentan desbordamientos sobre sus márgenes y el agua desalojada puede permanecer horas o días sobre el terreno inundado. Este efecto se presenta en zonas donde la pendiente es baja, y por ende, la capacidad de los ríos disminuye provocando desbordamientos que generan inundaciones en las partes aledañas (CENAPRED, 2004).

El análisis de la amenaza por inundación se mide en función de la frecuencia de ocurrencia y para su zonificación se hace necesario realizar un análisis de la dinámica fluvial, para ello se identificaron y clasificaron las diferentes geoformas de acuerdo con su relevancia en la dinámica actual y con el inventario o registro de eventos se caracterizan el tipo de flujo y la altura de la lámina de agua.

A partir de la información cartográfica y la información temática como la geología, geomorfología, cobertura y uso del suelo, eventos históricos, elevación e interpretación de imágenes satelitales disponibles, se realizó la zonificación de la susceptibilidad, la evaluación de la amenaza y la identificación de las necesidades de información para el avance en el conocimiento de las inundaciones en el municipio de Acacias.

A partir de lo anterior y una vez se realizó la zonificación de la amenaza se encontró que el 95% del territorio del municipio de Acacías presenta una amenaza baja a inundaciones, el otro 5% se encuentra en condición de amenaza media a alta por inundaciones.

#### 6.6.1.2 Alcance

- Analizar la cartografía geomorfológica considerando las formas del terreno y el catálogo de eventos disponible que permita delimitar las zonas susceptibles de ser afectadas por inundaciones en el municipio de Acacías.
- Realizar el análisis multitemporal de las imágenes disponibles, con el fin de detectar posibles cambios de dirección del drenaje y áreas históricamente afectadas por inundaciones.
- Desarrollar el mapa de amenaza por inundaciones para el municipio de Acacías, a partir del análisis de ocurrencia de los eventos, el análisis multitemporal de imágenes y de las áreas con susceptibilidad media y alta.
- Identificar las necesidades de información para el avance en el conocimiento de las inundaciones en el municipio de Acacías.

#### 6.6.1.3 Herramientas o Insumos

Los insumos empleados son los siguientes:

- Modelo Digital de Terreno – MDT.
- Mapa de Geomorfología a un nivel de detalle 1: 25.000.
- Registro histórico de eventos de inundación.
- Fotointerpretación de las zonas de inundación y divagación de los ríos principales.

#### 6.6.1.4 Zonificación de la Susceptibilidad por Inundaciones Rural

De acuerdo con el protocolo para la gestión del riesgo las inundaciones son un fenómeno de anegamiento temporal de terrenos que no están normalmente cubiertos de agua y sedimentos. Debido a la amplia variedad de definiciones existente en el ámbito técnico, científico y de toma de decisiones, se resume a continuación una síntesis de tipología de inundaciones de acuerdo con UNAL & SGC (2013).

**De acuerdo con el mecanismo de generación:** las inundaciones pueden ser: fluviales, pluviales, costeras o de otro tipo. Las **inundaciones fluviales** son inundaciones producidas por el flujo excedente de agua y sedimentos transportados por corrientes (ríos, quebradas), el cual desborda la capacidad de transporte del cauce. Las inundaciones fluviales pueden ser lentas y repentinas. Las inundaciones fluviales lentas son producidas normalmente por precipitaciones prolongadas, pero también pueden ser producidas por huracanes, ciclones tropicales, deshielo, entre otras. Las inundaciones fluviales repentinas son producidas normalmente, por precipitación convectiva, pero también pueden ser producidas por la movilidad de grandes volúmenes de flujos provenientes de glaciares, movimientos en masa, escombros o represas. Las **inundaciones pluviales** se producen por: la acumulación de agua precipitada en una determinada superficie (generalmente plana o cóncava) sin que esta provenga del desbordamiento del cauce; también puede ser producida por la incapacidad de los sistemas de alcantarillado o canales de desagüe en eventos de lluvia de gran magnitud o intensidad. Las **inundaciones costeras** pueden ser originadas por el aumento en la marea causada por fuertes vientos de tormenta, ciclones tropicales o extra tropicales, o también por las tormentas de mar y los tsunamis. **Otro tipo** de inundaciones puede ser el producido por eventos extraordinarios como: terremotos, erupciones volcánicas, rotura de infraestructuras hidráulicas de almacenamiento de agua.

**De acuerdo con la duración:** las inundaciones pueden ser: súbitas o de tipo torrencial; lento o de tipo aluvial; y encharcamiento. Las **inundaciones súbitas o de tipo torrencial** suelen producirse en ríos de montaña o en corrientes cuyas áreas de drenaje presentan fuertes pendientes y suelen ser producidas por crecidas repentinas y de corta duración (minutos a horas). Las **inundaciones lentas o de tipo aluvial** se producen por el desbordamiento del cauce anegando áreas planas aledañas al mismo y suelen ser originadas por crecidas progresivas y de larga duración (horas a días, inclusive meses en algunas zonas del país). El fenómeno de **encharcamiento** se origina por la saturación del suelo en zonas moderadamente onduladas a planas con duración de horas a días y en general pueden darse por ausencia o falencia en los sistemas de drenaje de aguas pluviales en áreas urbanizadas.

Para la zonificación de la susceptibilidad se realiza mediante la incorporación de la metodología propuesta por el Fondo Adaptación (2014) en el Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA, la cual hace énfasis a la identificación de geoformas asociadas a inundación y la caracterización de eventos históricos.

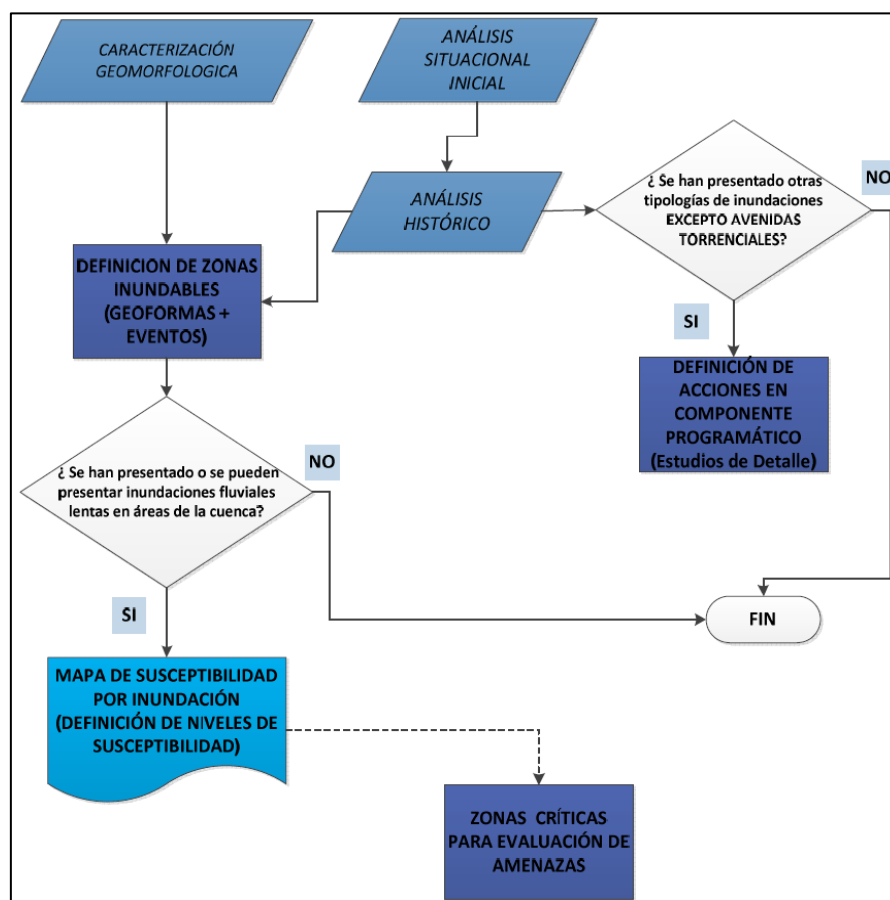
#### **6.6.1.4.1 Metodología Empleada para la Zonificación de la Susceptibilidad**

Las inundaciones son definidas en el glosario internacional de hidrología (OMM/UNESCO, 1974) como un aumento del agua por arriba del nivel normal del cauce definiéndose como nivel normal aquella elevación de la superficie del agua que no causa daños, es decir, una elevación mayor a la habitual en el cauce, por lo que puede generar pérdidas.

Para llevar a cabalidad el desarrollo de los objetivos propuestos se ha desarrollado la metodología para la evaluación de la susceptibilidad, a partir del protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA de acuerdo con los alcances técnicos del proyecto.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se muestra el mapa conceptual de la metodología que se sigue para alcanzar el objetivo final de este estudio que es la evaluación de la amenaza por eventos de inundación.

Figura 93. Esquema metodológico para la obtención de la susceptibilidad por inundaciones.



Fuente: Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA de acuerdo con los alcances técnicos del proyecto, Fondo Adaptación, 2014.

#### 6.6.1.4.2 Análisis de los Eventos Históricos

La recopilación y tratamiento de la información histórica permite realizar un análisis de los impactos producidos por fenómenos naturales en el pasado.

Para obtener una base de datos sobre los fenómenos históricos lo más completa y homogénea posible, se ha realizado una búsqueda de material documental de información de los eventos conocidos y/o incorporación de nuevos episodios.

Uno de los problemas más comunes cuando se desarrolla recopilación de información a partir de fuentes documentales, es que estas suelen ser poco precisas y pueden no cubrir con igualdad de razonamiento todo el territorio. Adicionalmente, los eventos de mayores consecuencias son los que generalmente se registran, debido a sus altos impactos.

Las principales fuentes de información referentes a los eventos que se consultaron en el ámbito de este trabajo corresponden a las siguientes entidades:

- Cuerpos Oficiales de Bomberos.

- Informes Técnicos
- Sistema de Inventario de Efectos de Desastres (DesInventar).
- Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD).
- Sistema de Información de Movimientos en Masa (SIMMA)

Del mapa de la Figura 174 se aprecia que son pocos los sectores afectados por inundaciones, debido principalmente a la morfología del municipio, que obedece a valles estrechos, con control litológico que no permite la divagación de estos. Los afluentes involucrados en los eventos de inundación son el río Acacías, Acacitias, Guayuriba, Orotoy y las quebradas Caño Blanco, Las Blancas y Colepato, (ver Figura 174), registrados con datos de localización geográfica, sin embargo en la consulta de las demás fuentes de información se evidencio la carencia de la información geográfica pertinente para poder especializar estos eventos. A continuación, se localizan los puntos críticos visitados.

*Figura 94. Mapa de inventario de eventos amenazantes por inundación en el municipio de Acacías.*



*Fuente: Elaboración propia.*

#### **6.6.1.4.3 Análisis de Geoformas Asociadas a Inundaciones**

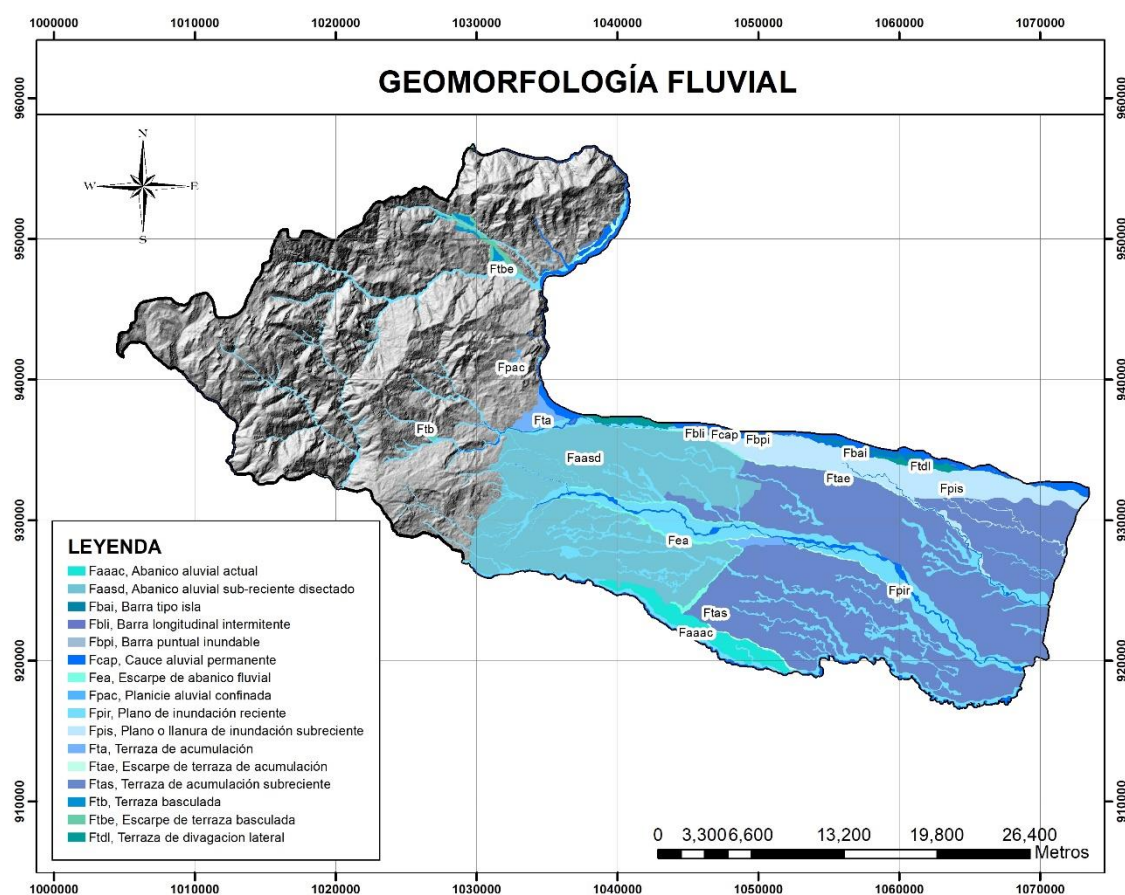
Para el análisis de las inundaciones dentro del municipio de Acacías, se tuvieron en cuenta los procesos y las geoformas asociadas a la dinámica fluvial, esto debido a que van a ser las áreas más susceptibles a presentar eventos de inundación por desborde de los cauces en creciente progresivas o súbitas. Con el resultado de la interpretación geomorfológica se extrajeron las geoformas fluviales que permitieron



caracterizar los procesos morfodinámicos dominantes en los fenómenos de inundación, de acuerdo con las características texturales y geométricas.

Las principales características morfológicas utilizadas en el proceso de interpretación y zonificación geomorfológica se basó en la metodología del Servicio Geológico Colombiano (SGC-metodología Carvajal-2011), que se encarga de la evaluación de las amenazas naturales, y utiliza la interpretación cartográfica y define unidades y subunidades geomorfológicas para los ambientes fluviales y glaciares. Dentro de las geoformas que se encuentran asociadas a los eventos de inundación en el municipio de Acacías, están las planicies de inundación sobre los cauces principales de ríos y quebradas. Ver **¡Error! o se encuentra el origen de la referencia..**

*Figura 95 Mapa de geoformas asociadas a eventos de inundación en el municipio de Acacías.*



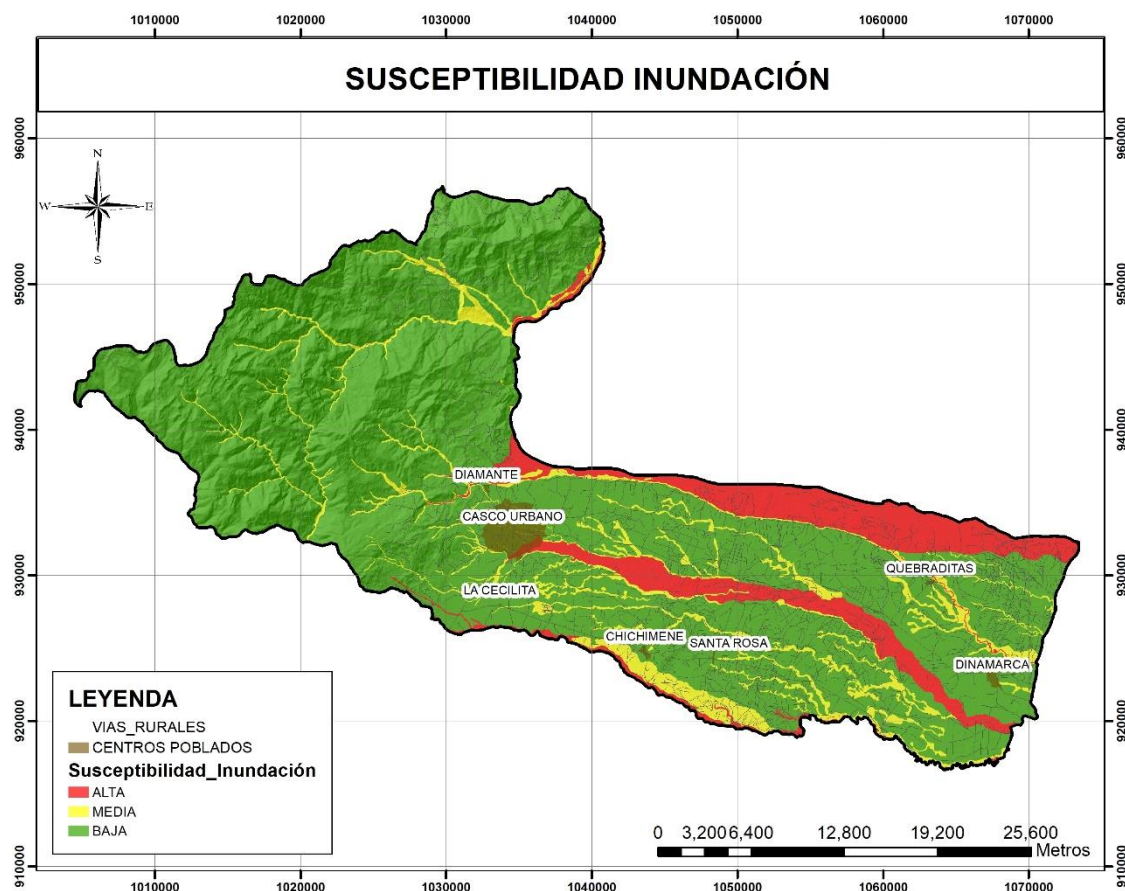
*Fuente: Elaboración propia.*

El municipio de Acacías está conformado en su parte montañosa por geoformas de origen principalmente estructural, denudacional y glaciar, de alto relieve, divididas por valles estrechos en los que se modela la planicie de inundación, y en su parte baja de piedemonte predominan geoformas de origen fluvial, ocupando un 56% del municipio.

#### 6.6.1.4.4 Susceptibilidad por Inundaciones

El relieve del municipio de Acacias puede dividirse principalmente en dos zonas: la primera corresponde a la parte montañosa que se compone principalmente de geoformas estructurales de alto relieve como sierra, anticlinales, sinclinales, homoclinales y laderas estructurales, y la segunda corresponden a geoformas aluviales como abanicos aluviales, terrazas, planos de inundación entre otras. A continuación se hace un análisis de susceptibilidad a inundación para el municipio con base en la cartografía geomorfológica. Ver Figura 175.

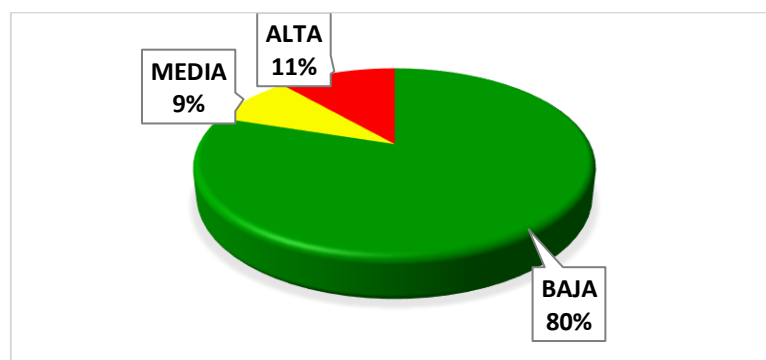
Figura 96. Susceptibilidad inundación por geomorfología en el municipio de Acacias.



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 176, se presenta los porcentajes de susceptibilidad a inundación por geomorfología en el municipio de Acacias, y se obtuvo como resultado que el 11% se encuentra en una susceptibilidad alta a inundación, un 9% susceptibilidad media, y el 80% en susceptibilidad baja.

Figura 97 Porcentaje de susceptibilidad a inundación por geomorfología en el municipio de Acacías.



Fuente: Elaboración propia.

A partir de la Información geomorfológica y los procesos de inundación fluvial se delimitaron y clasificaron las áreas del municipio de Acacías en un rango de susceptibilidad debido a su asociación con los fenómenos de inundación. A continuación, se detallan los criterios de clasificación.

Tabla 29 Criterios de selección de zonas de susceptibilidad a inundación por elevación.

SUSCEPTIBILIDAD	GEOMORFOLOGÍA	EVENTOS HISTÓRICOS
Susceptibilidad Alta	Geoformas que denotan procesos activos o inundaciones periódicas. (Cauces aluviales, Planos de inundación, etc.).	Áreas donde coincidan dos o más puntos o polígonos de eventos históricos.
Susceptibilidad Media	Geoformas que denotan procesos intermitentes. (Terrazas aluviales, y geoformas lejanas del cauce etc.).	Áreas donde al menos un punto o polígono haya sido identificado.
Susceptibilidad Baja	Geoformas que denotan procesos antiguos. (Geoformas otro origen Morfogenético como denudacionales y estructurales).	Sin registros históricos.

Fuente: Tomado y adaptado del Fondo de adaptación, 2014. Protocolo para la incorporación de la Gestión del Riesgo en los POMCA.

#### 6.6.1.5 Zonificación de la Amenaza por Inundaciones Rural

El nivel de amenaza por inundación tiene por finalidad reconocer las áreas que son afectadas por el desborde de los drenajes producto de un aumento del nivel de agua sobre las llanuras aluviales, con esto se obliga a reconocer el comportamiento de las áreas que aportan los caudales a las corrientes principales, ocasionando un desbordamiento y dispersión de las aguas sobre las llanuras de inundación y zonas aledañas a los cursos de agua normalmente no sumergidas (IDEAM, 2010).

Se clasifican dos tipos de amenaza por inundación:

**Inundaciones lentas o progresivas:** Se producen en terrenos planos que desaguan muy lentamente y cercanos a las riberas de los ríos donde las lluvias son frecuentes o torrenciales. Muchas de ellas son parte del comportamiento normal de los ríos. Según la topografía estas inundaciones causan diferentes efectos en los sectores, las poblaciones ubicadas en pendientes no se inundan seriamente en cambio las poblaciones con superficies planas o algo cóncavas pueden sufrir inundaciones como efecto directo de las lluvias, independiente de las inundaciones producidas por el desbordamiento de ríos y quebradas, donde se ocasionan el estancamiento de aguas (IDEAM, 2010).

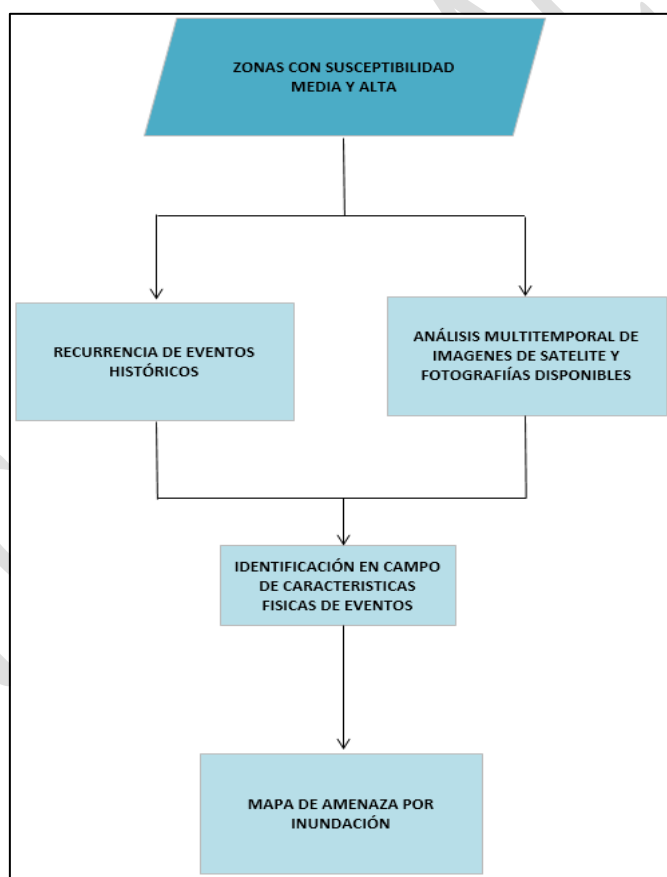
**Inundación súbita o repentina:** Se producen generalmente en cuencas hidrográficas de altas pendientes por la presencia de grandes cantidades de agua a muy corto tiempo, son causadas por fuertes lluvias, tormentas o huracanes, pueden desarrollarse en hora o minutos. Este tipo de inundación puede arrastrar rocas, tumbar árboles, destruir edificios y otras estructuras, también puede crear nuevos canales de escurrimiento. Los restos flotantes arrastrados pueden acumularse en una obstrucción o represamiento restringiendo el flujo y provocando inundaciones agua arriba del mismo, pero cuando la corriente rompe la represión, la inundación se produce aguas abajo.

A partir de lo anterior y teniendo en cuenta las áreas delimitadas con susceptibilidad media y alta, se realizó la evaluación de las áreas que posiblemente se vean afectadas por inundaciones lentas en el municipio de Acacías.

#### 6.6.1.5.1 Metodología Empleada para la Zonificación de la Amenaza

Se presenta a continuación una síntesis del método (Figura 98) para la zonificación de áreas de amenaza por inundaciones:

*Figura 98 Esquema metodológico para la obtención de la amenaza por inundaciones.*



*Fuente: Elaboración Propia.*

Los datos de recurrencia de eventos históricos, análisis geológico - geomorfológico, coberturas vegetales, modelos morfométricos, y análisis multitemporal de las imágenes disponibles, fueron los insumos necesarios para obtener la amenaza por inundación.

#### 6.6.1.5.2 Actividades de campo


Durante la etapa de campo se realizó el trabajo de identificación de zonas susceptibles a inundaciones, geoformas asociadas y posible ocurrencia de estos eventos que se pueda recoger por parte de los pobladores de la zona.

La siguiente es una lista de las actividades que se desarrollaron en la fase de campo:

- Reconocimiento del área de trabajo.
- Ubicación de los puntos definidos a partir del trabajo de oficina, identificación de geoformas y caracterización de cada una.
- Identificación de rasgos característicos y físicos que den cuenta de eventos de inundaciones.


La exportación de campo se realizó desde en el transcurso del mes de enero de 2021. Este reconocimiento tuvo como finalidad la recopilación de información en campo de procesos morfodinámicos asociados a inundación, y el inventario de estructuras hidráulicas. Debido a la necesidad de información documentada de fenómenos amenazantes como lo son las inundaciones dentro del municipio.

Tabla 30 Río Acacías

ESTE	NORTE	PROCESO	FECHA
1046067	929040	Inundación	06/02/2021
		<b>DESCRIPCIÓN:</b> Vista de planicie de inundación y cauce aluvial del río Acacías, se reconocen procesos morfodinámicos de socavación lateral y eventos de inundación reciente, que afectan los predios aledaños.	

Fuente: Elaboración Propia.


Tabla 31 Quebrada Las Blancas.

ESTE	NORTE	PROCESO	FECHA
1031940	936245	Inundación	08/02/2021
		<b>DESCRIPCIÓN:</b> Cauce aluvial de valle estrecho de la quebrada Las Blancas, la cual presenta poco material de arrastre, y leves afectaciones a los puentes y vías por socavación lateral.	

Fuente: Elaboración Propia.



Tabla 32 Río Guayuriba.

ESTE	NORTE	PROCESO	FECHA
1032578	942688	Inundación	08/02/2021
		<b>DESCRIPCIÓN:</b> Planicie de inundación y cauce aluvial del Río Guayuriba, se reconocen procesos morfodinámicos de socavación lateral y eventos de inundación reciente y sedimentación del cauce.	

Fuente: Elaboración Propia.

#### 6.6.1.5.3 Análisis multitemporal de imágenes y/o fotografías aéreas disponibles

A partir del análisis multitemporal de imágenes satelitales y los modelos digitales, se identificaron las zonas de divagación del río Acacías, Acaciitas, Guayuriba, Orottoy y las quebradas Caño Blanco, Las Blancas y Colepato, de lo cual se evidenciaron cambios en los cauces, meandros abandonados, zona de desbordamiento, y zonas con rasgos de inundación reciente. Adicionalmente se tiene en cuenta el tipo de drenaje principal (ríos meándricos o ríos trenzados).

Estos tipos de drenajes presentan unas características especiales:

##### ◆ Ríos meándricos

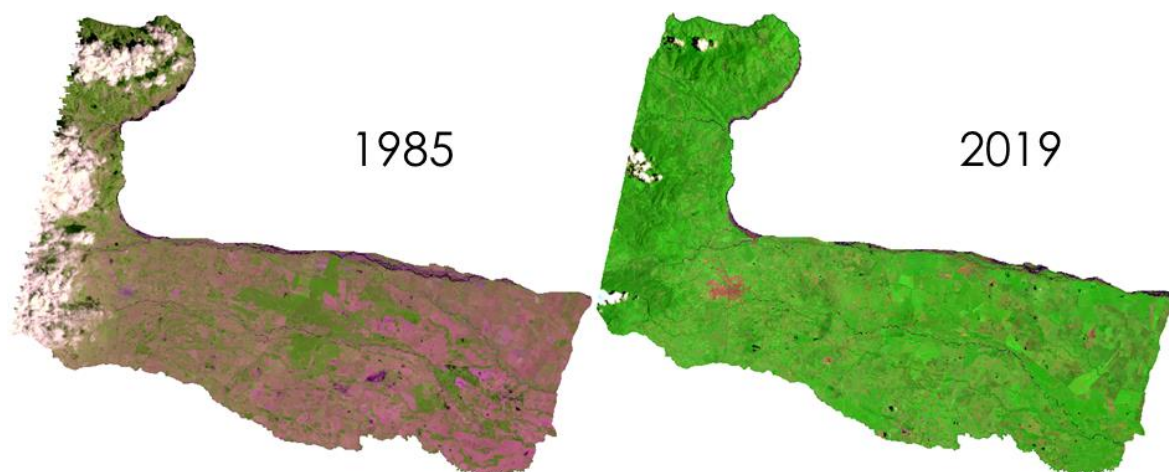
- Curvas alternadas unidas por tramos rectos y cortos.
- Erosión en las márgenes exteriores de las curvas.
- Se presentan en canales con pendientes bajas.
- La carga de sedimentos está compuesta de material fino, principalmente arenas.
- Se forman en valles amplios.

##### ◆ Ríos trenzados

- Muchos canales separados por barras y pequeñas islas.
- Se encuentra en zonas donde son abundantes los sedimentos, descargas de agua, altas y esporádicas y los ríos son sobrecargados con sedimentos.
- Se forman barras durante los periodos de descarga alta que van desviando al río.

En el área de estudio se identificaron zonas en las cuales se han dado cambios leves en los cauces de los drenajes principales, evidenciado por erosión y migración lateral. A continuación se muestran un análisis las áreas en las que han divagado los cauces aluviales. Se analizaron imágenes de diferentes años, en las que se evidencia variaciones leves del mismo, la combinación de la imagen Landsat 5 es 546, y de la Landsat 8 del 2019 es 753.

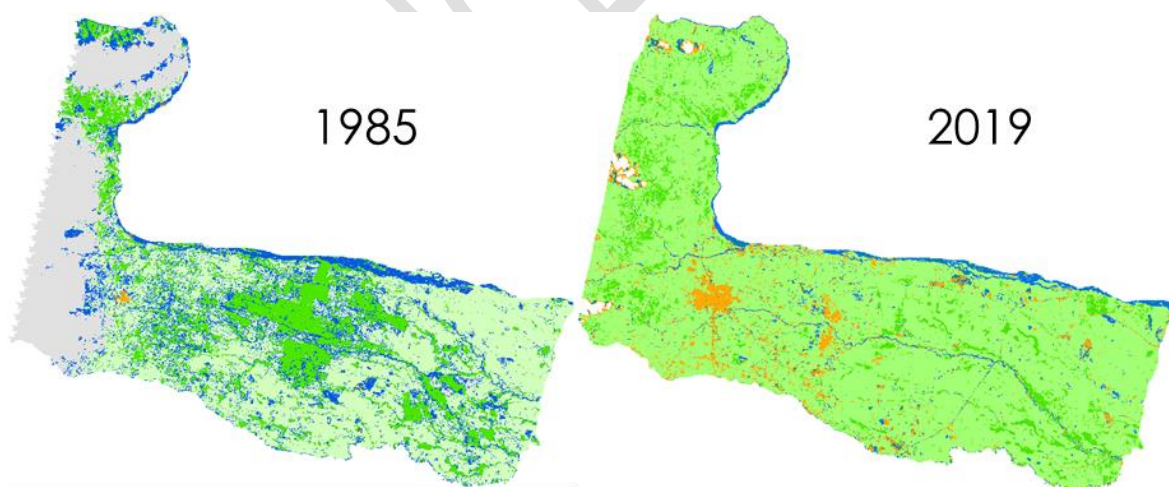
Figura 99 Imágenes Lansat de 1985 y 2019 del municipio de Acacías en donde se aprecian pequeñas variaciones en la dinámica fluvial.



Fuente: Imágenes Landsat.

A continuación se realiza una clasificación supervisada de las imágenes para conocer las variaciones y migraciones de los cauces aluviales a través del tiempo y de esa manera determinar los rastros de inundación del río Acacías, Acacitas, Guayuriba, Orotoy y las quebradas Caño Blanco, Las Blancas y Colepato, dentro del municipio de Acacías. Ver Figura 177.

Figura 100 Rastros de inundación Antiguos y Recientes en el municipio de Acacías.



Fuente: Elaboración propia.

#### 6.6.1.5.4 Generación del Mapa de Amenaza por Inundaciones

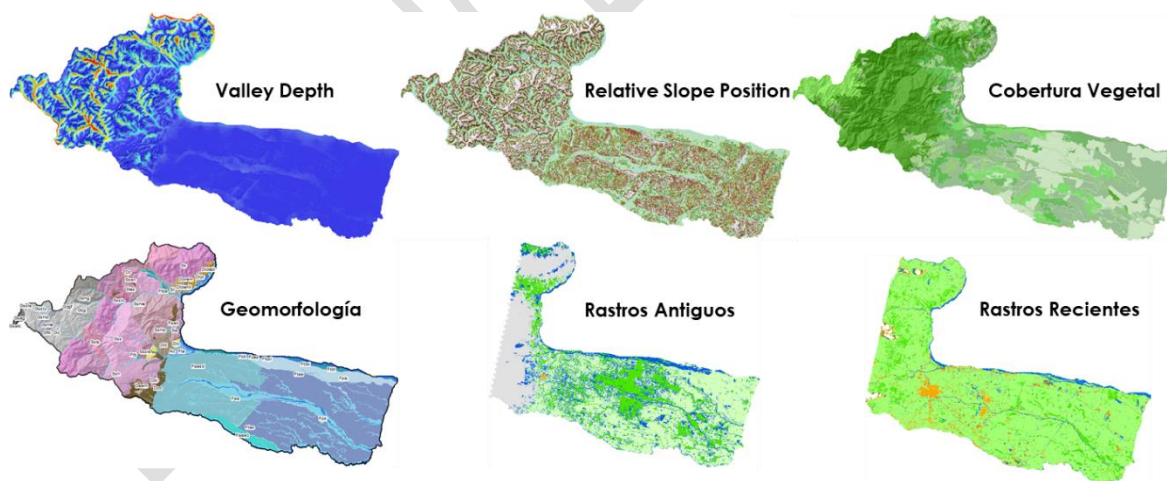
Aunque se toma como base la metodología propuesta se incluye algunas variables consideradas por el grupo de profesionales, y se ponderan dependiendo de su grado de influencia en los fenómenos de inundación, y se realiza un álgebra de mapas mediante herramientas SIG. A continuación, se presenta la ponderación e ilustración de las variables:

Tabla 33 Esquema de ponderación de variables temáticas para el modelo de amenaza por fenómenos de inundación.

VARIABLES		PARAMETROS	PONDERACIÓN
1	Geomorfología	Subunidades Fluviales	25%
2	Procesos morfodinámicos asociados a inundaciones	Rastros de inundación recientes	15%
3		Rastros de inundación antiguos	15%
4	Modelo de Elevación Digital	Valley Depth	15%
5		Relative Slope Position	15%
6	Cobertura Vegetal	Coberturas asociadas a inundación	15%
7	Registro de Eventos Históricos de Inundación	Recurrencia de eventos históricos	Validador del Modelo de Amenaza

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 101 Variables temáticas utilizadas para elaborar la zonificación de la amenaza por inundación.



Fuente: Elaboración Propia.

Se realizó la ponderación y calificación de las variables, con la ayuda de software tipo SIG y se ejecutaron las respectivas operaciones topológicas de la información vectorial de las variables y se generó la suma ponderada de cada una de las variables, para posteriormente definir los rangos de clasificación de la amenaza (baja, media, y alta), que mejor se ajuste a las condiciones del municipio de Acacías. Los rangos se clasificaron de la siguiente manera:

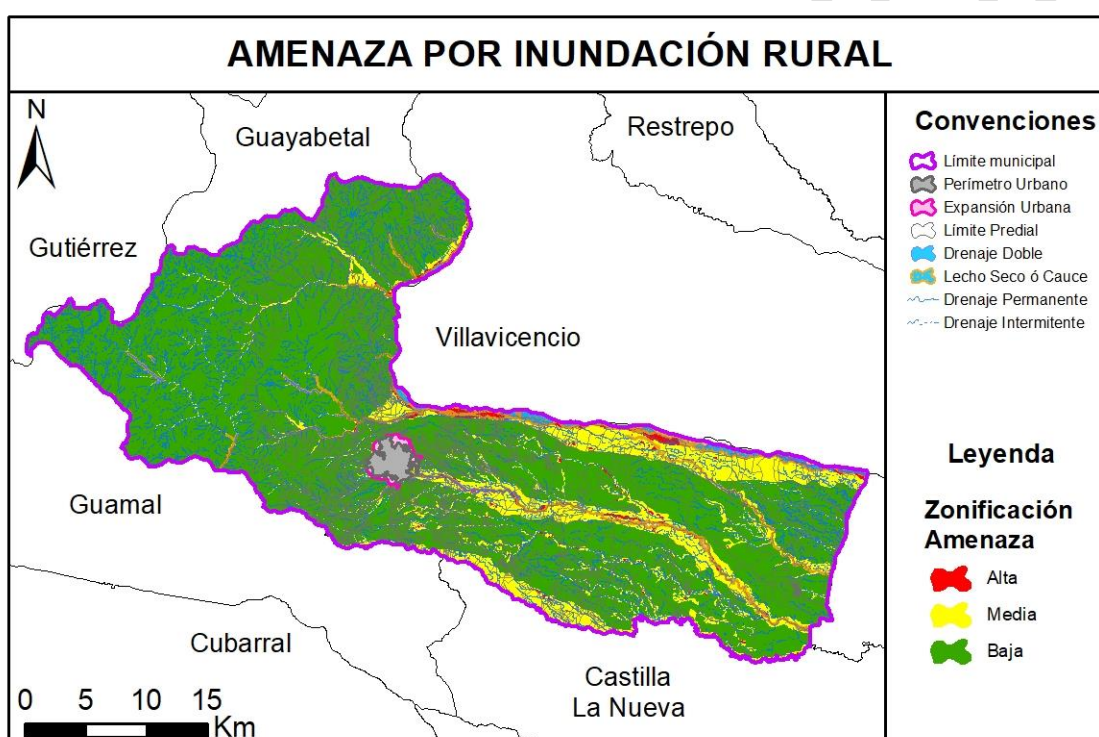
Tabla 34 Rangos estimados para la zonificación de la amenaza por inundación.

AMENAZA	RANGOS
Amenaza Alta	65-100%
Amenaza Media	45-65%
Amenaza Baja	0-45%

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se muestra el mapa de la zonificación de amenaza por fenómenos de inundación, el cual es el resultado del análisis de la susceptibilidad, junto con las geoformas asociadas a inundación, cobertura vegetal, modelos de elevación, recurrencia de eventos históricos, e interpretación de imágenes satelitales, en las que se delimitaron las áreas de divagación y socavación de los ríos Acacías, Acaciitas, Guayuriba, Orotoy y las quebradas Caño Blanco, Las Blancas y Colepato.

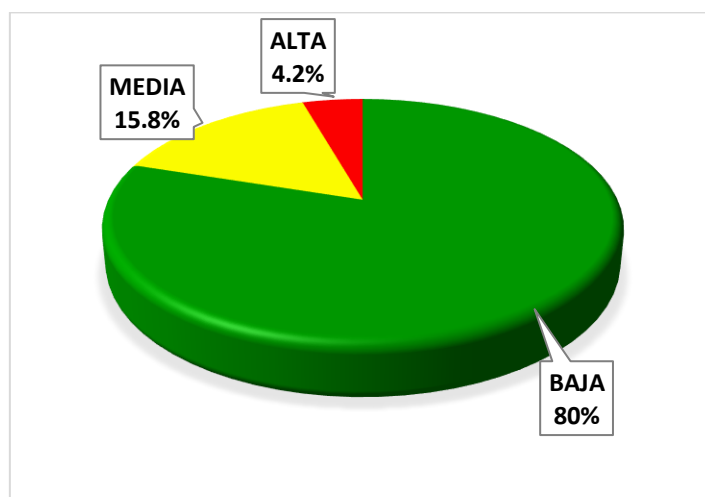
Figura 102 Mapa de amenaza por inundación del municipio de Acacías.



Fuente: Elaboración propia.

El municipio de Acacías presenta un 4.2% del territorio en amenaza por inundación alta (ver Figura 181), y corresponde principalmente al modelado fluvial de los ríos Acacías, Acaciitas, Guayuriba, Orotoy y las quebradas Caño Blanco, Las Blancas y Colepato. El 15.8% del municipio presenta amenaza media a inundación y corresponde a las partes más distales de los cauces donde hay poca recurrencia de eventos históricos y más alejada de las zonas inmediatas de los cauces de los ríos, (Figura 180), y el 80% del municipio presenta amenaza baja debido a que gran parte del municipio se encuentra en la cordillera oriental en donde son escasos los fenómenos de inundación.

Figura 103 Porcentaje de cada nivel de amenaza por inundaciones en el municipio de Acacías.



Fuente: Elaboración propia.

**Niveles de amenaza baja:** El 80% del municipio se encuentra en amenaza baja por fenómenos de inundaciones, y se localiza hacia la parte distal de los cauces, de morfología ondulada, asociada a geoformas no deposicionales con pendientes abruptas a escarpadas, ver Figura 180. Estas áreas no presentan registros de eventos de inundación.

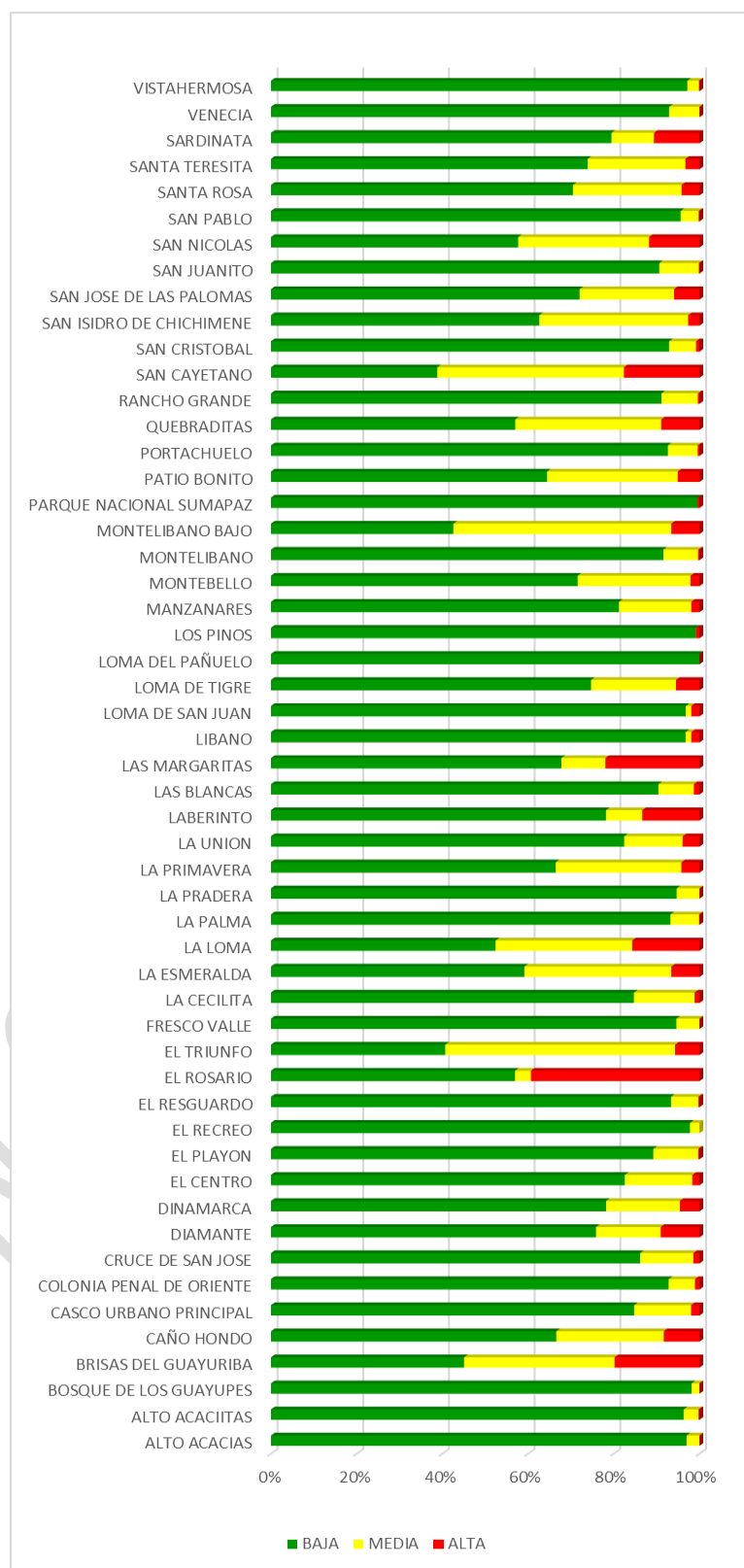
**Niveles de amenaza media:** Se encuentra distribuida en un 15.8% del área de estudio (Figura 181). La mayor parte de este nivel se localiza en cercanías de los ríos, y se presenta en geoformas aluviales como los planos de inundación y las terrazas aluviales, las cuales se encuentran más distales que las zonas de amenaza alta y del curso principal de los cauces, estas áreas presentan procesos morfodinámicos asociados a inundación.

**Niveles de amenaza alta:** Pertenece al 4.2% del área de estudio (Figura 181). Corresponde a áreas donde predominan las pendientes bajas, cauces aluviales, cuerpos de agua, planos de inundación y recurrencia de eventos históricos.

Las veredas del municipio de Acacías zonificados con mayor porcentaje de amenaza media y alta son: El Triunfo, San Cayetano, Montelibano Bajo, Brisas de Guayuriba, El Rosario, La Loma, La Esmeralda y Caño Hondo.



Figura 104 Porcentaje amenaza por inundación por veredas en el municipio de Acacías.



Fuente: Elaboración propia.

Las veredas del municipio de Acacías zonificados con menor porcentaje de amenaza es decir con mayor porcentaje de su territorio en amenaza baja son: Loma del Pañuelo, Parque Nacional Sumapaz, Los Pinos, Bosque de Los Guayupes, El Recreo, Vista Hermosa, Alto Acacías, Alto Acaciitas y San Pablo.

*Tabla 35. Porcentaje amenaza por inundación por veredas en el municipio de Acacías.*

VEREDA	BAJA	%	MEDIA	%	ALTA	%
ALTO ACACIAS	216.20	96.98%	6.72	3.02%	0.00	0.00%
ALTO ACACIITAS	2034.59	96.32%	72.75	3.44%	4.95	0.23%
BOSQUE DE LOS GUAYUPES	12538.25	98.16%	234.41	1.84%	0.00	0.00%
BRISAS DEL GUAYURIBA	470.50	45.06%	366.67	35.12%	206.96	19.82%
CAÑO HONDO	1710.05	66.58%	643.88	25.07%	214.43	8.35%
CASCO URBANO PRINCIPAL	971.33	84.76%	152.18	13.28%	22.53	1.97%
COLONIA PENAL DE ORIENTE	4104.80	92.80%	271.76	6.14%	46.49	1.05%
CRUCE DE SAN JOSE	701.62	86.14%	101.34	12.44%	11.56	1.42%
DIAMANTE	151.78	75.84%	30.25	15.12%	18.10	9.04%
DINAMARCA	5236.80	78.19%	1153.95	17.23%	306.37	4.57%
EL CENTRO	778.52	82.58%	148.43	15.74%	15.77	1.67%
EL PLAYON	558.62	89.23%	65.61	10.48%	1.81	0.29%
EL RECREO	684.37	97.77%	15.58	2.23%		0.00%
EL RESGUARDO	867.31	93.36%	59.22	6.37%	2.43	0.26%
EL ROSARIO	303.17	56.96%	19.70	3.70%	209.39	39.34%
EL TRIUNFO	352.50	40.67%	464.90	53.64%	49.33	5.69%
FRESCO VALLE	458.11	94.60%	26.17	5.40%	0.00	0.00%
LA CECILITA	610.91	84.71%	101.99	14.14%	8.31	1.15%
LA ESMERALDA	1671.97	59.14%	969.20	34.28%	186.11	6.58%
LA LOMA	2758.97	52.43%	1676.63	31.86%	826.85	15.71%
LA PALMA	562.87	93.22%	40.47	6.70%	0.47	0.08%
LA PRADERA	65.91	94.67%	3.71	5.33%	0.00	0.00%
LA PRIMAVERA	1462.68	66.43%	646.16	29.35%	92.85	4.22%
LA UNION	1931.29	82.44%	319.11	13.62%	92.24	3.94%
LABERINTO	2139.52	78.18%	231.40	8.46%	365.73	13.36%
LAS BLANCAS	421.89	90.41%	38.62	8.28%	6.11	1.31%
LAS MARGARITAS	750.68	67.78%	113.54	10.25%	243.23	21.96%
LIBANO	2228.41	96.75%	31.18	1.35%	43.58	1.89%
LOMA DE SAN JUAN	2937.19	96.80%	38.89	1.28%	58.18	1.92%
LOMA DE TIGRE	686.14	74.70%	182.16	19.83%	50.22	5.47%
LOMA DEL PAÑUELO	247.26	100.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%

VEREDA	BAJA	%	MEDIA	%	ALTA	%
LOS PINOS	1352.35	99.16%	0.55	0.04%	10.89	0.80%
MANZANARES	1875.45	81.22%	389.90	16.89%	43.75	1.89%
MONTEBELLO	788.56	71.57%	290.18	26.34%	23.05	2.09%
MONTELIBANO	1408.11	91.57%	124.86	8.12%	4.78	0.31%
MONTELIBANO BAJO	404.58	42.57%	483.25	50.84%	62.65	6.59%
PARQUE NACIONAL SUMAPAZ	4115.06	99.53%	0.00	0.00%	19.24	0.47%
PATIO BONITO	2452.48	64.45%	1159.66	30.48%	193.12	5.08%
PORTACHUELO	2065.41	92.63%	155.05	6.95%	9.23	0.41%
QUEBRADITAS	3469.04	57.00%	2072.77	34.06%	543.78	8.94%
RANCHO GRANDE	618.94	91.13%	57.65	8.49%	2.56	0.38%
SAN CAYETANO	763.84	38.82%	857.05	43.56%	346.76	17.62%
SAN CRISTOBAL	4068.38	92.92%	274.87	6.28%	35.25	0.81%
SAN ISIDRO DE CHICHIMENE	1329.63	62.62%	737.89	34.75%	55.93	2.63%
SAN JOSE DE LAS PALOMAS	3254.72	72.03%	996.27	22.05%	267.87	5.93%
SAN JUANITO	405.08	90.61%	41.38	9.26%	0.62	0.14%
SAN NICOLAS	165.25	57.69%	87.53	30.56%	33.68	11.76%
SAN PABLO	1032.84	95.61%	45.32	4.20%	2.09	0.19%
SANTA ROSA	2260.18	70.48%	813.22	25.36%	133.33	4.16%
SANTA TERESITA	900.40	73.90%	277.95	22.81%	39.99	3.28%
SARDINATA	761.58	79.45%	95.08	9.92%	101.84	10.63%
VENECIA	2990.78	92.91%	228.13	7.09%	0.00	0.00%
VISTAHERMOSA	2725.44	97.17%	75.88	2.71%	3.46	0.12%

Fuente: Elaboración propia.

#### 6.6.1.6 Identificación de Necesidades de Información

A partir de las etapas de desarrollo y de los productos obtenidos en la evaluación y zonificación de la amenaza por eventos de inundación, se observó la falta o necesidad de información que puede ser de gran relevancia para precisar las zonas identificadas como amenaza media y alta en el municipio y tener así una mejor caracterización de estos sectores con un mejor detalle.

- Imágenes satelitales de alta resolución en diferentes periodos de tiempo para identificar con mayor precisión las geoformas asociadas a este tipo de eventos en zonas planas.
- Un modelo digital del terreno de mayor resolución, y si es posible generados a partir de tecnología LIDAR, los cuales son útiles para establecer áreas susceptibles de inundación.
- Actualizar la red hidrográfica y realizar levantamientos batimétricos y topográficos que permitan la medición de caudales y velocidades de cauce, profundidad y características de fondo e identificación de zonas inundables para el modelamiento hidráulico de las zonas establecidas con amenaza media y alta.
- Tener un sistema de registro completo de los eventos amenazantes por inundaciones que puedan dar información técnica de las causas de los eventos, como localización, origen del evento (antrópico como rompimiento de represas, diques o natural como aumento de las

precipitaciones), procesos desencadenantes, zonas afectadas, duración. Este tipo de trabajos se deben desarrollar por las autoridades municipales y departamentales encargadas de atender este tipo de eventos.

## 6.7 DELIMITACION Y ZONIFICACION DE AMENAZA POR AVENIDAS TORRENCIALES

De acuerdo al PIGRPOMCAS, las avenidas torrenciales “se caracterizan por: su carácter súbito o impredecible; la alta velocidad y corta duración que desarrollan; gran cantidad de sedimento en volumen con relación al flujo de agua, es decir es un flujo denso, incluido material de arrastre de gran tamaño (rocas, troncos); frecuencia de recurrencia baja para una misma localización comparado con las inundaciones fluviales lentas; en general no existe una llanura de inundación bien establecida debido a que la distribución espacial y temporal suele ser errática, los desbordamientos son extensos y violentos, los procesos de erosión y sedimentación son bruscos, en ocasiones se dan procesos de profundización de cauce dentro de una misma zona de depósito de eventos previos”.

Takahashi (1980) define las avenidas torrenciales como “los flujos de escombros es un flujo antiguo conformado por una mezcla viscosa y sedimentos de todos los tamaños con acumulaciones de cantos rodados que se vuelcan en el frente de la onda y forman lóbulos, detrás del cual siguen los granos más finos”. Hampton (1972) define el fenómeno como “los flujos de escombros es el resultado de alguna forma de colapso en el talud. Los escombros que caen como un deslizamiento colectan humedad y se mueven a lo largo de la pendiente, éste se licua o se dilata conforme avanza, aumentando la movilidad del fluido”. De acuerdo con Wei Li (2014), las avenidas torrenciales pueden ser clasificadas por su concentración volumétrica, propiedades reológicas o el tipo de fluido (newtoniano o no). En este sentido, Marcelo García (2008), presenta el siguiente cuadro de clasificación por concentración por volumen según varios autores.

Figura 105 Clasificaciones de las avenidas Torrenciales según su concentración por volumen o peso

Source	Concentration percent by weight (100% by WT = 1,000,000 ppm)									
	23	40	52	63	72	80	87	93	97	100
	Concentration percent by volume (G. = 2.65)									
Source	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Beverage and Culbertson (1964)	High	Extreme	Hyperconcentrated			Mud Flow				
Costa (1984)	Water Flood		Hyperconcentrated			Debris Flow				
O'Brien and Julien (1985) using National Research Council (1982)	Water Flood		Mud Flood		Mud Flow		Landslide			
Takahashi (1981)	Fluid Flow		Debris or Grain Flow					Fall, Landslide, Creep, Sturzstrom, Pyroclastic Flow		
Chinese Investigators (Fan and Dou, 1980)	<----- Debris or Mud Flow ----->									
Pierson and Costa (1984)	<----- Hyperconcentrated Flow ----->									
	Sediment Laden			SLURRY FLOW			GRANULAR FLOW			
	Normal: Hyperconcentrated			(Debris Torrent), Debris Mud Flow, Solifluction			Sturzstrom, Debris Avalanche, Earthflow, Soil Creep			

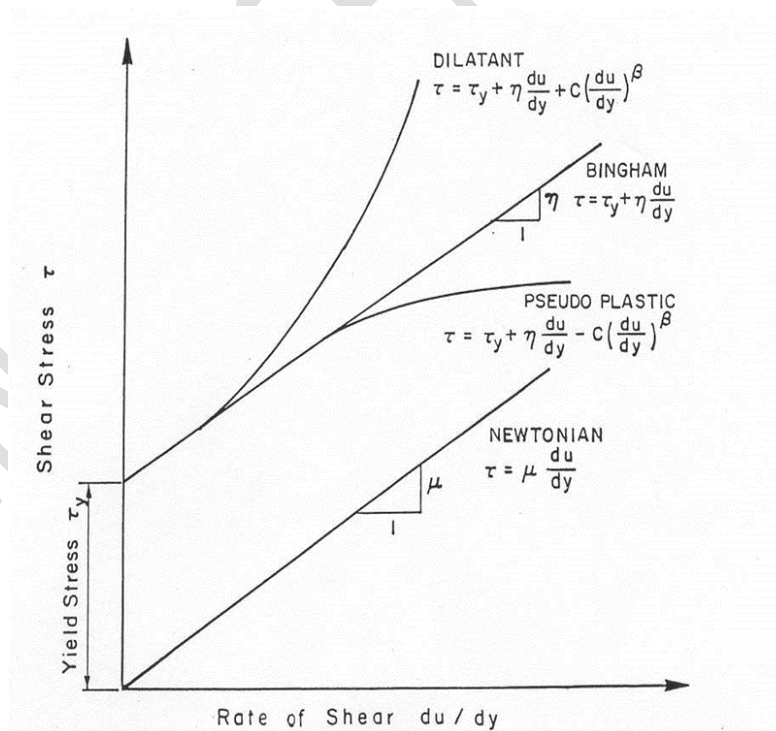
Fuente: Sedimentation Engineering, Chapter 19, Marcelo García (2008)

En la figura anterior, Hyperconcentrated significa hiperconcentrado, Debris Flow o Grain Flow significa Flujo de Detritos, Mud Flow/Flood es Flujo de Lodos, Water Flood/Fluid Flow es Inundación de Agua Limpia. Los flujos de detritos, flujos de lodos y los hiperconcentrados se diferencian de las crecientes súbitas de “Agua limpia” principalmente por su modelo reológico. En modelos de agua limpia, característico de crecientes lentas, se considera que la viscosidad del fluido no varía. En el caso de las avenidas torrenciales, fluidos no newtonianos, la viscosidad varía y los tipos de modelos reológicos son:

- Plástico
- Bingham
- Pseudoplástico
- Dilatante

Algunos modelos matemáticos consideran las avenidas torrenciales como un fluido tipo Bingham, mientras otros, como el de O'Brien, un fluido dilatante. Jhonson propuso un modelo matemático conocido como Modelo Viscoso de Coulomb. En cualquiera de los casos cuya clasificación aplique, estos tipos de flujos son no newtonianos, en donde su clasificación depende de la viscosidad dinámica del fluido y son agrupados en tres categorías. Algunos modelos matemáticos consideran las avenidas torrenciales como un fluido tipo Bingham, mientras otros, como el de O'Brien, un fluido dilatante. Jhonson propuso un modelo matemático conocido como Modelo Viscoso de Coulomb.

Figura 106 Clasificaciones de flujos newtonianos y no newtonianos



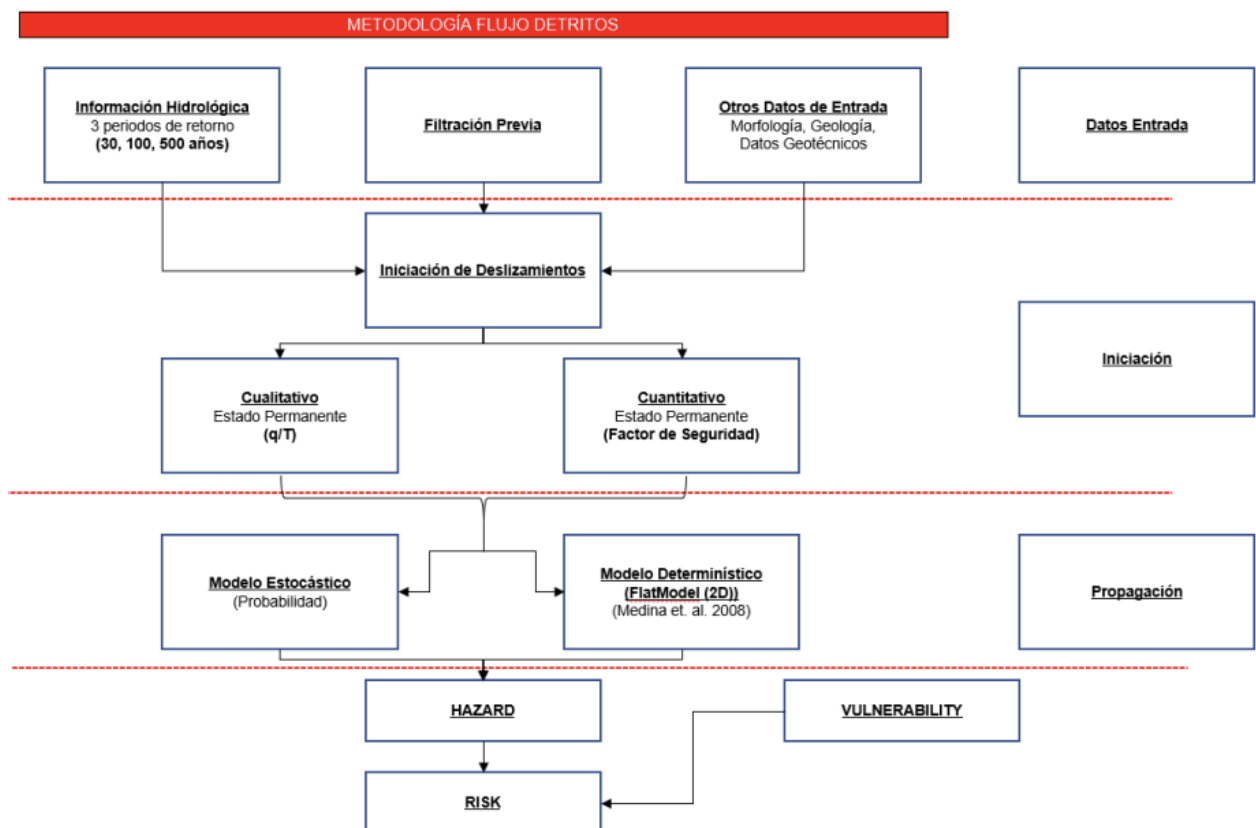
Fuente: FLO-2D Webinar Hyperconcentrated Sediment Flows – Mud and Debris Flows. O'Brien (2012).



La modelación matemática determinística detallada de la propagación y depositación de una avenida torrencial es compleja, pues computacionalmente no es viable realizar una modelación tridimensional por costo computacional. Por lo que es normal emplear las ecuaciones bidimensionales de aguas someras, SWE por sus siglas en inglés. El problema radica en que las ecuaciones de aguas someras son obtenidas a partir de hipótesis de flujos newtonianos, obligando así a incorporar términos fuente adicionales a las ecuaciones para captar apropiadamente los términos de esfuerzo cortante en las ecuaciones, cosa que solo se consigue a través del uso de un modelo reológico. En términos procedimentales, un estudio por avenidas torrenciales contiene etapas como las mostradas a continuación:

Un procedimiento metodológico de cálculo detallado sería como se presenta a continuación:

Figura 107 Procedimiento metodológico de análisis de flujo de detritos



Fuente: Development of Preliminary Assesment Tools to Evaluate Debris Flow Hazards. Bregoli et. Al. (2011)

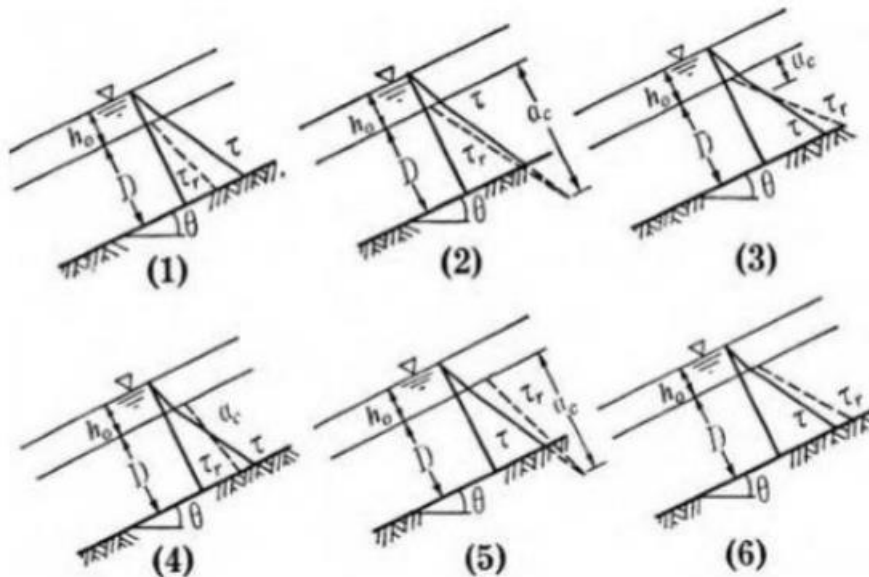
De esta forma, un análisis de avenidas torrenciales se compone de dos grandes fases:

- **Iniciación:** Los esfuerzos investigativos se enfocan en la identificación de zonas de iniciación de posibles movimientos en masa o procesos erosivos. De acuerdo con Takahashi (2007), las avenidas torrenciales pueden ser clasificadas en tres casos de acuerdo a su mecanismo de generación.

- A. Los depósitos en el lecho de la quebrada son erodados por la acción dinámica del agua hasta alcanzar una concentración de sedimentos específica y físicamente posible. Es categorizada como flujo de lodos
  - B. Un deslizamiento se transforma en flujo de detritos a medida que se desplaza por la corriente debido al agua acumulada en el subsuelo o por la disponibilidad hídrica superficial.
  - C. C. Colapso repentino de represas que generan flujo de detritos.
- Para el primer caso, Takahashi presenta las siguientes condiciones.

Para el primer caso, Takahashi presenta las siguientes condiciones.

Figura 108 Diagrama de Esfuerzos Cortantes en una Corriente



Fuente: Debris Flow Mechanics, Prediction and Countermeasures. Takahashi. 2007.

El esfuerzo cortante a una profundidad  $a$  es evaluado como se presenta a continuación:

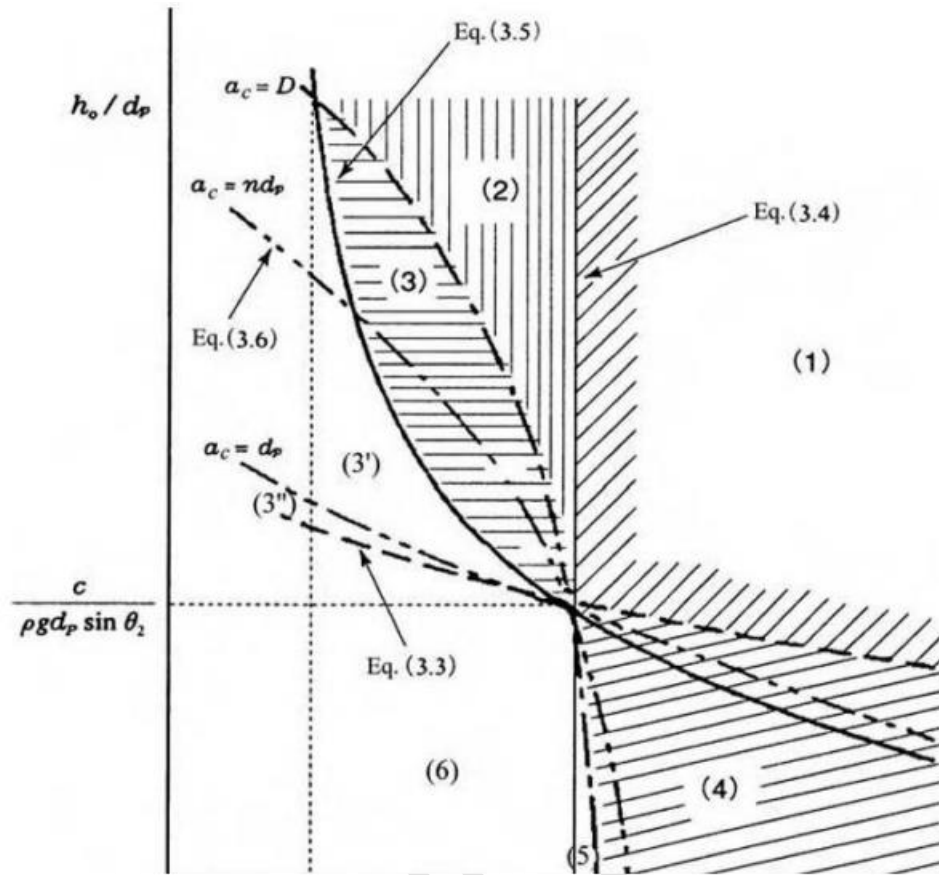
$$\tau = g * \sin(\theta) * \{C * (\sigma - \rho)a + \rho(a + h_0)\}$$

El esfuerzo resistente al cortante a una profundidad  $a$  es evaluado como se presenta a continuación:

$$\tau_r = g * \cos(\theta) * \{C * (\sigma - \rho)a\} \tan(\phi) + c$$

Donde  $c$  es la cohesión,  $C$  es la concentración máxima,  $a$  es la profundidad considerada. La existencia de los casos anteriores es como se presente en la siguiente figura.

Figura 109 Criterios de Ocurrencia de los diferentes tipos de flujo



Fuente: Debris Flow Mechanics, Prediction and Countermeasures. Takahashi. 2007

De acuerdo con Hirano (1997), la inestabilidad existe cuando los esfuerzos actuantes son, por lo menos, iguales a los resistentes, por lo que la pendiente crítica para tal situación es como se presenta a continuación:

$$\tan(\theta_c) = \frac{\frac{c}{\rho g a \cos(\theta_c)} + C_* \left( \frac{\sigma}{\rho} - 1 \right) \tan(\varphi)}{C_* \left( \frac{\sigma}{\rho} - 1 \right) + 1 + \frac{h_0}{a}}$$

Diferentes ensayos de laboratorio muestran que la pendiente crítica para iniciación se encuentra cerca del valor de los 14.5°. Sin embargo, para que en el caso (3) de iniciación, como lo menciona Takahashi, exista la inestabilidad en el suelo,  $a$  debe ser menor que  $a_c$  y a su vez esta profundidad crítica debe ser mayor que por lo menos  $d_p$ , diámetro de las partículas, y a su vez, por lo menos, igual a la profundidad del flujo  $h_0$ . Cuando un ángulo igual a 15° es reemplazado en la ecuación, para

condiciones específicas,  $\theta_c$  es inferior a  $\theta_p$  y por ende no se cumple la condición de iniciación de flujo de detritos. Cuando  $\theta_c$  es por lo menos igual a  $16.3^\circ$ , dicha discrepancia es resuelta. De acuerdo con Hirano (1997), cuando el ángulo es igual a  $21.7^\circ$ , con cohesión igual a 0, concentración máxima igual a 0.65, profundidad de flujo igual a 0, entre otros parámetros, un flujo de detritos es posible sin flujo superficial. Rickenmann (2016) presenta valores de referencia entre  $15^\circ$ - $25^\circ$  como pendientes de iniciación de flujo.

**Propagación y Depositación:** Los modelos matemáticos deterministas empleados para modelamiento de este tipo de flujos torrenciales son Flo-2D, RiverFlow 2D, FlatModel, RAMMS, entre otros. Como se mencionó anteriormente, dichos Software resuelven las ecuaciones de aguas someras, SWE. Las ecuaciones son mostradas a continuación:

$$\frac{\partial}{\partial t} \begin{pmatrix} h \\ hu \\ hv \end{pmatrix} + \frac{\partial}{\partial x} \begin{pmatrix} hu \\ hu^2 + g_p \frac{h^3}{2} \\ huv \end{pmatrix} + \frac{\partial}{\partial y} \begin{pmatrix} hv \\ huv \\ hv^2 + g_p \frac{h^3}{2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ h(g_p \tan \alpha_x - S_{fx}) \\ h(g_p \tan \alpha_y - S_{fy}) \end{pmatrix}$$

Los términos fuente  $S_{fx}$  y  $S_{fy}$  deberán entonces incorporar el modelo reológico seleccionado para tratar este tipo de fenómenos torrenciales.

Estos modelos presentan el problema del detalle. Debido a que son Software de carácter determinístico, se requiere conocer con buen grado de precisión el volumen de sólidos a simular, un Modelo Digital de Elevaciones a escala 1:25.000 con resoluciones espaciales alrededor de 2 metros, caracterización hidráulica de las corrientes a simular, entre otros. Es evidente la limitante del uso de estos programas debido a los costos económicos y temporales que conllevan.

Varios investigadores han buscado la forma de emplear alternativas de evaluación de este fenómeno mediante parámetros morfométricos de cuencas y/o avenidas torrenciales esperadas. Los mayores aportes en este último aspecto han sido compilados por Rickenmann mediante estimaciones de longitudes de depositación, volumen de detritos, área de depositación, caudales pico, entre otros. También existen algoritmos como TopFlowDF o TopRunDF, empleados por Rickenmann en análisis de depositación de avenidas.

Una forma de propagación alternativa, de carácter probabilística, ha sido propuesta por Horton et. al. (2013) y es la acá usada para evaluación cualitativa.

#### 6.7.1.1 Metodología Adoptada

Según el decreto 1077 del 2015 los estudios básicos por avenidas torrenciales deben contener las siguientes especificaciones mínimas: cauces presentes o con confluencia en el municipio que por sus condiciones topográficas puedan tener un comportamiento torrencial, utilizando como insumos la geomorfología, hidrología, hidráulica, los ciclos de sedimentos y los detonantes como precipitaciones o

movimientos en masa. Sin embargo, en el decreto se desconoce la forma de generación y ocurrencia del fenómeno, es decir, estos sucesos naturales pueden generarse en un punto cualquiera dentro de una cuenca hidrográfica y transitar hasta depositarse en un sector con condiciones que favorecen esta última etapa del evento natural, por lo que limitar el análisis torrencial a un perímetro urbano conlleva a desconocer posibles áreas de generación o iniciación de un evento torrencial por fuera del mismo, que posterior a transitar por la red de drenajes, puede igualmente depositarse en zonas urbanas.

El contraste anteriormente presentado establece la necesidad de evaluar el fenómeno a nivel hidrográfico y no urbano, pues si eventualmente dentro del perímetro urbano no se registra áreas con iniciación de avenidas torrenciales, no se tendrían amenazas por tránsito y depositación, que finalmente se traducen en ningún riesgo por el fenómeno, aun cuando pueden existir áreas de iniciación por fuera del perímetro que pueden generar un riesgo en el sector urbano.

Los modelos matemáticos empleados para modelamiento de este tipo de flujos torrenciales son Flow-2d, RiverFlow 2D, entre otros, como modelos para evaluación determinística. Debido a que su fin es comercial y la adquisición de sus licencias es elevada, varios investigadores han buscado la forma de emplear alternativas de evaluación de este fenómeno mediante parámetros morfométricos de cuencas y/o avenidas torrenciales esperadas. Los mayores aportes en este último aspecto han sido compilados por Rickenmann mediante estimaciones de longitudes de depositación, volumen de detritos, área de depositación, caudales pico, entre otros. También existen algoritmos como TopFlowDF o TopRunDF, empleados por Rickenmann en análisis de depositación de avenidas. Para análisis de iniciación de avenidas existen algoritmos como los de SHALSTAB o SINMAP. Una metodología alternativa, **de carácter probabilística, ha sido propuesta por Horton et. al. (2013) y es la acá usada para evaluación cualitativa.**

Debido a que lo que se busca es identificar aquellas celdas, en un formato ráster, son propensas a generación de avenidas torrenciales y que de acuerdo con Horton et. al. (2013) al referirse a las pendientes, la disponibilidad hídrica y la disponibilidad de sedimentos como tres criterios que resultan de mayor relevancia para estimar áreas de iniciación de detritos, se realiza una superposición de los siguientes mapas:

Pendientes del terreno: Diferentes ensayos de laboratorio, como se mencionó anteriormente, muestran que la pendiente crítica para iniciación se encuentra cerca del valor de los  $14.5^\circ$ . Sin embargo, para que en el caso (3) de iniciación, como lo menciona Takahashi, exista la inestabilidad en el suelo,  $\alpha$  debe ser menor que  $\alpha_c$  y a su vez esta profundidad crítica debe ser mayor que por lo menos  $d_p$ , diámetro de las partículas, y a su vez, por lo menos, igual a la profundidad del flujo  $h_0$ . Cuando un ángulo igual a  $15^\circ$  es reemplazado en la ecuación, para condiciones específicas,  $\alpha_c$  es inferior a  $d_p$  y por ende no se cumple la condición de iniciación de flujo de detritos. Cuando  $\theta_c$  es por lo menos igual a  $16.3^\circ$ , dicha discrepancia es resuelta. De acuerdo con Hirano (1997), cuando el ángulo es igual a  $21.7^\circ$ , con cohesión igual a 0, concentración máxima igual a 0.65, profundidad de flujo igual a 0, entre otros parámetros, un flujo de detritos es posible sin flujo superficial. Rickenmann (2016) presenta valores de referencia entre  $15^\circ$ - $25^\circ$  como pendientes de iniciación de flujo. Por lo anterior, y en aras de considerar todas las áreas probables de iniciación de flujo de detritos, se considera un valor de pendiente crítico superior o igual a  $17^\circ$ . Este valor de pendiente difiere del recomendado por Horton et. al. en dos grados, pues ellos establecen un valor de  $15^\circ$  para toda área de drenaje con área superior a  $2.5 \text{ Km}^2$ , mientras que para áreas inferiores a estas propone la estimación de una pendiente límite mediante la siguiente ecuación.

$$\tan(\beta) = 0.32S_{uca}^{-0.2}$$



- Disponibilidad Hídrica: Su finalidad está asociada a la aproximación en la estimación de la cantidad de agua que pueden tener áreas determinadas de iniciación debido a los principios teóricos brevemente anteriormente presentados. En este aspecto, Horton et. al. hacen uso del mapa de flujo acumulado, que, al multiplicar por las dimensiones de una celda específica, se puede obtener el valor de área. Sin embargo, este criterio es algo ambiguo al ser usado de esta forma, pues su valor de área es usado para la estimación del umbral de pendiente anteriormente mencionado y en realidad no se ve la aplicabilidad en la estimación de disponibilidad de recurso hídrico. **Por lo anterior, en el presente estudio se realiza la estimación de la disponibilidad de recurso mediante dos parámetros:**

- Índice Topográfico de Humedad: Propuesto por Beven et. al. (1979) con la finalidad de estimar zonas de saturación en el suelo. Su estimación se realiza mediante la siguiente expresión

$$TWI = \ln\left(\frac{a}{\tan(\beta)}\right)$$

En donde  $a$  es el área específica de drenaje en metros y  $\tan(\beta)$  es el valor de la pendiente.

Debido a su expresión matemática, en zonas de drenaje con áreas iguales a cero, es decir, en la divisoria de una cuenca y en zonas con pendientes iguales a cero, la expresión matemáticamente es indefinida, por lo que en estos dos casos no es viable su uso.

- Abstracción Inicial del SCS: Permite la introducción de una lluvia de diseño para un periodo de retorno específico. Dentro del modelo del SCS, la abstracción inicial es la profundidad del agua que se infiltra en el suelo y que, teóricamente, aún no se genera escorrentía. De esta forma, toda lluvia de diseño, con un valor superior al de la abstracción inicial, generara escorrentía y por ende existe flujo subsuperficial. La abstracción inicial se estima en un 20 por ciento (%) el valor de la máxima retención potencial y esta a su vez se estima a partir del valor del número de curva mediante la siguiente expresión

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

La condición antecedente de humedad, para estimar el valor del número de curva, se elige igual a II, pues se busca evaluar áreas de iniciación de detritos en concordancia con la metodología para zonificación de Remoción en Masa Rural usando precipitaciones máximas en 24 Hrs para un periodo de retorno específico. Esta condición implica que antes del evento que genera los movimientos en masa hay unas condiciones normales o cotidianas de humedad y que la lluvia en 24 Hrs, al restarle la abstracción inicial, zonifica aquellas áreas que una lluvia en 24 horas produce escorrentía y saturación del suelo o no.

- Disponibilidad de Sedimentos: Este criterio, orientado a la disponibilidad de sedimentos en las corrientes, es estimado mediante el Índice de Poder de Corriente y se calcula mediante la siguiente expresión:

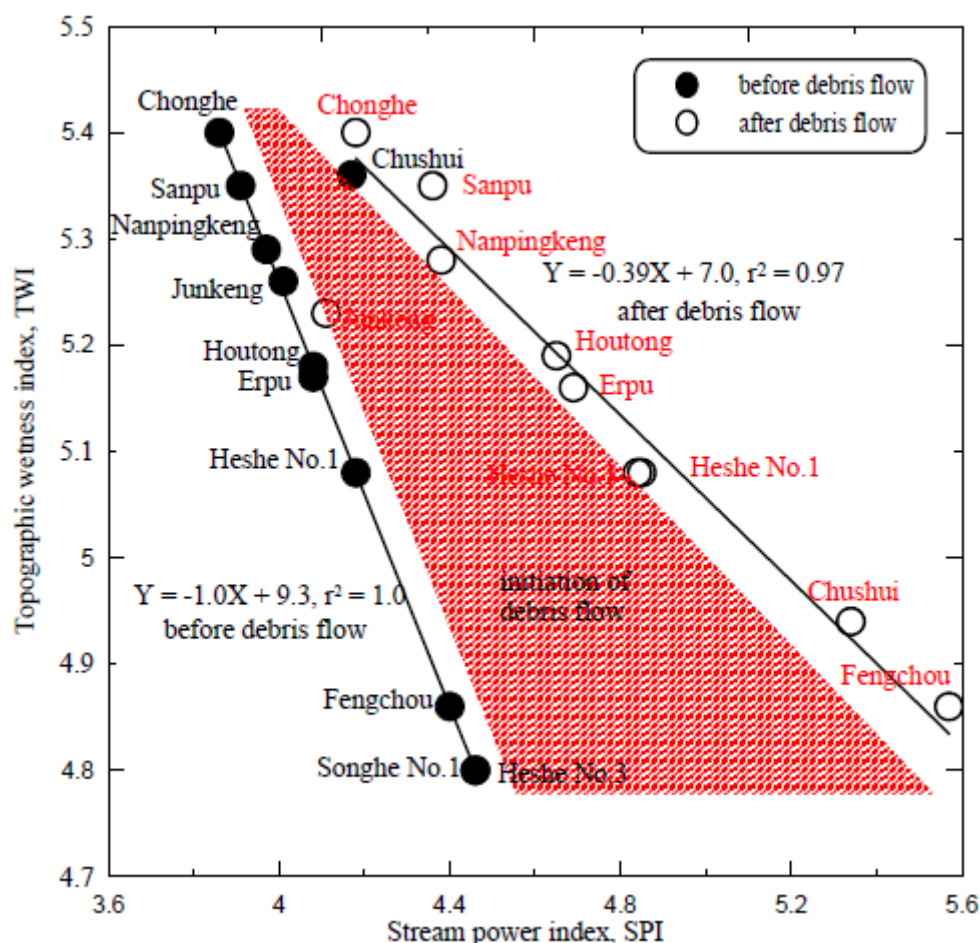
$$SPI = \ln(a * \tan(\beta))$$

De igual forma se considera la zonificación de Movimientos en Masa como zona de disponibilidad de sedimentos toda vez que, este tipo de eventos, suelen resultar en avenidas torrenciales si existen las características de terreno e hidrología suficientes. Se considera como disponibilidad de sedimentos las zonificaciones altas, con el fin de evitar que el uso de información entre diferentes fenómenos sea redundante o repetitiva.

Un estudio realizado por Chien-Yuan Chen y Wen-Jeng Lee estimó que la suma, entre TWI y SPI con valores iguales o superiores a 9.3, es el mejor indicativo de eventos torrenciales para diferentes sucesos en China, con un valor de regresión de aproximadamente igual a 1.0. Esta suma de TWI y SPI la

definieron como DFTI, por sus siglas en inglés y que traduce como Índice Topográfico de Flujo de Detritos. Dicha relación entre el índice SPI y el TWI es como se presenta a continuación.

Figura 110 Relación de SPI y TWI antes y después de un flujo de detritos



Fuente: *Topographic Features and the Initiation of Debris Flow*. Chien-Yuan Chen, Weng-Jeng Lee.

En adición, la presente consultoría considera importante la inclusión en el análisis de celdas activas la zonificación de movimiento en masa, pues esta es altamente diciente de las posibilidades de un evento en masa que, cercano a un drenaje o suelo altamente saturado, podría llegar a presentar comportamiento de flujos hiperconcentrados.

De esta forma, y habiendo presentado los insumos para la estimación de celdas como áreas de iniciación de flujo, solo se consideran probables de iniciación aquellas que cumplan, para un punto específico, cada uno de los criterios anteriormente presentados, es decir, toda celda, sí y solo sí, su valor de pendiente en grados es superior a 17, su valor de DFTI es igual o superior a 9.3, para un periodo de retorno específico, es superior a la abstracción inicial y el Movimiento en Masa es zonificado como alto, se considerará entonces como celda de iniciación de flujo torrencial.

Índice de Topográfico de Humedad (TWI): Propuesto por Beven et. al. (1979) con la finalidad de estimar zonas de saturación en el suelo.

$$TWI = \ln\left(\frac{a}{\tan(\beta)}\right)$$

Su estimación se realiza mediante la siguiente expresión En donde  $a$  es el área específica de drenaje en metros y  $\tan(\beta)$  es el valor de la pendiente. Debido a su expresión matemática, en zonas de drenaje con áreas iguales a cero, es decir, en la divisoria de una cuenca y en zonas con pendientes iguales a cero, la expresión matemáticamente es indefinida, por lo que en estos dos casos no es viable su uso.

- Índice de Poder de Corriente: Este criterio, orientado a la disponibilidad de sedimentos en las corrientes, es estimado mediante el Índice de Poder de Corriente y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$SPI = \ln(a * \tan(\beta))$$

Movimientos en Masa: Se consideran las zonificaciones en amenaza media y alta.

Con los anteriores insumos se genera un mapa de ACTIVIDAD TORRENCIAL DE INICIACIÓN por avenidas torrenciales. La identificación de celdas activas es finalmente como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 36. Categorización de actividad torrencial en fase de iniciación de acuerdo a insumos usados.

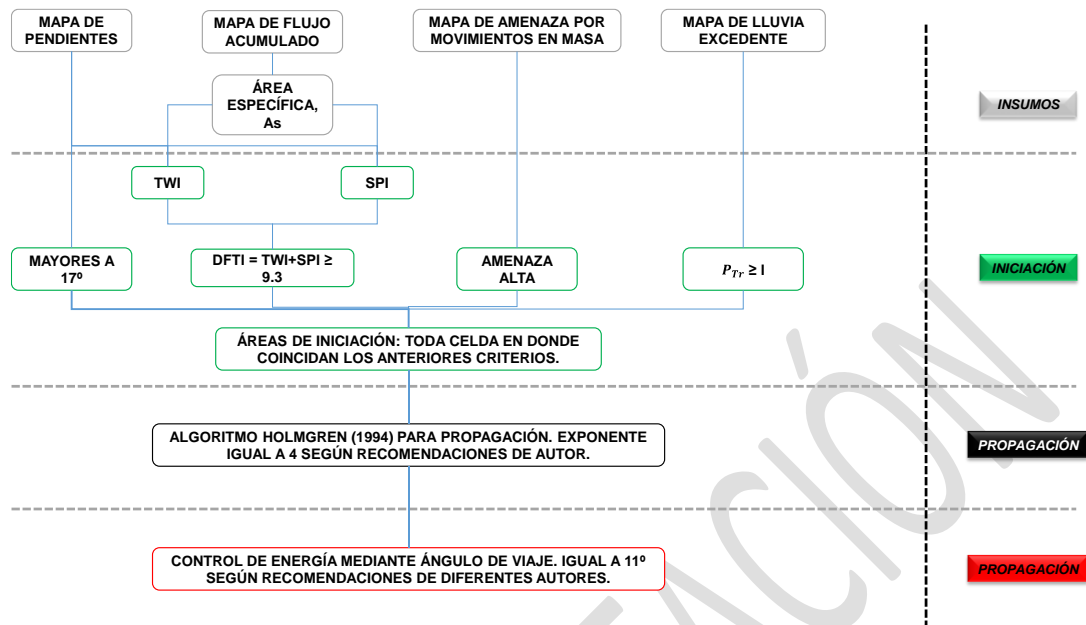
Insumo	Actividad	Sin Actividad
Pendiente > 17°	1	0
DFTI ≥ 9.3	1	0
MM (Amenaza Media y Alta)	1	0
LL (LI > I)	1	0

**Fuente:** Elaboración Propia.

Una celda solo es propensa a iniciación de avenidas torrenciales si al superponer los cuatro insumos mostrados en la tabla anterior, la suma de estos da igual a cuatro (4). Se considera entonces que esa celda es una CELDA ACTIVA.

Este mapa de áreas de iniciación es ingresado en el algoritmo propuesto por Horton et. al. en donde su propagación o tránsito es estimado mediante diferentes algoritmos como D8, D Infinito o el de Holmgren (1994) y el análisis de depositación y tránsito es finalmente controlado mediante una ecuación de energía de valor unitario debido a que se desconoce el valor de la masa de suelo desprendida. Dicho lo anterior, a continuación, se presenta un breve diagrama de flujo de la metodología empleada

Figura 111 Diagrama de Flujo de metodología adoptada para evaluación de torrencialidad



Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo con Horton et. al., FlowR permite evaluar el área máxima de extensión que puede llegar a ser alcanzada por un evento de torrencialidad, de esta forma, el resultado final y en función de probabilidad máxima de una celda, permite, de una u otra forma, asociar a más alta probabilidad, una amenaza mayor, ya que permite estimar por donde escurrirá con mayor probabilidad el evento.

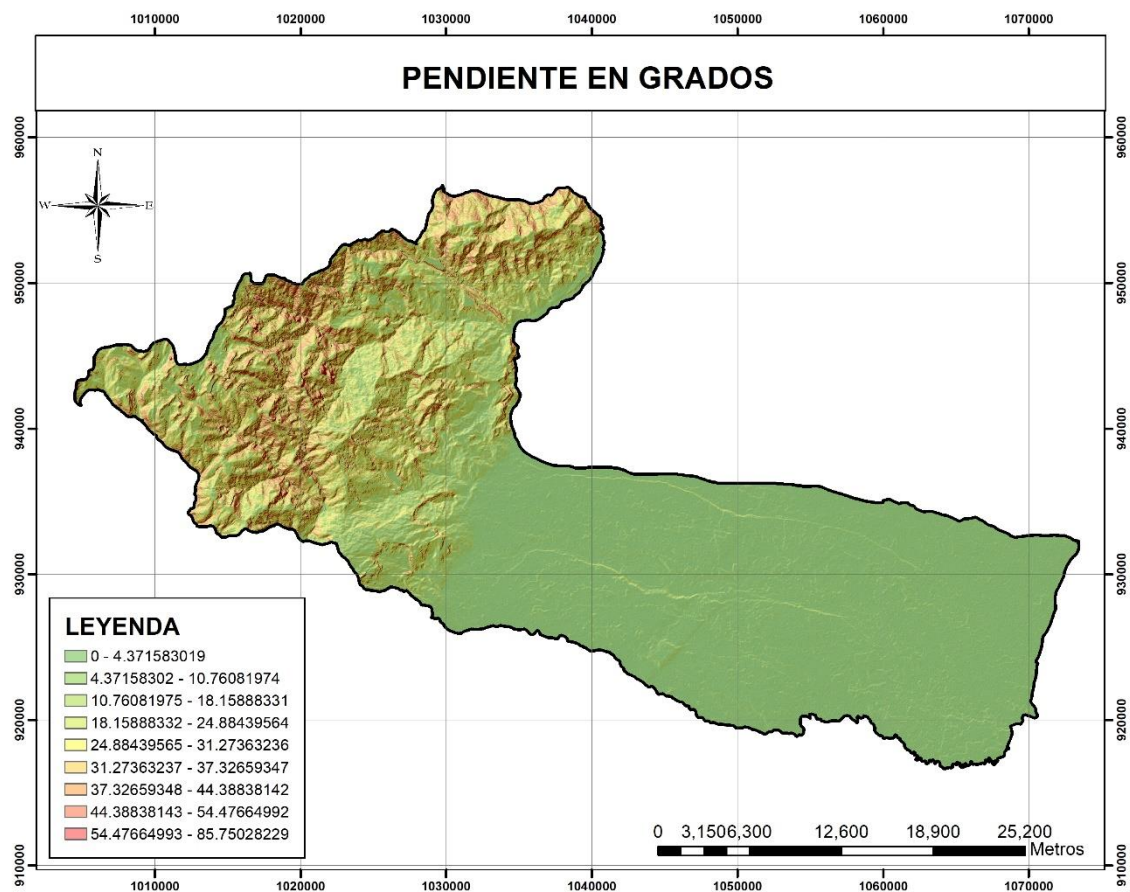
Es entonces como se estima amenaza baja toda probabilidad máxima inferior a 0.1, entre 0.1 y 0.25 como amenaza media y mayor a 0.25, hasta 1, como amenaza alta.

El diagrama de flujo de evaluación del programa es como se muestra en las siguientes figuras

#### 6.7.1.1.1 Insumos

- **Pendiente:** El mapa de pendientes, como insumo, es como se muestra a continuación.

Figura 112 Mapa de Pendientes Escala Rural

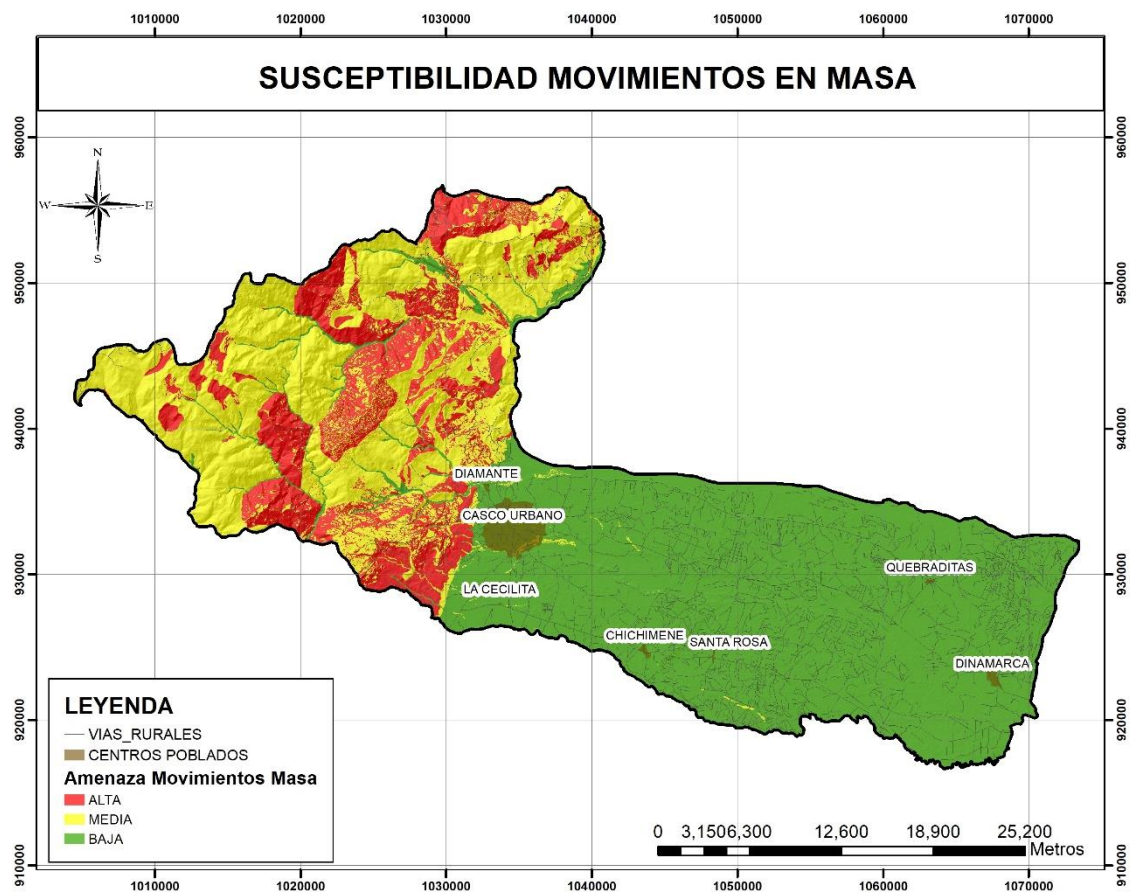


Fuente: Elaboración Propia.

- **Movimientos en Masa:** El mapa de Movimientos en masa a nivel rural es como se muestra a continuación.



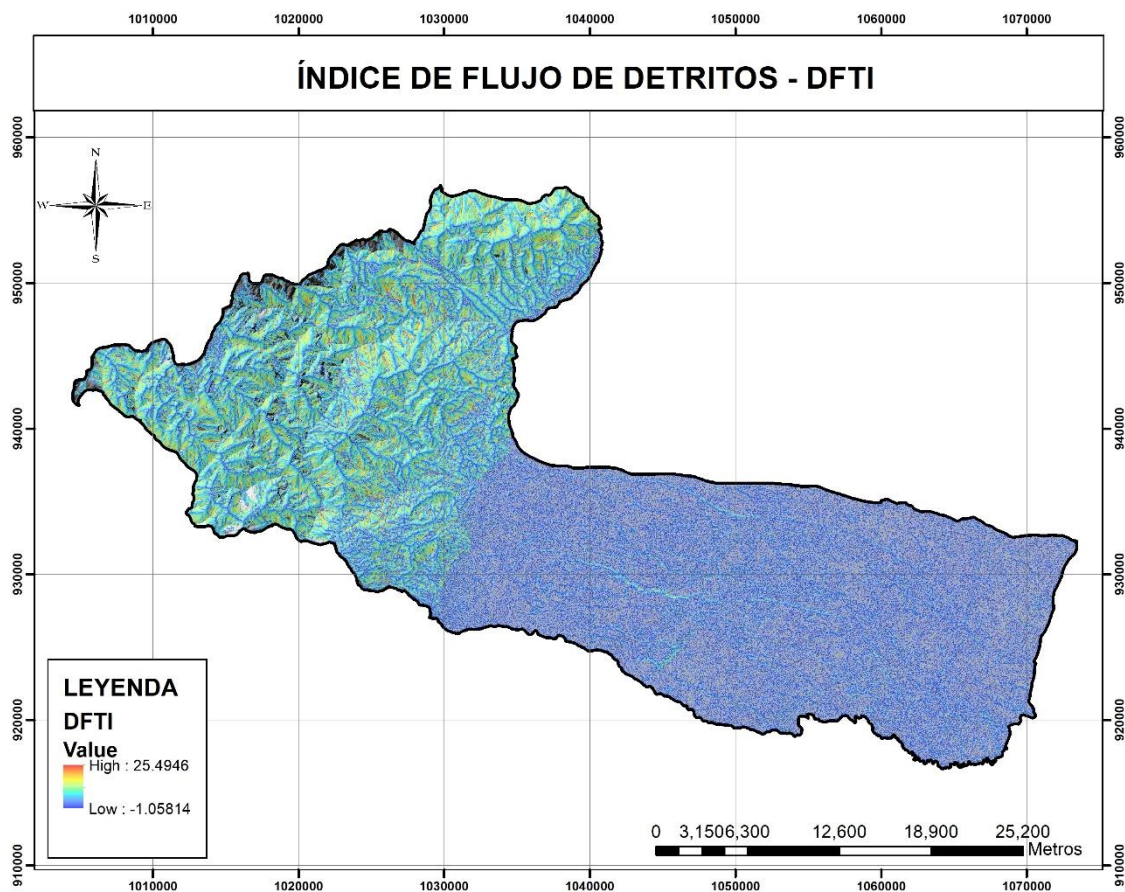
Figura 113 Mapa de Movimientos en Masa Rural



Fuente: Elaboración Propia

- **Índice de Flujo de Detritos:** El mapa de Flujo de Detritos es como se muestra a continuación.

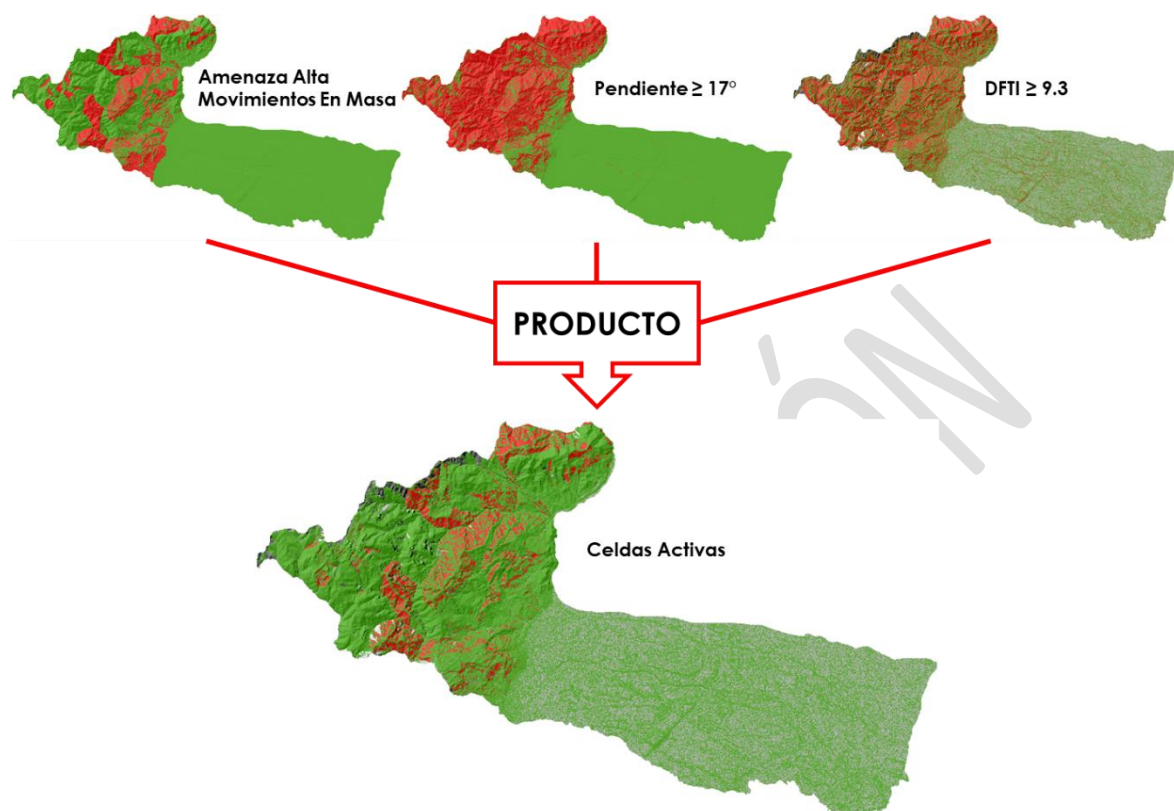
Figura 114 Mapa de Flujo de Detritos



Fuente: *Elaboración Propia*

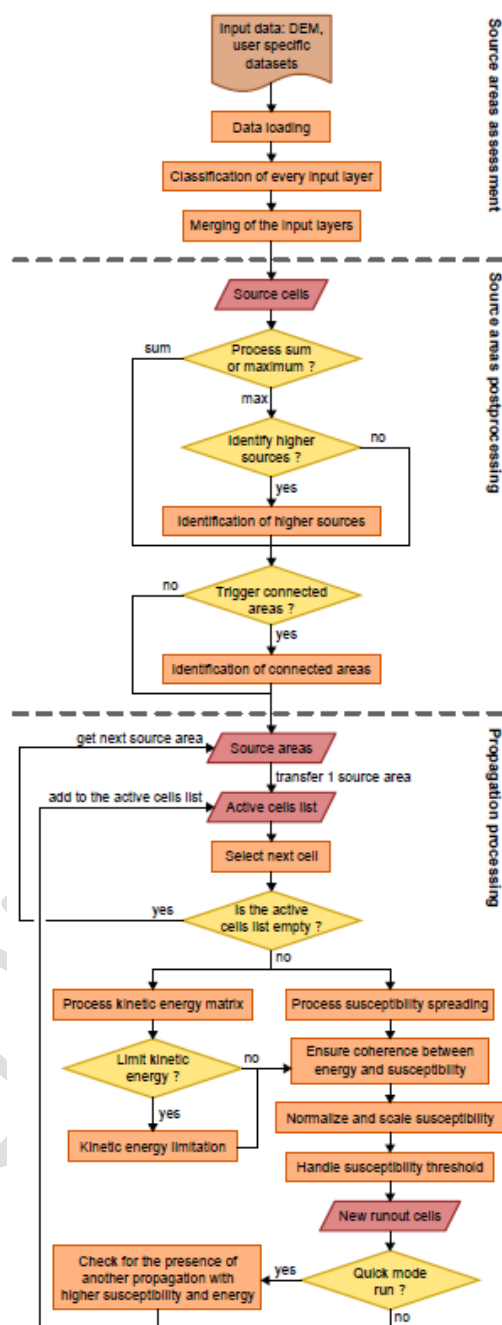
- Lluvia:** Para el análisis de la amenaza por movimientos en masa, se determinó la lluvia antecedente 15ant, que detonó los movimientos en masa, los cuales son las áreas de iniciación de los fenómenos de avenidas torrenciales, por lo que no se contempló este insumo debido a que ya se tuvo en cuenta en el insumo de movimientos en masa y se condicionaría el modelo.
- Para realizar el modelo de probabilidad de Flow-R, se deben convertir los insumos en celdas activas, por los criterios anteriormente descritos, lo que da como resultado una sumatoria de los mismos, y se toma como el insumo base para el modelo, es modelo se presenta en la siguiente figura.

Figura 115 Obtención de Celdas Activas.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 116 Diagrama de flujo de Flow-R.



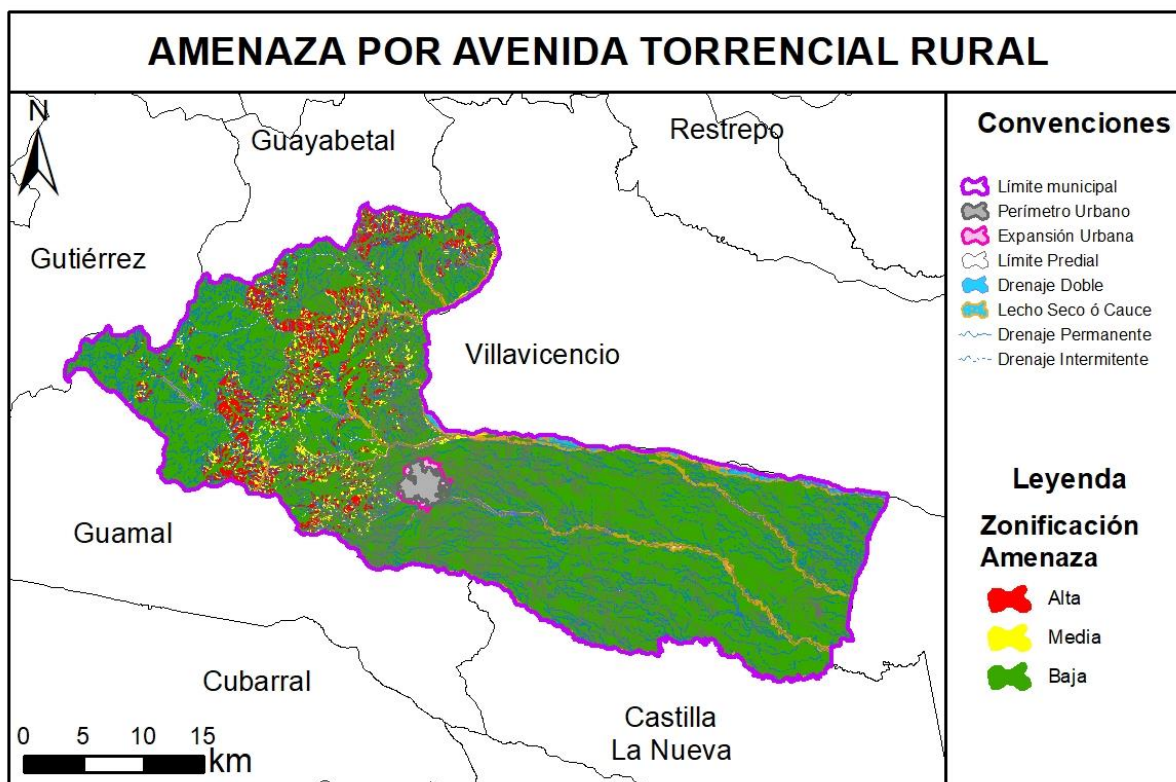
Fuente: FlowR, a model for susceptibility mapping of debris flows and other gravitational hazards at a regional scale. Horton et. Al. (2013).

#### 6.7.1.2 Amenaza por Torrencialidad

Los insumos anteriormente mencionados fueron evaluados según los criterios presentados en la

Figura 111 y el resultado es como se presenta a continuación.

Figura 117 Amenaza por Torrencialidad Rural del Municipio de Acacías, Meta.



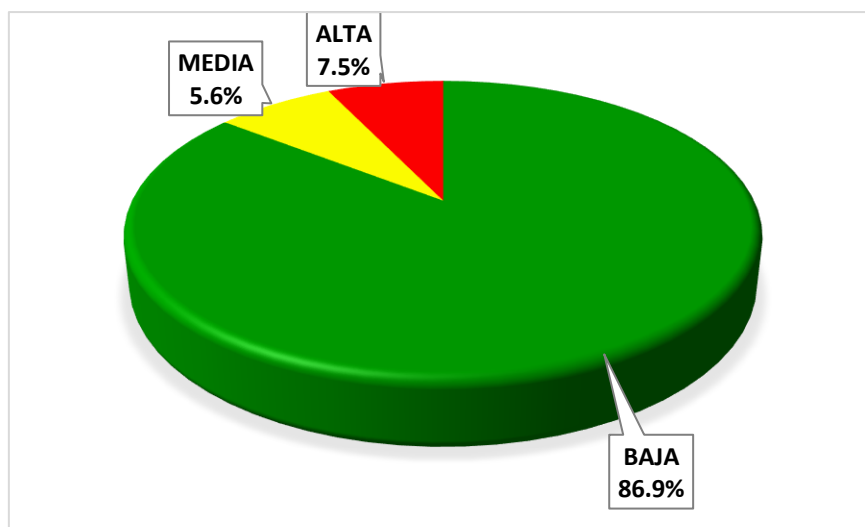
Fuente: Elaboración Propia

Es necesario mencionar que los resultados acá se contrastaron con procesos morfodinámicos evidenciados en campo y se encontró un resultado satisfactorio teniendo en cuenta las limitantes que existen en cuanto a escalas.

El municipio de Acacías presenta un 7.5% del territorio en amenaza por avenidas torrenciales alta, y corresponde a zonas de alta probabilidad de iniciación, dentro del cauce del río Acacías principalmente, el 5.6% se encuentra en amenaza media, y corresponde a pequeñas áreas de transporte de depositación, y el 86.9% del municipio presenta amenaza baja en las áreas alejadas del piedemonte.



Figura 118 Porcentaje de cada nivel de amenaza por avenidas torrenciales en el municipio de Acacías.



Fuente: Elaboración propia.

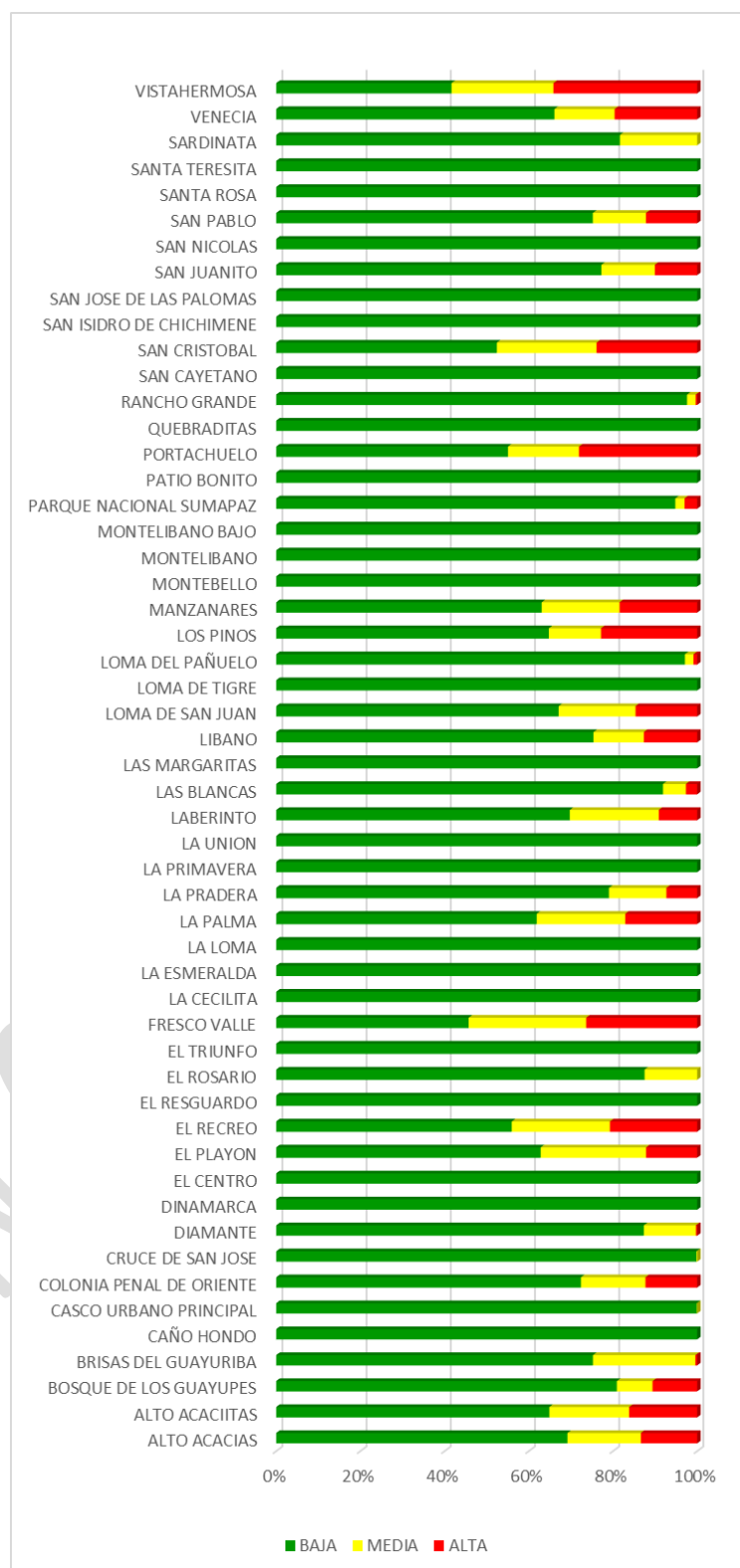
**Niveles de amenaza baja:** El 86.9% del casco urbano del municipio se encuentra en amenaza baja por fenómenos de avenidas torrenciales, y se localiza hacia la parte de baja pendiente, lejana de los cauces, de morfología ondulada, asociada a geoformas fluviales de terraza.

**Niveles de amenaza media:** Se encuentra distribuida en un 5.6% del área de estudio. La mayor parte de este nivel se localiza en cercanías de los ríos, y se presenta sobre las laderas y cauces aluviales. Son principalmente zonas de probable depositación de material.

**Niveles de amenaza alta:** Pertenece al 7.5% del área de estudio. Corresponde a áreas donde predominan fuertes pendientes, en los escarpes aledaños a los cauces aluviales y zonas de depositación.

Las veredas del municipio de Acacías zonificados con mayor porcentaje de amenaza por avenidas torrenciales media y alta son: Vista Hermosa, Fresco Valle, San Cristóbal, Portachuelo, El Recreo, El Playón, Alto Acacías y Alto Acaciitas.

Figura 119. Porcentaje amenaza por avenidas torrenciales por veredas en el municipio de Acacías.



Fuente: Elaboración propia.

Las veredas del municipio de Acacías zonificados con menor porcentaje de amenaza es decir con mayor porcentaje de su territorio en amenaza baja son: Caño Hondo, Dinamarca, El Centro, El Resguardo, El Triunfo, La Cecilita, La Esmeralda, La Loma, La Primavera, La Unión, Las Margaritas, Loma de Tigre, Montebello, Montelibano, Montelibano Bajo, Patio Bonito, Quebraditas, San Cayetano, San Isidro de Chichimine, San José de las Palomas, San Nicolás, Santa Rosa y Santa Teresita.

*Tabla 37. Porcentaje amenaza por avenidas torrenciales por veredas en el municipio de Acacías.*

VEREDA	BAJA	%	MEDIA	%	ALTA	%
ALTO ACACIAS	154.20	69.17%	38.89	17.44%	29.83	13.38%
ALTO ACACIITAS	1370.45	64.88%	400.14	18.94%	341.71	16.18%
BOSQUE DE LOS GUAYUPES	10336.01	80.92%	1082.19	8.47%	1354.46	10.60%
BRISAS DEL GUAYURIBA	785.60	75.24%	254.02	24.33%	4.52	0.43%
CAÑO HONDO	2568.37	100.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
CASCO URBANO PRINCIPAL	1145.21	99.93%	0.82	0.07%	0.00	0.00%
COLONIA PENAL DE ORIENTE	3201.96	72.39%	677.80	15.32%	543.28	12.28%
CRUCE DE SAN JOSE	813.23	99.84%	1.29	0.16%	0.00	0.00%
DIAMANTE	174.79	87.34%	24.77	12.38%	0.57	0.28%
DINAMARCA	6697.12	100.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
EL CENTRO	942.73	100.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
EL PLAYON	393.40	62.84%	156.72	25.03%	75.92	12.13%
EL RECREO	391.71	55.96%	163.26	23.32%	144.97	20.71%
EL RESGUARDO	928.96	100.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
EL ROSARIO	465.74	87.50%	66.52	12.50%	0.00	0.00%
EL TRIUNFO	866.73	100.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
FRESCO VALLE	221.42	45.72%	135.21	27.92%	127.64	26.36%
LA CECILITA	721.21	100.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
LA ESMERALDA	2827.28	100.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
LA LOMA	5262.45	100.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
LA PALMA	373.63	61.88%	127.13	21.06%	103.04	17.07%
LA PRADERA	55.03	79.05%	9.50	13.64%	5.09	7.31%
LA PRIMAVERA	2201.69	100.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
LA UNION	2342.65	100.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
LABERINTO	1908.43	69.74%	578.85	21.15%	249.36	9.11%
LAS BLANCAS	428.83	91.90%	25.32	5.43%	12.47	2.67%
LAS MARGARITAS	1107.45	100.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
LIBANO	1735.93	75.37%	275.64	11.97%	291.61	12.66%
LOMA DE SAN JUAN	2036.36	67.11%	553.87	18.25%	444.03	14.63%
LOMA DE TIGRE	918.52	100.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
LOMA DEL PAÑUELO	240.09	97.10%	5.01	2.03%	2.16	0.87%
LOS PINOS	883.21	64.76%	169.08	12.40%	311.51	22.84%

VEREDA	BAJA	%	MEDIA	%	ALTA	%
MANZANARES	1456.42	63.07%	427.21	18.50%	425.47	18.43%
MONTEBELLO	1101.79	100.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
MONTELIBANO	1537.75	100.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
MONTELIBANO BAJO	950.48	100.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
PARQUE NACIONAL						
SUMAPAZ	3919.89	94.81%	90.55	2.19%	123.87	3.00%
PATIO BONITO	3805.26	100.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
PORTACHUELO	1227.97	55.07%	375.87	16.86%	625.85	28.07%
QUEBRADITAS	6085.59	100.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
RANCHO GRANDE	662.83	97.60%	13.97	2.06%	2.36	0.35%
SAN CAYETANO	1967.65	100.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
SAN CRISTOBAL	2294.61	52.41%	1037.13	23.69%	1046.76	23.91%
SAN ISIDRO DE						
CHICHIMENE	2123.45	100.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
SAN JOSE DE LAS						
PALOMAS	4518.85	100.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
SAN JUANITO	345.34	77.24%	56.78	12.70%	44.96	10.06%
SAN NICOLAS	286.47	100.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
SAN PABLO	812.55	75.22%	136.38	12.63%	131.32	12.16%
SANTA ROSA	3206.73	100.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
SANTA TERESITA	1218.33	100.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
SARDINATA	782.72	81.66%	175.78	18.34%	0.00	0.00%
VENECIA	2128.02	66.11%	460.08	14.29%	630.81	19.60%
VISTAHERMOSA	1168.33	41.65%	678.75	24.20%	957.70	34.15%

Fuente: Elaboración propia.

### 6.7.1.3 Identificación de Necesidades de Información

Entendiéndose las necesidades de información como aquellos insumos, datos, procedimientos y/o propuestas direccionadas a obtener en futuros estudios o investigaciones, un avance en el conocimiento de la tipología de evento. Es así como durante la aplicación de las metodologías propuestas para el municipio de Acacías, se han identificado las siguientes necesidades de información:

- Dada la relevancia de los eventos históricos en la evaluación de la amenaza y en la validación respectiva de los productos generados, se hace necesario la creación de una base de datos en la cual se registre la localización, tipo de movimiento, causas y magnitud de la afectación de fenómenos en masa que llegasen a presentarse en toda la extensión del municipio. Esta propuesta deberá ser desarrollada por las autoridades encargadas de atender este tipo de eventos, controlada y supervisada por las respectivas autoridades autónomas regionales.
- Implementar un mayor número de estaciones de tipo hidrológica y meteorológica en toda la extensión superficial del municipio, específicamente en la parte de alto relieve y a lo largo de los drenajes superficiales. Esto con la finalidad de caracterizar mejor el municipio en futuros estudios en materia, y estimar con mayor grado de precisión variables de interés para el fenómeno de torrencialidad como lo son los caudales y concentración de sedimentos. Es

necesario que las estaciones sean limnigráficas y de registro subdiario, es decir, que registren información cada hora.

- Es necesario adelantar estudios de sistema de alertas tempranas dentro del municipio para avenidas torrenciales.

#### **6.7.1.3.1 Medidas de Intervención Correctivas**

Medidas de intervención prescriptiva o de mitigación dirigidas a reducir o disminuir los daños y pérdidas que se puedan presentar a través de reglamentos de seguridad y proyectos de inversión pública o privada cuyo objetivo es reducir las condiciones de amenaza, cuando sea posible, y la vulnerabilidad existente.

##### **Estructurales**

- Se deben proyectar obras de control de sedimentos en las áreas potenciales de tránsito, esto con el fin de disminuir la probabilidad de generación de eventos torrenciales. La localización exacta y cantidad de barreras a construir las debe definir un estudio detallado.
- Las áreas que se definan en los estudios detallados como zonas de riesgo alto no mitigable se deben destinar como zonas con uso de suelo de protección y que por tanto tienen restringida la posibilidad de urbanizarse, por lo que se deben demoler las estructuras existentes. Las personas y/o estructuras que se encuentren en zonas de riesgo alto no mitigable se deben reubicar.

##### **No Estructurales**

- Teniendo en cuenta los resultados de amenaza por avenidas torrenciales, se sugiere desarrollar un sistema de registro completo de los eventos amenazantes por inundaciones y avenidas torrenciales que pueda dar información técnica del lugar y la causa de los eventos. Este sistema debe incluir información como: localización, origen del evento, procesos desencadenantes, zonas afectadas, duración del evento, etc. Este tipo de trabajo debe ser desarrollado por las autoridades municipales y departamentales encargadas de atender estos tipos de eventos.
- Se realizarán estudios detallados en las zonas en condición de riesgo con el fin de establecer las zonas de riesgo alto mitigable y no mitigable.
- Se generará un proyecto de reforestación en la ronda hídrica de los cauces, con el fin de generar una barrera de contención natural frente a la posible ocurrencia de un fenómeno de avenida.
- Se establecerá una franja de protección de 30 metros a la corona general de los cauces principales y 15 metros a drenajes secundarios, en la cual se deberán reubicar las estructuras existentes torrencial de forma provisional a un establecimiento de ronda hídrica por la entidad ambiental, pues se le recomienda al municipio realizar los trámites de solicitud de establecimiento de ronda hídrica ante la Corporación del Meta debido a que son ellas, quién por resolución 0957 de 2018, está encargada de tal actividad. Es necesario que el municipio, ante la eventual actualización/generación de ronda hídrica, en el componente de delimitación de cauce permanente se haga un énfasis muy importante en procesos morfodinámicos generadores de avenidas torrenciales y en geomorfologías fluviotorrenciales.
- Empezar medidas de judicialización para evitar asentamientos sin licenciamiento junto a las áreas en condición de amenaza.

#### **6.7.1.3.2 Medidas de Intervención Prospectivas**

Medidas y acciones de intervención restrictiva o prospectiva dispuestas con anticipación con el fin de evitar que se genere riesgo. Puede enfocarse a evitar o neutralizar la amenaza o la exposición y la



vulnerabilidad ante la misma en forma definitiva para impedir que se genere nuevo riesgo. Los instrumentos esenciales de la prevención son aquellos previstos en la planificación, la inversión pública y el ordenamiento ambiental territorial, que tienen como objetivo reglamentar el uso y la ocupación del suelo de forma segura y sostenible.

#### Estructurales

- Implementar dragados de material de arrastre, ya sea de uso privado o municipal en sitios estratégicos aguas arriba de los cauces principales y de las quebradas tributarias con el fin de retirar material torrencial en los cauces y minimizar los daños en caso de presentarse una avenida torrencial cerca a los sectores urbanos.
- Implementar zonas de aislamiento junto a las áreas de amenaza mediante la construcción de parques lineales, esto con el fin de evitar las construcciones de estructuras de vivienda y/o comercio.
- Las zonas de aislamiento se destinarán exclusivamente como áreas para la protección contra erosión, deslizamiento u otras amenazas. solamente podrán destinarse a bosques, adecuaciones ambientales para protección urbana, así como la ejecución de eventuales obras de servicio público como pueden ser los sistemas interceptores de alcantarillado, las obras de control de erosión y mantenimiento de cada una de las estructuras, estabilización de taludes, parques lineales y otras obras de uso público.
- Construcción de un sistema de alerta temprana. Este debe, naturalmente, presentar cubrimiento de las cuencas aferentes a los drenajes que escurren por las zonas urbanas y centros poblados. Podrá, según el diseño de la red de alerta temprana, incorporarse a la comunidad en la misma, a manera de ejemplo, si se tiene una red de alerta basada únicamente en medición pluvial y/o hidrológica, la comunidad podrá ayudar generando alertas si visualiza movimientos de masa activos en el momento que generen, como consecuencia, una alta posibilidad de una avenida torrencial.

#### No Estructurales

- Se restringe el uso del suelo en las áreas en condición de amenaza, esto con el fin de que se generen nuevos escenarios de riesgo. El desarrollo de estas áreas se condiciona a la elaboración de los estudios detallados. Los estudios podrán estar a cargo del gestor y/o promotor y/o urbanizador dentro del trámite de los instrumentos de planeamiento intermedio y de licenciamiento urbanístico.
- Se implementarán espacios de capacitación a la comunidad por parte de los funcionarios de Gestión del Riesgo de Desastres, en escuelas, colegios y en las juntas de acción comunal con el fin de concientizar a la población de la importancia que tiene la protección de la ronda hídrica y el bosque ripario y de galería, como barrera protectora frente a los fenómenos naturales, y que puedan conocer a que amenazas se encuentran expuestos y como poder responder frente a un desastre.
- Se instalarán señalizaciones, en las zonificaciones acá presentadas, de advertencia/peligro de los fenómenos posterior a estudios de detalle. Lo anterior, con la finalidad de mantener la alerta en la comunidad y generar sentido de prevención en la misma.

## 7. AMENAZAS TECNOLÓGICAS O DE ORIGEN ANTRÓPICO

Todas las actividades humanas sin excepción tienen condiciones de amenaza, es decir son detonantes de otros eventos o causa y efecto de otros. En este contexto la contaminación es un efecto de actividades humanas que repercuten la dinámica ambiental, definiendo al contaminante como una

sustancia, actividad o individuo que aparecer en el ambiente y su complejidad, como resultado de las actividades humanas y que tiene un efecto negativo o nocivo sobre los ciclos naturales. Los contaminantes se pueden clasificar de muchas formas, más el objeto de este diagnóstico opta por la diferenciación en los efectos nocivos que tiene y sobre quienes o quien recae; siendo así que por una parte se encuentran los que afectan al medio físico (contaminante indirecto) y por otra parte se encuentran aquellos que afectan directamente la vida de los individuos (Contaminante directo).

Los últimos se caracterizan por su grado de agresividad y peligrosidad, dichos contaminantes tóxicos también en algunos casos trascienden en la barrera del tiempo y sus efectos pueden llegar a ser eternos. Partamos del riesgo como fundamento de la amenaza, en donde el riesgo Tecnológico, es la probabilidad de que un objeto, material o proceso peligroso, una sustancia tóxica o peligrosa o bien un fenómeno debido a la interacción de estos, ocasione un número determinado de consecuencias a la salud, la economía, el medio ambiente y el desarrollo integral de un sistema.

Los riesgos tecnológicos pueden presentarse en una amplia gama de variedades, debe tenerse presente que no hay dos accidentes idénticos. Por ello los riesgos se clasifican según la variedad de la amenaza:

- Riesgo por Incendio o explosión. Presente sobre todo en plantas industriales y áreas de almacenamiento.
- Riesgo por escapes o derrames. Más común en plantas industriales y transporte de materiales peligrosos (sea por medio de tubería o por medio de vehículos automotores).
- Riesgo de intoxicación y exposición a radiaciones ionizantes. En procesos industriales y manejo inadecuado de desechos.

Las amenazas se identifican por la presencia de un agente que pone en peligro a las comunidades, sus obras y su ambiente, dada la posibilidad que se generen accidentes tecnológicos. Partiendo de esta definición queda claro que la evaluación de la amenaza tecnológica no depende solamente de la presencia de un agente determinado, si no que contempla otras variables como: Historial de eventos en la zona o en la fuente de riesgo, condiciones de seguridad en que funciona el sistema que posee la amenaza, grado de interacción de la amenaza con los sistemas amenazados.

La amenaza en sí no está determinada por el desarrollo tecnológico o el uso de sustancias químicas, sino más bien por la forma en que el hombre interactúa con los diferentes agentes de amenaza.

La problemática tiene su origen en dos contextos diferentes, el primero de ellos corresponde al escenario industrial donde se vierten una cantidad de materiales de desecho y subproductos de procesos industriales complejos. El segundo plano corresponde a la actividad contaminante a nivel de núcleos poblacionales producto de la carencia de adecuados sistemas de saneamiento básico y otro tipo de infraestructura sanitaria.

Dentro de la caracterización se tienen en cuenta los agentes como categoría de clasificación, dada esta condición se identifican como tipos de amenaza:

**Químicos:** Por la presencia de materiales y productos tóxicos o peligrosos, o bien equipos peligrosos cuyo principio de funcionamiento esté basado en el uso de sustancias tóxicas o peligrosas.

Comúnmente estas condiciones de amenaza se localizan en:

- Bodegas y planteles de almacenamiento. o Procesos industriales complejos. o Centros hospitalarios o Gasolineras.
- Transporte de materiales peligrosos en vehículos.
- Tuberías para trasiego de productos tóxicos o peligrosos.
- Manipulación de gases comprimidos. (Oxígeno, acetileno, hidrógeno)
- Manipulación de gases licuados. (Gas de cocina) o Laboratorios de análisis químico. o Fumigación en áreas agrícolas. o Sistemas de refrigeración.
- Otras fuentes específicas.

**Biológicos:** La presencia de microorganismos patógenos como: virus, bacterias o sustancias lesivas en las categorías de sustancias infecciosas según el reglamento de manejo de sustancias del Instituto nacional de Salud – INS que se localicen o dispongan provenientes de:

- o Laboratorios o Hospitales
- o Establecimientos de manejo de fluidos corporales
- o Industrias de la carne o Industrias del Cuero
- o Bodegaje y almacenamiento de sustancias industriales o Industria alimentaria
- o Áreas de manipulación de alimentos

Como parte de la caracterización de las amenazas se determinaron los puntos de partida del diagnóstico desde los vertimientos o contaminantes mediante aporte tanto líquido como sólido y gaseoso a la complejidad. Esto permite en el proceso de ordenamiento territorial, la introducción de factores espaciales de ubicación y potencial contaminante y con ello determinar medidas y restricciones al uso del suelo, así como implementar un debate del modelo a continuar en la formulación.

Las situaciones potenciales de amenaza dentro de una actividad, labor o uso dadas por las dinámicas sociales y asociadas al manejo de materiales o procesos que pueden llegar a ocasionar daños a la infraestructura de la comunidad, al ambiente natural y a los individuos. En el caso particular de Acacias, las actividades económicas significativas están asociadas a tres tipos de uso del suelo:

**Actividad del petróleo y gas, actividad de agroindustrias y actividades urbanas peligrosas.**

Por definición se configura el riesgo en cuanto corresponden daños o pérdidas potenciales a las estructuras sociales humanas y se cataloga como tecnológico al estar condicionado o detonante desde una actividad propia humana. La infraestructura tanto causante como afectada, posee normativamente desde el campo de la seguridad industrial afectaciones y restricciones para la ubicación, manejo y respuesta a eventos resultantes de la actividad; al ser un campo extenso dadas la

multiplicidad de actividades y servicios dentro de este campo, se opta por el trabajo específico de la industria de hidrocarburos como actividad principal industrial y de condicionamiento hacia el riesgo tecnológico para el municipio de Acacias.

### **7.1. Actividad de Extracción de hidrocarburos**

La introducción y participación en las actividades territoriales por parte de la economía petrolera, transformo no solo la disposición territorial sino la configuración de amenazas a las cuales las comunidades están sometidas. Dichas actividades del proceso petrolero conllevan elementos contundentes en donde las afectaciones directas a los componentes territoriales pueden generar fuertes impactos negativos en el medio ambiente ya que intervienen directamente sobre él.

**Componente Suelo:** Efectos como compactación, erosión por las actividades de construcción de vías, usos de materiales y la operación de maquinaria pesada. Debido a la contaminación por el vertido de crudo o de los lodos se puede generar la pérdida de microfauna, cambio en el uso del suelo, pérdida de fertilidad, entre otros. Éste es uno de los componentes que más se ve afectado debido a que es donde se hace una intervención directa en la que por lo general los daños son irreversibles debido a que los procesos de formación y evolución del suelo son tan lentos.

**Componente agua:** la generación de desechos tóxicos tanto en los sitios de los pozos como en las estaciones de separación. El principal efecto ambiental es la contaminación del curso y cuerpos de agua, tanto superficial como subterránea, al mezclarse con residuos de crudo y lodos de perforación, y en general todos los desechos producidos en esta fase. Además, la operación de maquinaria defectuosa o con problemas de mantenimiento aumenta la posibilidad de derrames de aceites, la falla de los sistemas hidráulicos o pérdidas de combustibles, de igual forma el proceso periódico de abastecimiento de combustible en campo puede repercutir en el aumento de los niveles de grasas y aceites de las aguas superficiales y de escorrentía, afectando cuerpos de agua y ecosistemas acuáticos de la zona.

**Componente aire:** Se produce la contaminación del aire por la quema del gas, liberando gases contaminantes como: óxidos de azufre, óxidos nitrógeno, dióxido y monóxido de carbono, hidrocarburos gaseosos como metano, etano, propano, butano y generación de lluvias ácidas.

**Componente flora y fauna:** Deforestación por la apertura de la trocha y la construcción de helipuertos y de campamentos provisionales. Este impacto varía en función de la cobertura vegetal presente a lo largo de la trocha y del número de helipuertos construidos, también depende de la longitud de las vías de acceso necesarias y las áreas de afectación directa para la instalación de las plataformas, maquinaria, equipos, instalaciones de oficinas y campamentos. En esta fase se registran también impactos indirectos pues la apertura de trochas crea nuevas vías de acceso para la colonización. Implica además la afectación a especies vegetales y animales, principalmente acuáticas a través del ingreso de los contaminantes a las diferentes cadenas alimenticias, lo que puede generar bioacumulación de elementos tóxicos afectando a otras especies y al ser humano. Adicionalmente se puede generar presión debido a la caza de animales silvestres por parte de los trabajadores.

Estos impactos se constituyen en la actividad in-situ; más la capacidad amenazante trasciende al tenerse en cuenta el transporte, el almacenaje y el tratamiento.

**Transporte:** En el proceso de extracción e introducción del petróleo al mercado, el transporte es vital para generar la dinámica de compra. En el caso de Acacias el transporte se da en tres etapas o posibilidades; la primera vía tracto camión con destino Villavicencio o Bogotá, la segunda vía oleoducto hacia las centrales de acopio como Chichimene y Acacías y por último oleoducto en construcción con destino exportación directa. Durante estos trayectos los camiones han de estar cargados de un elemento inflamable y en condiciones de explosión. Por otro lado, los sistemas de tuberías para transporte exigen un aislamiento de 30 metros y 50 de amortización, más su rango por ruptura o explosión no ha sido calculado a profundidad.

**Almacenaje:** Los líquidos y crudos producto de la industria petrolera, se han de almacenar para su procesamiento y transporte. Estos contenedores se configuran como un elemento de amenaza en dos casos: Explosión y derrame.

**Tratamiento:** La industria del petróleo, no solo extraer crudo, sino que lo refina, procesa y acondiciona según el requerimiento del mercado y la destinación al mismo. Las plantas de tratamiento se configuran en tres tipos de amenaza: Explosión producto de negligencia o fallas en la tecnología, vertimiento en cuanto a los desechos, lagunas acidas, aguas hervidas del proceso tanto de extracción como de tratamiento y filtración en cuanto a los gases y líquidos que se cuelan en los sistemas de seguridad y almacenaje a fuentes de agua y vientos.

#### **7.1.1. Áreas de influencia y responsabilidad – Industrial**

Como parte de la introducción del componente de gestión del riesgo en el ordenamiento territorial, el equipo del PBOT realiza la caracterización de la condición de amenaza derivada de las actividades humanas con relación a la industria de los hidrocarburos y demás servicios derivados.

La industria de los hidrocarburos en el municipio de acacias muestra una amplia participación en la configuración espacial territorial, evidencia de esto se resumen en el capítulo dedicado a dicha actividad y parte del proceso de diagnóstico territorial económico; la actividad no solo compite por la posesión del suelo, sino con el uso de la infraestructura destinada al transporte, la vivienda y bienestar social de la comunidad Acacireña y principalmente en la zona rural, conflicto que puede llegar a consolidarse como un condicionante de riesgo y una afectación ambiental de vulnerabilidad. Es por ello que se dedica este apartado para el diagnóstico y asignación de áreas de responsabilidad e influencia de la actividad como condicionante de amenaza latente.

La amenaza se constituye dada la probabilidad de ocurrencia y las posibles afectaciones a infraestructuras o comunidades, es por ello que las industrias de estas actividades deben acogerse dentro del marco de responsabilidad social empresarial y teniendo en cuenta que con estas acciones se contribuirá a la disminución de emisiones contaminantes y de gases de efecto invernadero (GEI), de acuerdo con lo establecido por la Estrategia Colombiana de Desarrollo bajo en Carbono (ECDBC) y en el nuevo plan Nacional de Desarrollo 2014 — 2018. , la implementación de una franja de seguridad la



cual está basada en el radio de impacto potencial máximo que la norma NTC 5747 establece así: el Radio de Impacto Potencial (RIP): El radio de un círculo dentro del cual una fuga potencial o una rotura de un ducto podría tener impactos significativos por radiación sobre el entorno, las personas o la propiedad.

### **7.1.2. Infraestructura de la industria de hidrocarburos**

La infraestructura destinada al proceso de actividad de hidrocarburos e en el municipio de Acacias se comporta espacialmente concentrada en las veredas Loma de Tigre, Montebello, La Esmeralda, Montelibano, Montelibano bajo, Caño Hondo, San Isidro Chichimene, Santa Rosa, La Primavera, El Triunfo, La Unión, Patio bonito, Quebraditas y La Loma; adicionalmente se suman las veredas el Resguardo, Sardinata, San Nicolás, Centro y ejes de las vías Acacias-Guamal, Centro urbano Chichimene, Acacias-Villavicencio y Cecilita-Chichimene, siendo estas las afectadas por el transporte de los servicios y con participación territorial del 42% de afectación.

Mapa infraestructura petróleo La infraestructura de las actividades consideradas amenazantes o peligrosas, por definición parten del principio de precaución de la Ley 99 de 1993, involucrando en los planes de manejo consignados dentro de las licencias ambientales concedidas por la Agencia Nacional de Licenciamiento Ambiental, las medidas de manejo, adecuación y control de los posibles efectos resultantes de todas las etapas de la actividad, es de carácter imperante el acompañamiento a dichos planes y su seguimiento por parte de las instituciones ambientales de carácter municipal y regional.

Adicionalmente la infraestructura sensible asociada a depósito de sustancias tóxicas, saneamiento ambiental, infraestructura de transporte pesado, áreas de generación, transformación y transporte de energías, sistemas de tratamiento de aguas servidas e instalaciones de seguridad nacional militar, poseen o se condicionan los suelos adyacentes con franjas y zonas de influencia y responsabilidades. Para el caso del municipio de Acacias, la asignación de las áreas corresponde a dos condicionamientos

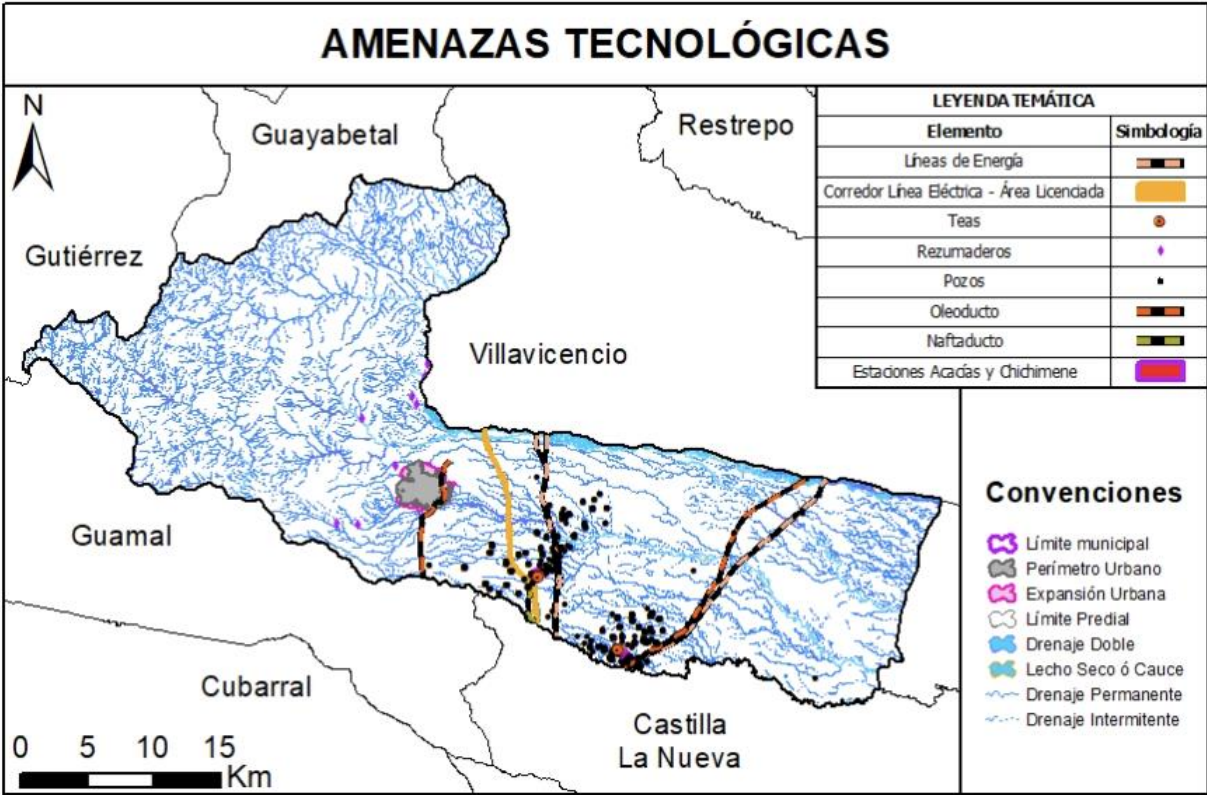
- **Área de influencia directa:** La franja localizada directamente sobre la línea y correspondiente al área de radio de 6 mts directos de la infraestructura indiscriminadamente su tipo. Dicha área corresponde a la condición de responsabilidad y directo manejo por parte del plan de manejo suscitado en cada una de las licencias ambientales, es por ello que esta área es indicativa. La responsabilidad sobre estas áreas corresponde a las medidas por parte de la industria causante de **la afectación así como el manejo de los posibles eventos resultados de su actividad.**

**Área de influencia indirecta:** La franja localizada continua al área de influencia directa y correspondiente al área resultado del radio de 6 mts. Dicha área corresponde a la condición de posibles afectaciones de responsabilidad no contempladas dentro del plan de manejo y que ha de determinar el condicionamiento del suelo para la no ubicación de otro tipo de infraestructura o población que aumente la condición de riesgo. La responsabilidad sobre estas áreas corresponde a las industrias causantes de la afectación, así como a la institucionalidad encargada del control y el régimen del uso del suelo.

### **7.1.3. Franjas de influencia infraestructura de gasoductos e infraestructura de petróleo**

Las normas internacionales que regulan el diseño, construcción y operación de la infraestructura de gasoducto entre las cuales se encuentran ASTM, API, ASME B.31.8, RUT Y DOT. La norma ASME B31.8 emplea clasificaciones puntuales para la gestión integral de gasoductos contenidos en la reglamentación NTC 5747 y NTC 3728; en estas se contempla la franja de 200 mts de distancia entre el eje, como área de influencia, en donde se ha de establecer protocolos de diseño, operación y mantenimiento consiente de la población ubicada en esta zona y la necesidad de generar planes de contigenncia por parte de las empresas propietarias y operadores de la infraestructura.

Figura 120 Amenazas tecnológicas



## 8. ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS REALIZADOS EN EL SUELO URBANO Y DE EXPASIÓN:

### 8.1 Análisis de información preliminar

En el análisis de información existente acerca de fenómenos de inundación dentro del municipio de Acacías, se tuvo en cuenta los instrumentos de Planeación como el Plan Básico de Ordenamiento Territorial y el Plan de Emergencias y Contingencias Centro Zonal Acacias , los cuales tienen información valiosa acerca del municipio y de las amenazas a las que se encuentra expuesto y la estrategia de respuesta a las mismas, sin embargo carecen de datos e información acerca de las inundaciones su ocurrencia, localización, magnitud, y afectados, Por lo que se hace necesario recopilar la mayor cantidad de información relacionada en campo.

### 8.1.1 Visita de campo

La visita de campo se realizó el día 19 y 20 de octubre del año 2019, con acompañamiento del Señor Secretario de Planeación y Vivienda **Diego Javier Fuentes**, la cual tuvo como finalidad la recopilación de información en campo de procesos morfodinámicos asociados a inundación, y el inventario de estructuras hidráulicas. Debido a la necesidad de información documentada de fenómenos amenazantes como lo son las inundaciones dentro del municipio.

Las estaciones buscan recopilar información acerca de los procesos de inundación y socavación lateral de los ríos presentes en el municipio, esta información es de gran valor para evaluar de manera más asertiva la amenaza por fenómenos de inundación y avenidas torrenciales, conociendo el comportamiento dinámico de los ríos. En los recorridos de campo se pudieron reconocer los cauces de los ríos: Acacias, Acaciitas, y caño Colepato entre otros. A continuación, se hace una relación de las estaciones de sus características y su registro fotográfico.

Tabla 38. Estaciones de campo en el Casco Urbano del municipio de Acacías.

ESTACION ACA-GR-01			
LOCALIDAD	SUBCUENCA	PROFESIONAL	FECHA
Casco Urbano	Desconocida	Gerardo Rios	20/10/2019
ESTE	NORTE	AFECTACIÓN	PROCESO
1033242	934241	Viviendas	Predios y vías.
		<b>DESCRIPCIÓN:</b> .Caño con desborde local, afectando predios y vías, y alcantarilla.	
ESTACION ACA-GR-02			
LOCALIDAD	SUBCUENCA	PROFESIONAL	FECHA
Casco Urbano	Desconocida	Gerardo Rios	20/10/2019
ESTE	NORTE	AFECTACIÓN	PROCESO
1033625	934275	Predios	Inundación
		<b>DESCRIPCIÓN:</b> .Caño con desborde local, afectando predios, canalizado al ingresar al casco urbano, boxculvert.	
ESTACION ACA-GR-03			
LOCALIDAD	SUBCUENCA	PROFESIONAL	FECHA

Casco Urbano	Caño Colepato	Gerardo Rios	20/10/2019
ESTE	NORTE	AFECTACIÓN	PROCESO
1033860	935032	Viviendas	Inundación
		<b>DESCRIPCIÓN:</b> .Procesos de socavación lateral e inundaciones intermitentes.	
<b>ESTACION ACA-GR-04</b>			
LOCALIDAD	SUBCUENCA	PROFESIONAL	FECHA
Casco Urbano	Desconocida	Gerardo Rios	20/10/2019
ESTE	NORTE	AFECTACIÓN	PROCESO
1033955	934818	Predios y viviendas	Inundación
		<b>DESCRIPCIÓN:</b> .Boxculvert y caño seco que cruza la vía nacional, frente a la UNAD.	
<b>ESTACION ACA-GR-05</b>			
LOCALIDAD	SUBCUENCA	PROFESIONAL	FECHA
Casco Urbano	Caño Colepato	Gerardo Rios	20/10/2019
ESTE	NORTE	AFECTACIÓN	PROCESO
1034147	934813	Viviendas	Inundación
		<b>DESCRIPCIÓN:</b> Puente en buen estado sobre el caño Colepato, presencia de jarillones en tierra de 4 metros de altura para contener la inundación.	
<b>ESTACION ACA-GR-06</b>			
LOCALIDAD	SUBCUENCA	PROFESIONAL	FECHA
Casco Urbano	Caño Colepato	Gerardo Rios	20/10/2019



ESTE	NORTE	AFECTACIÓN	PROCESO
1034288	934708	Predios y viviendas	Inundación
		<b>DESCRIPCIÓN:</b> Puente en buen estado sobre el caño Colepato, presencia de jarillones en tierra de 4 metros de altura para contener la inundación y muro en gaviones revestido en concreto socavado en la base.	
ESTACION ACA-GR-07			
LOCALIDAD	SUBCUENCA	PROFESIONAL	FECHA
Casco Urbano	Río Acacias	Gerardo Rios	20/10/2019
ESTE	NORTE	AFECTACIÓN	PROCESO
1034278	934137	Predios y viviendas	Inundación
		<b>DESCRIPCIÓN:</b> Boxculvert y caño seco que cruza la vía nacional.	
ESTACION ACA-GR-08			
LOCALIDAD	SUBCUENCA	PROFESIONAL	FECHA
Casco Urbano	Río Acacias	Gerardo Rios	20/10/2019
ESTE	NORTE	AFECTACIÓN	PROCESO
1034426	933830	Predios y viviendas	Inundación
		<b>DESCRIPCIÓN:</b> Boxculvert y caño seco que cruza la vía nacional.	
ESTACION ACA-GR-09			
LOCALIDAD	SUBCUENCA	PROFESIONAL	FECHA
Casco Urbano	Río Acacias	Gerardo Rios	20/10/2019
ESTE	NORTE	AFECTACIÓN	PROCESO






1034633	933401	Viviendas	Inundación
		<b>DESCRIPCIÓN:</b> Boxculvert y caño con agua estancada el cual cruza la vía nacional.	
ESTACION ACA-GR-10			
LOCALIDAD	SUBCUENCA	PROFESIONAL	FECHA
Casco Urbano	Río Acaciitas	Gerardo Rios	20/10/2019
ESTE	NORTE	AFECTACIÓN	PROCESO
1034647	933079	Predios y viviendas	Inundación
		<b>DESCRIPCIÓN:</b> Puente en la vía nacional sobre el río Acaciitas, con un caudal aproximado de 20lt/seg.	
ESTACION ACA-GR-11			
LOCALIDAD	SUBCUENCA	PROFESIONAL	FECHA
Casco Urbano	Río Acacias	Gerardo Rios	20/10/2019
ESTE	NORTE	AFECTACIÓN	PROCESO
1034464	931190	Predios y viviendas	Inundación
		<b>DESCRIPCIÓN:</b> Puente en la vía nacional sobre el río Acacias, con un caudal aproximado de 100lt/seg. Presencia de barras de arena y terraza subreciente.	
ESTACION ACA-GR-12			
LOCALIDAD	SUBCUENCA	PROFESIONAL	FECHA
Casco Urbano	Río Acacias	Gerardo Rios	20/10/2019
ESTE	NORTE	AFECTACIÓN	PROCESO




1034362	931111	Predios	Inundación
		<b>DESCRIPCIÓN:</b> Sobre el lecho de río Acacías, clastos de hasta 2 metros de diámetro, subredondeados provenientes de diversas litologías, escarpe de terraza subreciente, con 3 metros arenosos hacia el tope y hacia la base clastosoportado.	
<b>ESTACION ACA-GR-13</b>			
<b>LOCALIDAD</b>	<b>SUBCUENCA</b>	<b>PROFESIONAL</b>	<b>FECHA</b>
Casco Urbano	Río Acacías	Gerardo Rios	20/10/2019
<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>AFECTACIÓN</b>	<b>PROCESO</b>
1034707	931603	No presenta	Geología
		<b>DESCRIPCIÓN:</b> Terraza aluvial subreciente clastosoportada en matriz areno limosa.	
<b>ESTACION ACA-GR-14</b>			
<b>LOCALIDAD</b>	<b>SUBCUENCA</b>	<b>PROFESIONAL</b>	<b>FECHA</b>
Casco Urbano	Río Acacías	Gerardo Rios	20/10/2019
<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>AFECTACIÓN</b>	<b>PROCESO</b>
1034780	931477	Viviendas	Inundación
		<b>DESCRIPCIÓN:</b> Caño invadido por viviendas subnormales, caudal de 2 lt/seg.	
<b>ESTACION ACA-GR-15</b>			
<b>LOCALIDAD</b>	<b>SUBCUENCA</b>	<b>PROFESIONAL</b>	<b>FECHA</b>
Casco Urbano	Río Acacías	Gerardo Rios	20/10/2019
<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>AFECTACIÓN</b>	<b>PROCESO</b>
1035043	931347	Predios y viviendas	Inundación



		<b>DESCRIPCIÓN:</b> Puente sobre el río Acacias, obras de contención hidráulica en buen estado, viviendas cercanas a la llanura de inundación.	
<b>ESTACION ACA-GR-16</b>			
<b>LOCALIDAD</b>	<b>SUBCUENCA</b>	<b>PROFESIONAL</b>	<b>FECHA</b>
Casco Urbano	Río Acacias	Gerardo Rios	20/10/2019
<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>AFECTACIÓN</b>	<b>PROCESO</b>
1035536	931603	Predios	Inundación
		<b>DESCRIPCIÓN:</b> Rellenos y jarillones en tierra que disminuyen el lecho del río Acacias hasta en un 50%, favoreciendo así las inundaciones.	
<b>ESTACION ACA-GR-17</b>			
<b>LOCALIDAD</b>	<b>SUBCUENCA</b>	<b>PROFESIONAL</b>	<b>FECHA</b>
Casco Urbano	Río Acacias	Gerardo Rios	20/10/2019
<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>AFECTACIÓN</b>	<b>PROCESO</b>
1035551	931668	Predios y viviendas	Inundación
		<b>DESCRIPCIÓN:</b> Lago y depósitos lacustres.	
<b>ESTACION ACA-GR-18</b>			
<b>LOCALIDAD</b>	<b>SUBCUENCA</b>	<b>PROFESIONAL</b>	<b>FECHA</b>
Casco Urbano	Río Acacias	Gerardo Rios	20/10/2019
<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>AFECTACIÓN</b>	<b>PROCESO</b>
1035641	931587	Viviendas	Inundación

		<b>DESCRIPCIÓN:</b> Rellenos y jarillones en tierra que disminuyen el lecho del río Acacias hasta en un 50%, favoreciendo así las inundaciones.	
ESTACION ACA-GR-19			
LOCALIDAD	SUBCUENCA	PROFESIONAL	FECHA
Casco Urbano	Río Acacias	Gerardo Rios	20/10/2019
ESTE	NORTE	AFECTACIÓN	PROCESO
1035720	931416	No presenta	-
		<b>DESCRIPCIÓN:</b> .Terraza aluvial de color naranja amarillo moderado, areno limosa con grava.	
ESTACION ACA-GR-20			
LOCALIDAD	SUBCUENCA	PROFESIONAL	FECHA
Casco Urbano	Río Acacias	Gerardo Rios	20/10/2019
ESTE	NORTE	AFECTACIÓN	PROCESO
1035523	932145	Viviendas	Inundación
		<b>DESCRIPCIÓN:</b> Caño invadido por viviendas subnormales sobre la llanura de inundación.	
ESTACION ACA-GR-21			
LOCALIDAD	SUBCUENCA	PROFESIONAL	FECHA
Casco Urbano	Río Acacias	Gerardo Rios	20/10/2019
ESTE	NORTE	AFECTACIÓN	PROCESO
1035497	932261	Predios y viviendas	Inundación



		<b>DESCRIPCIÓN:</b> Caño flujo de agua constante de hasta 4 lt/seg, atraviesa parte del casco urbano.	
<b>ESTACION ACA-GR-22</b>			
<b>LOCALIDAD</b>	<b>SUBCUENCA</b>	<b>PROFESIONAL</b>	<b>FECHA</b>
Casco Urbano	Río Acacias	Gerardo Rios	20/10/2019
<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>AFECTACIÓN</b>	<b>PROCESO</b>
1035288	932299	Viviendas	Inundación
		<b>DESCRIPCIÓN:</b> Caño canalizado el cual pasa por parte del casco urbano del municipio, con un caudal aproximado de 4 lt/seg.	
<b>ESTACION ACA-GR-23</b>			
<b>LOCALIDAD</b>	<b>SUBCUENCA</b>	<b>PROFESIONAL</b>	<b>FECHA</b>
Casco Urbano	Río Acaciitas	Gerardo Rios	20/10/2019
<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>AFECTACIÓN</b>	<b>PROCESO</b>
1035677	932631	Viviendas	Inundación
		<b>DESCRIPCIÓN:</b> Caño canalizado el cual pasa por parte del casco urbano del municipio, con poco flujo de agua, es cercano a río Acaciitas.	
<b>ESTACION ACA-GR-24</b>			
<b>LOCALIDAD</b>	<b>SUBCUENCA</b>	<b>PROFESIONAL</b>	<b>FECHA</b>
Casco Urbano	Río Acaciitas	Gerardo Rios	20/10/2019
<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>AFECTACIÓN</b>	<b>PROCESO</b>
1035800	932689	Viviendas	Inundación



		<b>DESCRIPCIÓN:</b> Vista panorámica del casco urbano del municipio de Acacias, en donde se aprecia una depresión de hasta 10 metros.	
<b>ESTACION ACA-GR-25</b>			
<b>LOCALIDAD</b>	<b>SUBCUENCA</b>	<b>PROFESIONAL</b>	<b>FECHA</b>
Casco Urbano	Río Acaciitas	Gerardo Rios	20/10/2019
<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>AFECTACIÓN</b>	<b>PROCESO</b>
1035924	932747	Viviendas	Inundación
		<b>DESCRIPCIÓN:</b> Cauce aluvial del río Acaciitas, con un caudal aproximado de 20 lts/seg.	
<b>ESTACION ACA-GR-26</b>			
<b>LOCALIDAD</b>	<b>SUBCUENCA</b>	<b>PROFESIONAL</b>	<b>FECHA</b>
Casco Urbano	Río Acaciitas	Gerardo Rios	20/10/2019
<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>AFECTACIÓN</b>	<b>PROCESO</b>
1035818	932767	Viviendas	Inundación
		<b>DESCRIPCIÓN:</b> Cauce aluvial del río Acaciitas canalizado, con un caudal aproximado de 20 lts/seg.	
<b>ESTACION ACA-GR-27</b>			
<b>LOCALIDAD</b>	<b>SUBCUENCA</b>	<b>PROFESIONAL</b>	<b>FECHA</b>
Casco Urbano	Río Acaciitas	Gerardo Rios	20/10/2019
<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>AFECTACIÓN</b>	<b>PROCESO</b>
1036403	933078	Viviendas	Inundación

		<b>DESCRIPCIÓN:</b> Caño cercano a predios de expansión urbana, el cual presenta poco caudal y agua estancada.	
<b>ESTACION ACA-GR-28</b>			
<b>LOCALIDAD</b>	<b>SUBCUENCA</b>	<b>PROFESIONAL</b>	<b>FECHA</b>
Casco Urbano	Río Acaciitas	Gerardo Rios	20/10/2019
<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>AFECTACIÓN</b>	<b>PROCESO</b>
1036866	933470	Predios y viviendas	Inundación
		<b>DESCRIPCIÓN:</b> Caño con obstrucción que puede llegar a generar una inundación.	
<b>ESTACION ACA-GR-29</b>			
<b>LOCALIDAD</b>	<b>SUBCUENCA</b>	<b>PROFESIONAL</b>	<b>FECHA</b>
Casco Urbano	Río Acaciitas	Gerardo Rios	20/10/2019
<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>AFECTACIÓN</b>	<b>PROCESO</b>
1035772	933204	No presenta	-
		<b>DESCRIPCIÓN:</b> Vista panorámica del casco urbano del municipio de Acacias, en donde se aprecia la terraza aluvial antigua.	
<b>ESTACION ACA-GR-30</b>			
<b>LOCALIDAD</b>	<b>SUBCUENCA</b>	<b>PROFESIONAL</b>	<b>FECHA</b>
Casco Urbano	Río Acaciitas	Gerardo Rios	20/10/2019
<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>AFECTACIÓN</b>	<b>PROCESO</b>
1035796	933264	Predios y viviendas	Inundación

		<b>DESCRIPCIÓN:</b> Caño canalizado que atraviesa parte del casco urbano, de poco caudal, aproximadamente 1ltr/seg.	
<b>ESTACION ACA-GR-31</b>			
<b>LOCALIDAD</b>	<b>SUBCUENCA</b>	<b>PROFESIONAL</b>	<b>FECHA</b>
Casco Urbano	Río Acaciitas	Gerardo Rios	20/10/2019
<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>AFECTACIÓN</b>	<b>PROCESO</b>
1035899	933321	No presenta	-
		<b>DESCRIPCIÓN:</b> Vista de zona de expansión urbana, sin afectación por inundaciones, terraza aluvial antigua.	
<b>ESTACION ACA-GR-32</b>			
<b>LOCALIDAD</b>	<b>SUBCUENCA</b>	<b>PROFESIONAL</b>	<b>FECHA</b>
Casco Urbano	Caño Colepato	Gerardo Rios	20/10/2019
<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>AFECTACIÓN</b>	<b>PROCESO</b>
1035707	933933	Predios y viviendas	Inundación
		<b>DESCRIPCIÓN:</b> Vista de plano de inundación generado por un caño con poco caudal el cual pasa cercano a las áreas de expansión urbana.	
<b>ESTACION ACA-GR-33</b>			
<b>LOCALIDAD</b>	<b>SUBCUENCA</b>	<b>PROFESIONAL</b>	<b>FECHA</b>
Casco Urbano	Caño Colepato	Gerardo Rios	20/10/2019
<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>AFECTACIÓN</b>	<b>PROCESO</b>
1035710	934284	Viviendas	Inundación



		<b>DESCRIPCIÓN:</b> Boxculvert por el cual pasa el caño Colepato que según habitantes del sector en temporada de lluvias sobrepasa el boxculvert e inunda los predios alrededor.	
<b>ESTACION ACA-GR-34</b>			
<b>LOCALIDAD</b>	<b>SUBCUENCA</b>	<b>PROFESIONAL</b>	<b>FECHA</b>
Casco Urbano	Caño Colepato	Gerardo Rios	20/10/2019
<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>AFECTACIÓN</b>	<b>PROCESO</b>
1035282	933985	No presenta	-
		<b>DESCRIPCIÓN:</b> Vista de zona de expansión urbana, sin afectación por inundaciones, terraza aluvial antigua.	
<b>ESTACION ACA-GR-35</b>			
<b>LOCALIDAD</b>	<b>SUBCUENCA</b>	<b>PROFESIONAL</b>	<b>FECHA</b>
Casco Urbano	Caño Colepato	Gerardo Rios	20/10/2019
<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>AFECTACIÓN</b>	<b>PROCESO</b>
1034931	933908	No presenta	-
		<b>DESCRIPCIÓN:</b> Vista de zona de expansión urbana, sin afectación por inundaciones, terraza aluvial antigua.	
<b>ESTACION ACA-GR-36</b>			
<b>LOCALIDAD</b>	<b>SUBCUENCA</b>	<b>PROFESIONAL</b>	<b>FECHA</b>
Casco Urbano	Río Acacias	Gerardo Rios	20/10/2019
<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>AFECTACIÓN</b>	<b>PROCESO</b>
1034191	931210	Viviendas	Inundación

		<b>DESCRIPCIÓN:</b> Puente sobre el río Acacías, obras de contención hidráulica en buen estado, viviendas cercanas a la llanura de inundación.	
ESTACION ACA-GR-37			
LOCALIDAD	SUBCUENCA	PROFESIONAL	FECHA
Casco Urbano	Río Acacías	Gerardo Rios	20/10/2019
ESTE	NORTE	AFECTACIÓN	PROCESO
1034290	931376	No presenta	-
		<b>DESCRIPCIÓN:</b> Vista de zona de expansión urbana, sin afectación por inundaciones, terraza aluvial subreciente.	
ESTACION ACA-GR-38			
LOCALIDAD	SUBCUENCA	PROFESIONAL	FECHA
Casco Urbano	Río Acacías	Gerardo Rios	20/10/2019
ESTE	NORTE	AFECTACIÓN	PROCESO
1033305	931709	Viviendas	Inundación
		<b>DESCRIPCIÓN:</b> Vista de cauce aluvial de un tributario del río Acacías, plano de inundación y de terraza aluvial subreciente clastosoportada.	

Fuente: Elaboración propia.

## 8.2 GEOLOGÍA URBANA

En el municipio de Acacías según la Plancha Geológica 266 – Villavicencio, encuentra localizado sobre el piedemonte llanero en donde predominan los depósitos cuaternarios de terraza (Qt) y los depósitos



cuaternarios aluviales recientes (Qal). A continuación, se hace una descripción detallada de las unidades aflorantes en el municipio, su disposición y rasgos estructurales.

### 8.2.1 Estratigrafía

La secuencia estratigráfica obedece a una secuencia cuaternaria, en algunos sectores conocida como depósitos de terraza (Qt), con niveles areno limosos y otros gravosos, y depósitos cuaternarios recientes asociados a la dinámica de los ríos Acacias, Acaciitas, el caño Colepato y demás tributarios.

#### 8.2.1.1 Depósitos Aluviales Recientes (Q)

Los depósitos aluviales son producto de agentes hidrogravitacionales, los cuales generan depósitos cuaternarios sobre las llanuras de inundación de los ríos, pueden alcanzar más de 15 metros de espesor, heterométricos y compuestos por restos líticos embebidos en matriz arenosa generalmente. El municipio de Acacias se encuentra asentado en su totalidad sobre depósitos de terraza (Qt), y bordeado por depósitos cuaternarios más recientes asociados a la dinámica de los ríos como lo son los depósitos de cauce aluvial (Qca) y depósitos recientes (Qal) adyacentes a los cauces.

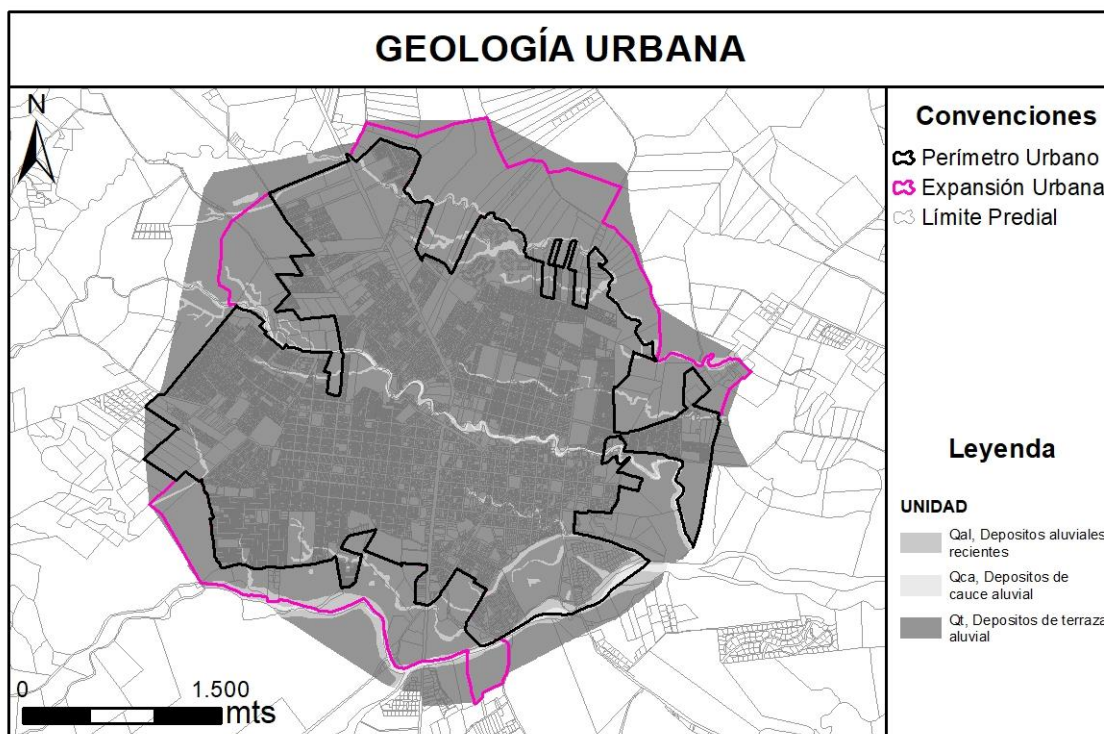
*Figura 121. AZIMUT 340°. DEPÓSITOS ALUVIALES RECIENTES (Qt, QAL, QCA), RÍO ACACÍAS. ESTACIÓN ACA-GR-12. MUNICIPIO ACACÍAS. E: 1034362 M, N: 931111 M.*



*Fuente: Elaboración propia.*

A continuación, se presenta la zonificación de las unidades geológicas a escala urbana 1:2.000 para el casco urbano del municipio de Acacias. Con el fin de dar sustento a la zonificación de las unidades que se reconocieron en campo, según lo estipulado por el Servicio Geológico Colombiano (SGC), entidad encargada de la administración y avance en el conocimiento geológico del país.

Figura 122. Mapa de Unidades Geológicas del municipio de Acacías.



Fuente: Elaboración propia.

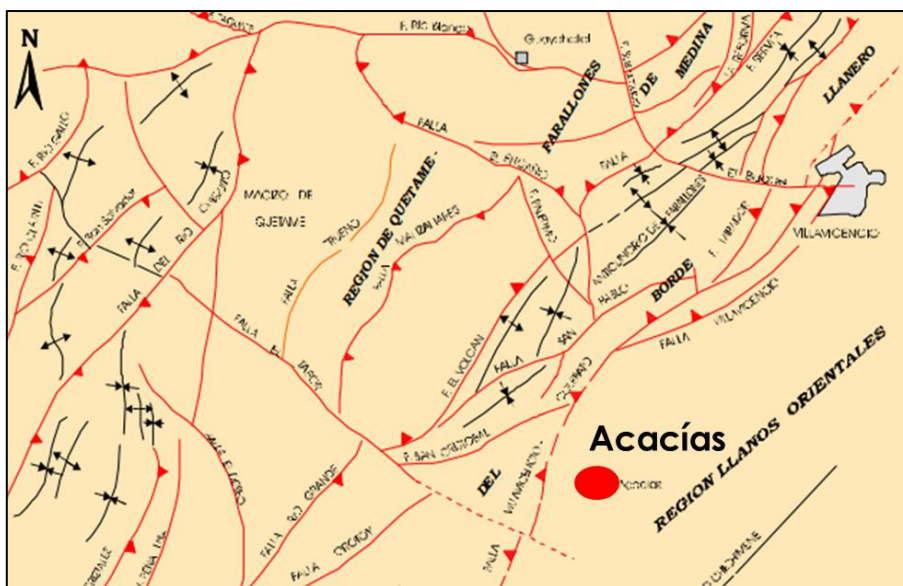
### 8.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

El estilo tectónico dominante a lo largo de todo el municipio tiene como dirección principal N40°E, tanto para fallas como contactos y lineamiento. Algunas estructuras menores en cantidad, pero de igual importancia se desarrollan en sentido NW. El casco urbano de Acacías se encuentra sobre la Región de Llanos Orientales dividida por fallas de la Región del Borde Llenero en donde predomina el sistema de fallas Villavicencio - Colepato

#### 8.3.1 Sistema de Falla Villavicencio - Colepato

Sistema de dirección noreste-suroeste, de cabalgamiento, ángulo bajo y longitud mayor a los 40 Km. La Falla Colepato se evidencia al sur de Villavicencio. La Falla de Villavicencio en el sector de Acacías está totalmente cubierta por sedimentos cuaternarios y se reconoce por interpretación de imágenes satelitales e imágenes de radar.

Figura 123. Mapa de Geología Estructural del municipio de Acacías.



*Fuente: Elaboración propia.*

## 8.4 GEOMORFOLOGIA

El propósito de la cartografía geomorfológica es proporcionar información concisa y sistemática sobre las formas del terreno; su origen, los procesos naturales que han ocurrido y los fenómenos naturales activos. En ese sentido los mapas geomorfológicos deben ser herramientas útiles, que permitan evaluar el comportamiento de los terrenos, inventariar los procesos morfodinámicos y sus aplicaciones en la evaluación de amenazas naturales, considerar el desarrollo de obras de infraestructura, y establecer zonificaciones geomecánicas, entre otras. La ciencia geomorfológica involucra y relaciona al paisaje con los procesos que le dieron origen y sus condiciones ambientales. Por lo tanto, para lograr una descripción y caracterización adecuada es necesario representarla y transmitirla en forma gráfica o de mapas.

El presente documento define las características geomorfológicas del municipio de Acacias, con el fin de contribuir al análisis de los fenómenos de inundación y la zonificación de la amenaza.

El levantamiento geomorfológico estuvo dirigido a caracterizar las geoformas, afectadas por los procesos morfodinámicos y agentes tanto endógenos como exógenos, que a su vez han modelado los diferentes paisajes geomorfológicos. Para su caracterización se consideró la metodología desarrollada por el Servicio Geológico Colombiano la cual va encaminada a la evaluación de las amenazas naturales (SGC-metodología Carvajal-2011).

En el municipio de Acacías se han diferenciado unidades de ambiente fluvial, según Carvajal 2011. Las unidades enmarcadas en cada uno de los ambientes se caracterizaron por morfografía, morfometría, morfodinámica, morfocronología, entre otras propiedades.

### 8.4.1 Metodología

En el estudio de las formas del terreno, es indispensable la utilización de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), las imágenes satelitales, y el Modelo Digital del Terreno (MDT) elaborados, con el que se calculan otros factores como lo son las pendientes del terreno, el modelo de sombras, entre otros; con el fin de determinar por medio de interpretación, los tipos de materiales involucrados, los

procesos morfodinámicos, y las formas predominantes del terreno, para su reconocimiento posterior en campo. Para su caracterización se consideró la metodología (SGC-metodología Carvajal-2011) la cual va encaminada a la evaluación de las amenazas naturales.

A continuación, se enlistan algunos de los insumos utilizados para la caracterización geomorfológica del municipio de Acacías.

#### **8.4.1.1 Software Utilizado**

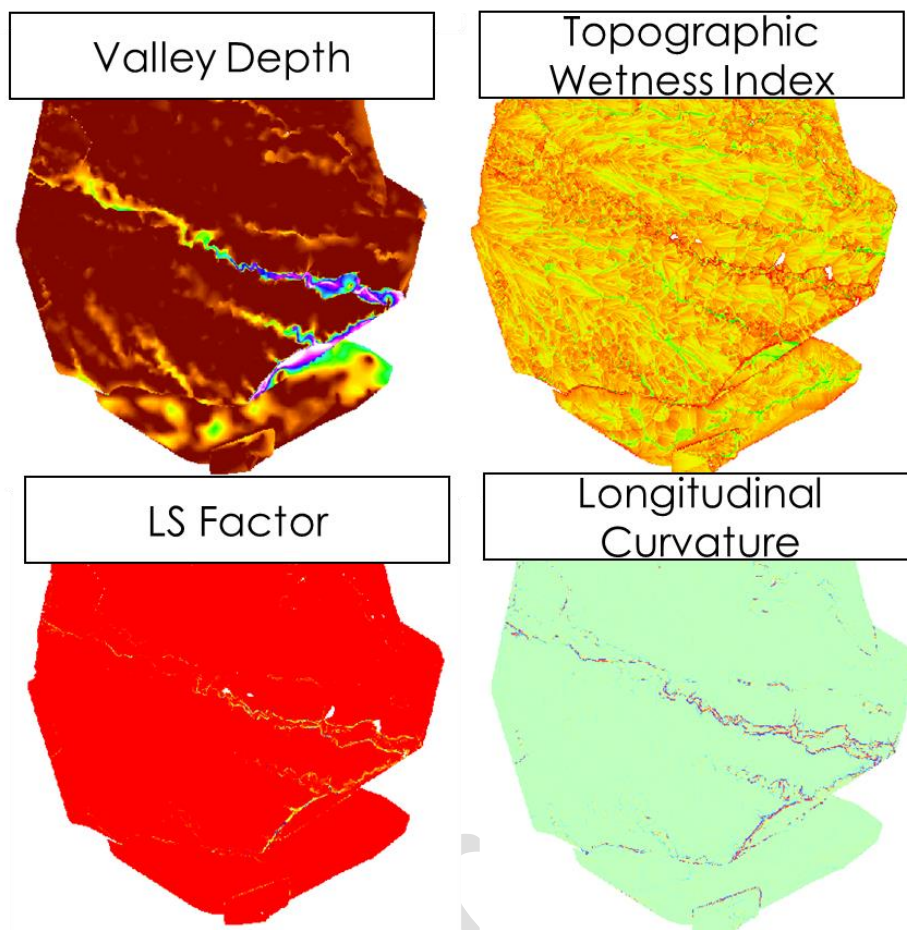
- ✚ ArcMap 10.4.1.
- ✚ ArcCatalog 10.4.1.
- ✚ ArcToolbox 10.4.1.
- ✚ SAGA GIS 5.0.0.

#### **8.4.2 Herramientas Utilizadas**

- ✚ Plancha Geológica 226 – Villavicencio (1:100.000): (SGC).
- ✚ Plancha Geomorfológica 226 – Villavicencio (1:100.000): (SGC).
- ✚ Imágenes Satelitales: Wolrd Imagery, Bing Maps, y Google Maps.
- ✚ Modelo Digital de Elevación (DEM).
- ✚ Modelos SAGA: Slope, Flow Directions, Watershed Basins, Hillshade, Aspect, Cross Sectional Curvature, Convergence Index, Closed Depressions, Flow Acumulation, Wetness Index, LS Factor, Valley Depth, and Relative Slope Position.

*Figura 119. Modelos morfológicos y morfométricos con software SAGA GIS 5.0.0.*





*Fuente: Elaboración propia.*

#### **8.4.3 Geomorfología Municipio de Acacias (SGC)**

El municipio de Acacias se encuentra ubicado morfológicamente en la geomorfoestructura correspondiente a Planicies Intracráticas. Superficialmente se encuentran grandes depósitos de vertiente provenientes de los Andes y suelos de origen aluvial.

Las Planicies Intracráticas están compuestas a su vez por las provincias geomorfológicas de Peneplanicies de la Orinoquía (Carvajal, 2002-2002a, y Mendivelso 2009). En la siguiente figura se muestra el esquema de jerarquización geomorfológica propuesto para el estudio dentro del municipio de Acacias.



Figura 124 Esquema de Jerarquización geomorfológica.



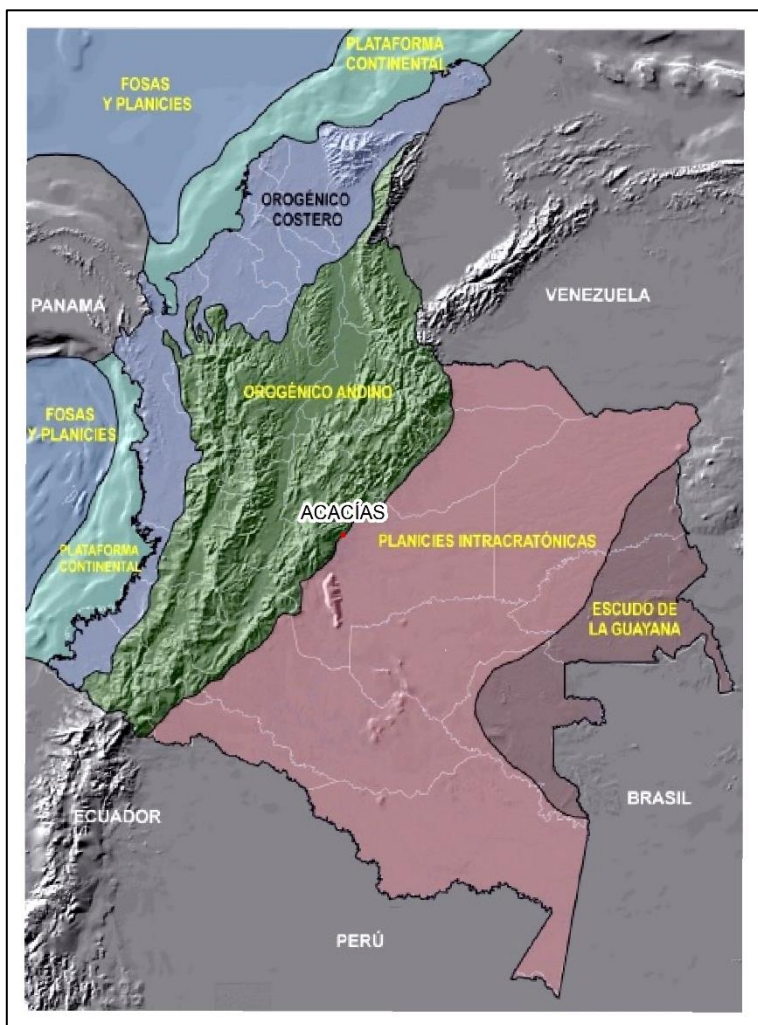
Fuente: Tomado y Modificado de Velásquez (1999), Carvajal (2002-2008).

#### 8.4.3.1 Geomorfoestructura

La geomorfoestructura se refiere a grandes áreas geográficas o amplios espacios continentales o intracontinentales caracterizados y definidos por estructuras geológicas y topográficas regionales que han tenido deformación o basculamiento y posiblemente metamorfismo o intrusión ígnea. Se consideran como geomorfoestructura: Los escudos, los bloques de origen continental (Plateaus Orogénicos o Epirogénicos), grandes cuencas de sedimentación, cuencas intracratónicas y rift valleys, plataformas y cinturones orogénicos. Corresponde según Velásquez (1999) a escalas de trabajo menores de 1: 2.500.000.

El municipio de Acacías se encuentra ubicado morfológicamente en la geomorfoestructura correspondiente a Planicies Intracratónicas, descritas por Mendivelso (2009).

Figura 125. Localización del municipio de Acacías en el mapa Geomorfoestructural de Colombia.

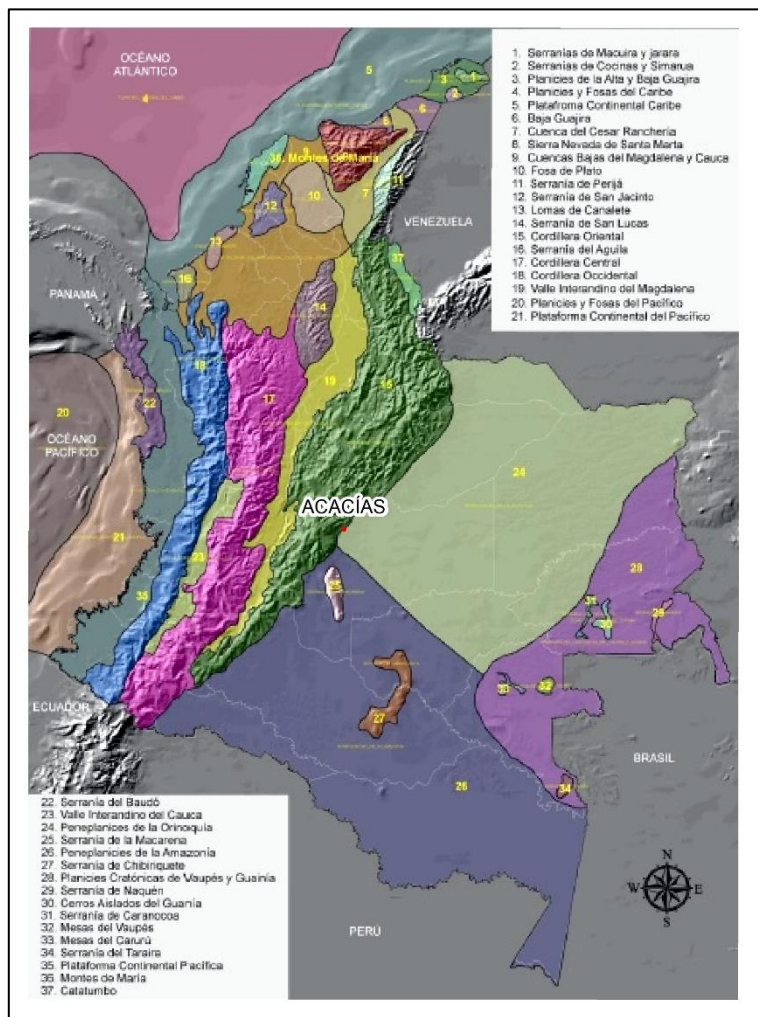


Fuente: Tomado y Modificado de Mendivelso (2009).

#### 8.4.3.2 Provincia Geomorfológica

Corresponde a un conjunto de regiones con geoformas parecidas y definidas por un macro relieve y una génesis geológica similar. Localmente se relacionan con las regiones naturales y con los terrenos geológicos de Colombia los cuales están delimitados por el trazo de mega fracturas y suturas definidas o inferidas (Ingeominas 1999, Velásquez 1999, Irving 1971, Etayo y otros 1986, Villota 1997). El área de estudio se encuentra localizado en la provincia geomorfológica de Peneplanicies de la Orinoquía. El nombre propuesto para la provincia geomorfológica es compuesto y consiste de un término morfológico de macro relieve, combinado con un nombre geográfico definido por el nombre del terreno geológico o región natural respectiva Mendivelso (2008-2009).

Figura 126. Localización del municipio de Acacías en el mapa de Provincias de Colombia.



Fuente: Tomado y Modificado de Mendivelso (2009).

#### 8.4.3.3 Regiones

Las regiones hacen alusión a los ambientes morfogenético que predominan en el territorio. Involucra a las geoformas relacionadas a la génesis de los paisajes, y definidas por un marco de ambiente morfogenético definido y afectados por procesos dinámicos parecidos. Aquí se pueden agrupar áreas equivalentes a vertientes que estén contenidas dentro de una provincia geomorfológica y que representen un ambiente morfogenético particular con condiciones climáticas homogéneas: Eólico, lacustre, fluvial, volcánico, glaciar, denudativo, marino y costero, kárstico, estructural, estructural denudativo y antropogénico.

Tabla 39 Clasificación de ambientes morfogenéticos.

ORIGEN PRINCIPAL	EJEMPLOS DE FORMAS CON UN ORIGEN ESPECÍFICO
<b>FLUVIAL</b> (Erosión Fluvial y Sedimentación)	Geoformas de acumulación y complejas planicies aluviales, transicionales y erosionales.
<b>LACUSTRE</b> (Erosión Lagunar y Sedimentación)	Geoformas producto de niveles de agua alta (Terrazas), fondos de lagos. (Evaporitas/Playa, no Evaporitas).
<b>MARINO</b> (Erosión Marina y Sedimentación)	Geoformas de ambientes de alta energía, (materiales de grano grueso); de ambientes de baja energía (materiales de grano fino); y asociadas a complejos levantamientos.
<b>VOLCÁNICO</b> (Actividad Volcánica)	Geoformas de conos, cráteres, escarpes volcánicos, flujos de lava y labradas en materiales piroclásticos.
<b>DENUDACIONAL</b> (Meteorización, desgaste de masa, Erosión Linear)	Geoformas asociadas a desgaste, efectos litológicos no mayores. Geoformas influenciadas por la litología y erosión fluvial linear asociadas con procesos denudativos específicos (desgaste de masas).
<b>ESTRUCTURAL</b> (Fallamiento)	Geoformas asociadas con las capas de roca estratificadas o estructuralmente controladas, relacionadas con plegamientos, fallamiento y levantamiento.
<b>ESTRUCTURAL-DENUDACIONAL</b>	Asociaciones denudacionales y estructurales.
<b>KÁRSTICO</b> (Solución y Redepositación)	Geoformas positivas (Colinas), negativas (Depresiones), estructurales y otras (Complejos).
<b>EÓLICO</b> (Erosión por el Viento y Sedimentación)	Geoformas de acumulación (Activas/No activas), y de deflación.
<b>GLACIAL</b> (Erosión y Sedimentación)	Geoformas erosionales predominantemente de glaciación continental, glaciación de montañas y de acumulación (predominantemente morrenas, hielo, y lomos).
<b>ANTROPOGÉNICO</b>	Aquellas formas del relieve que son el producto de modificaciones causadas por intervención del hombre.

Fuente: Tomado y modificado SGC, 2015.

El Municipio de Acacías se encuentra influenciado principalmente por ambiente fluvial, el cual es característico del Piedemonte.

#### 8.4.3.4 Unidades y Subunidades Geomorfológicas del municipio de Acacías

En el municipio de Acacías se identificaron unidades y subunidades de ambiente estructural y denudacional, estas unidades se definieron con base en criterios genéticos, morfológico, geométrico, y en función de los procesos geomorfológicos específicos, ya sea de carácter erosivo o de acumulación. Para la delimitación de las geoformas se utilizaron imágenes satelitales, aéreas y el modelo digital del terreno, junto con el reconocimiento de campo, encaminado a justificar y ajustar su delimitación.

*Tabla 40 Unidades geomorfológicas municipio de Acacías (Carvajal 2011).*

PROVINCIA	ORIGEN	SUBUNIDAD	ELEMENTO	SÍMBOLO
Peneplanicies de la Orinoquía	Fluvial	Terraza aluvial	Terraza aluvial antigua	Fta
			Terraza aluvial subreciente	Fts
			Plano de inundación	Fpi
		Cauce aluvial	Cauce aluvial	Fca
			Barra puntual	Fbp
		Cuerpos de agua	Laguna	Fl

*Fuente: Elaboración propia.*

##### 8.4.3.4.1 Elementos de origen fluvial (F)

Las geoformas de origen fluvial son el producto de la intensa erosión y depositación por acción de las corrientes y quebradas dentro del municipio de Acacías, las cuales han erodado y divagado en los depósitos cuaternarios.

###### 8.4.3.4.1.1 Terraza aluvial antigua (Fta)

Son superficies planas a ligeramente inclinadas dejadas por la acumulación de material fluvial y fluvio-torrencial depositado por un río o quebrada que indican los diferentes niveles de divagación del cauce a través de su evolución, localizándose a diferentes alturas a los lados de los valles de los ríos. Esta geoforma está asociadas a depósitos antiguos aluviales dispuestos adyacentes a los cauces de los ríos principales.



*Figura 127 AZIMUT 340°. TERRAZA ALUVIA ANTIGUA (FTA), CASCO URBANO. ESTACIÓN ACA-GR-29. MUNICIPIO ACACÍAS. E: 1035772 M, N: 933204 M.*



*Fuente: Elaboración propia.*

#### 8.4.3.4.1.2 Terraza aluvial subreciente (Fts)

Superficie plana a suavemente inclinada, remanente de terrazas de morfología ondulada, disectadas, localmente basculadas, con inclinaciones entre 3° a 5°, aunque algunos sectores pueden alcanzar los 10° donde se presenta limitada por escarpes de 3 a 5 m. Su origen es relacionado a la ampliación del valle los ríos principales asociadas a depósitos clastosoportados en matriz arenosa, producto de la actividad fluvial actual.

#### 8.4.3.4.1.3 Cauce aluvial (Fca)

Canal de forma irregular excavado por erosión de las corrientes perennes o estacionales, dentro de macizos rocosos y/o sedimentos aluviales. Dependiendo de factores como pendiente, resistencia del lecho, carga de sedimentos y caudal, pueden persistir por grandes distancias. Para el casco urbano se delimitó la geoforma con ayuda de las imágenes satelitales y la cartografía detallada.

#### 8.4.3.4.1.4 Barra puntual (Fbp)

Cuerpo en forma de medialuna de morfología suave ondulada, compuesta de crestas y artesas curvas de poca altura. Estos cuerpos se localizan en la parte cóncava de los meandros de los ríos, como producto de la acumulación de sedimentos erodados de la parte convexa del cauce. Esta geoforma se origina principalmente en los ríos de mayor cauce en el casco urbano como lo son el río Acacías y el río Acaciitas.

*Figura 128 AZIMUT 340°. GEOFORMAS FLUVIALES (Fts, Fca, Fbp), RÍO ACACÍAS. ESTACIÓN ACA-GR-12. MUNICIPIO ACACÍAS. E: 1034362 M, N: 931111 M.*



*Fuente: Elaboración propia.*

#### 8.4.3.4.1.5 Planicie de inundación (Fpi)

Superficie de morfología plana, baja a ondulada, eventualmente inundable. Se localiza bordeando los cauces fluviales, donde es limitado localmente por escarpes de terraza. Incluye los planos fluviales menores en formas de "U" o "V", al igual que a los conos coluviales menores de los flancos de los valles intramontanos. En donde las corrientes fluviales tienden a unirse con sus tributarios para formar el cauce principal, en red de drenaje de tipo subparalelo de mediana densidad, se presentan como superficies estrechas, alargadas y profundas. Esta geoforma está desarrollada en el municipio de Acacías a lo largo de las quebradas y drenajes.



Figura 129 Azimut 200°. Planicie de inundación (Fpi). Estación ACA-GR-38. Municipio Acacías. E: 1033305 m, N: 931709 m.



Fuente: Elaboración propia.

#### 8.4.3.4.1.6 Laguna (FI)

Cuerpos de agua dispuestos de manera irregular sobre la terraza aluvial subreciente y antigua, ocasionalmente utilizados para riego y actividades comerciales.

Figura 130. Azimut 30°. Laguna (FI), Cercana al Río Acacías. Estación ACA-GR-17. Municipio Acacías. E: 1035551 m, N: 931668 m.

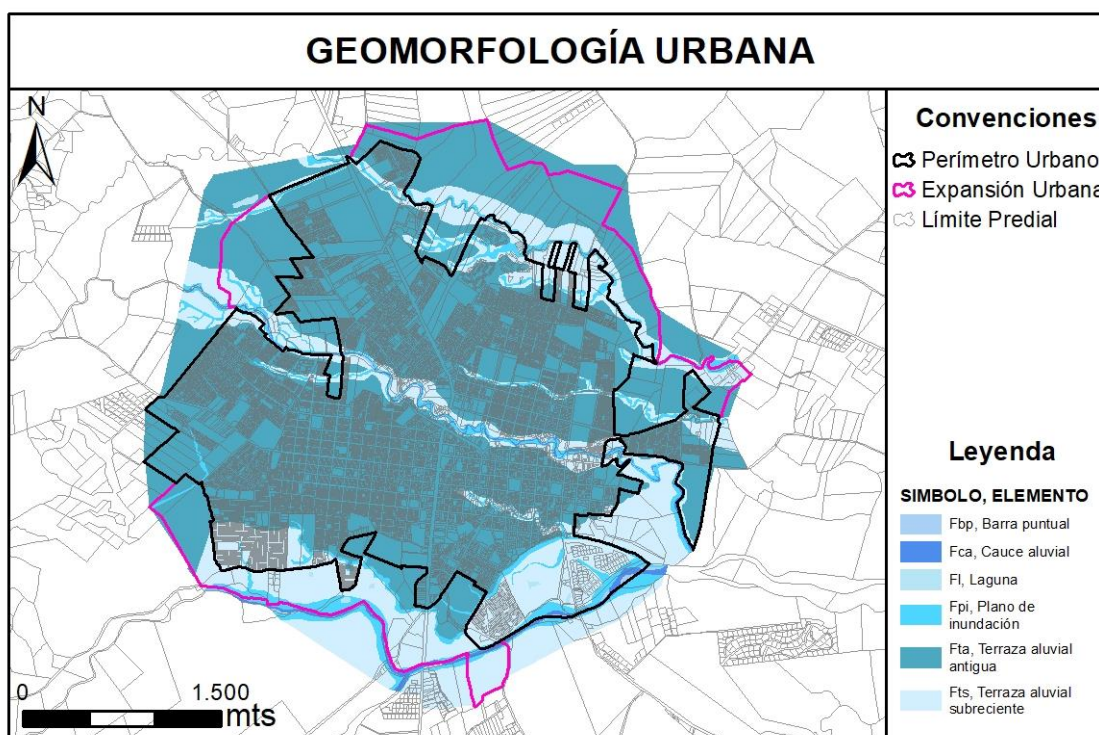


Fuente: Elaboración propia.

Con la ayuda de modelos morfométricos como el de Valley Depth o profundidad de valles, se pudo realizar la interpretación de las planicies de inundación de los ríos Acacías, Acaciitas, el caño Colepato etc.

A continuación, se presentan los resultados de la zonificación de los elementos geomorfológicos presentes en el casco urbano del municipio de Acacias:

Figura 131. Mapa de Elementos Geomorfológicos del municipio de Acacias.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se detallan los porcentajes de ocupación de las geoformas dentro del casco urbano del municipio de Acacias.

Tabla 41 Porcentaje de ocupación en el municipio de Acacias, por geoformas.

ELEMENTO	AREA (HA)	% OCUPACIÓN
Barra puntual	3.056293	0.2%
Cauce aluvial	14.83	1.1%
Laguna	1.914742	0.1%
Plano de inundación	90.739482	6.8%
Terraza aluvial antigua	906.08134	67.6%
Terraza aluvial subreciente	323.4448	24.1%

Fuente: Elaboración propia.

## 8.5 IDENTIFICACIÓN, CLASIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE FENOMENOS AMENAZANTES Y EVALUACIÓN DE LA AMENAZA

A continuación, se desarrolla la caracterización de las condiciones de riesgo para los eventos principales que pueden llegar a afectar el municipio de Acacias (movimientos en masa, inundación, y avenidas torrenciales), considerando la información disponible y el trabajo en campo realizado. Los resultados

permitirán zonificar y caracterizar el riesgo al que podrían estar expuestos los habitantes, la infraestructura vital dentro del municipio.

### **8.5.1 Inundaciones**

En el ordenamiento territorial un factor muy importante a tener en cuenta desde el año 2011 es la gestión del riesgo, poder determinar cuáles son eventos de origen natural que pueden afectar y dejar expuesta a una comunidad, su economía, estructuras físicas y los servicios ecosistémicos de los cuales se abastece, hace que sea necesario plantear medidas que permitan minimizar el grado de afectación de las mismas y reducir los daños. Esto puede lograrse con el análisis particular de cada situación y de conocer el papel que desempeña la sociedad en la utilización de su territorio.

Este análisis fue realizado con base en información primaria y secundaria de diversas fuentes: Las fuentes de información primaria se basan en los datos obtenidos en las campañas de campo, mientras que la información secundaria parte de los reportes por parte de entidades oficiales.

Para el manejo y la gestión del riesgo se realizó la identificación y análisis de la susceptibilidad y de la amenaza en el municipio de Acacías por fenómenos de inundaciones, con la ayuda de información temática de geología, geomorfología, cobertura y uso del suelo, eventos históricos, e interpretación de imágenes satelitales disponibles.

#### **8.5.1.1 Marco Teórico**

De acuerdo con el decreto 1807 del 19 de septiembre de 2014 que reglamenta el artículo 189 del Decreto Ley 019 de 2012 en lo relativo a la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial, los estudios básicos para la revisión o expedición de planes de ordenamiento territorial (POT), se deben elaborar estudios en los suelos urbanos, de expansión urbana y rural por inundación, que contengan:

- a) La delimitación y zonificación de las áreas de amenaza.
- b) La delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza en las que se requiere adelantar los estudios detallados a que se refiere el siguiente artículo.

EL decreto establece que los estudios básicos de amenaza por inundación deben contemplar las siguientes especificaciones mínimas:

Área de estudio: Las zonas en las cuales exista la posibilidad de presentarse una inundación sean aledañas o no a ríos, caños, quebradas, humedales y otros cuerpos de agua o aquellas que hagan parte de su área de influencia.

En el análisis se deben considerar los casos en los que existan precedentes de mecanismos generadores de inundaciones tales como encharcamiento por lluvias intensas sobre áreas planas, encharcamiento por deficiencia de drenaje, inundaciones costeras entre otros.

Los municipios o distritos con un suelo rural superior a 1.500 km<sup>2</sup>, para los cuales no exista base cartográfica e insumos a 1:25.000, podrán realizar los estudios para esta clase de suelo a escala 1:100.000 o 1:50.000. En aquellas áreas rurales donde se presenten inundaciones recurrentes, con presencia de elementos expuestos, deben realizar los estudios básicos a 1:25.000.

Insumos: Se debe utilizar como mínimo los siguientes insumos:



- e) Geomorfología. Identificación de las diferentes subunidades geomorfológicas asociadas a los paisajes aluviales, con especial énfasis en las geoformas correspondientes a la llanura de inundación.
- f) Modelo de elevación digital del terreno.
- g) Identificación de las zonas inundables e inundadas (registro de eventos). A partir de información de las diferentes entidades a nivel nacional, regional o local, interrelacionada con la información de la comunidad identificar cuales áreas han sufrido afectaciones por inundación y en qué fecha.
- h) Hidrología. Caracterización del comportamiento del régimen hidrológico en la región a la cual pertenece el municipio mediante un análisis de los eventos hidroclicmáticos máximos' identificando para cuales' periodos de retorno se están presentando las afectaciones y las áreas afectadas para los mismos.

Para la zonificación de la amenaza se emplean tres categorías: alta, media y baja, teniendo en cuenta el registro de eventos, la recurrencia de estos y la intensidad (niveles alcanzados) de la inundación.

Para el suelo urbano, de expansión urbana y rural se utilizará, como mínimo, análisis de tipo histórico y geomorfológico. De acuerdo con la información disponible se podrán complementar con análisis hidrológico-hidráulicos y métodos asistidos por sensores remotos y sistemas de información geográfica.

En todo caso, los análisis se realizan en función de la magnitud de la amenaza, su intensidad, consecuencias y la disponibilidad de información.

#### **8.5.1.2 Resumen**

La diversidad de ambientes geográficos, la variabilidad climática y la influencia antrópica cerca de los cauces, son los principales causantes de afectaciones a los sistemas hídricos ya que producen cambios en su dinámica fluvial, alterando su topografía, dirección y volumen, dando lugar a fenómenos como inundación, socavación, sedimentación, etc., requiriendo así un tratamiento oportuno, pues de lo contrario se podrían ocasionar grandes afectaciones sociales, ambientales y económicas.

Los eventos de inundación lenta se dan cuando al ocurrir una precipitación capaz de saturar el terreno, el volumen remanente escurre por los ríos y arroyos o sobre el terreno. Conforme el escurrimiento avanza hacia la salida de las cuencas, se incrementa proporcionalmente con el área drenada, si el volumen que fluye por el cauce excede la capacidad de éste, se presentan desbordamientos sobre sus márgenes y el agua desalojada puede permanecer horas o días sobre el terreno inundado. Este efecto se presenta en zonas donde la pendiente es baja, y por ende, la capacidad de los ríos disminuye provocando desbordamientos que generan inundaciones en las partes aledañas (CENAPRED, 2004).

El análisis de la amenaza por inundación se mide en función de la frecuencia de ocurrencia y para su zonificación se hace necesario realizar un análisis de la dinámica fluvial, para ello se identificaron y clasificaron las diferentes geoformas de acuerdo con su relevancia en la dinámica actual y con el inventario o registro de eventos se caracterizan el tipo de flujo y la altura de la lámina de agua.

A partir de la información cartográfica y la información temática como la geología, geomorfología, cobertura y uso del suelo, eventos históricos, elevación e interpretación de imágenes satelitales disponibles, se realizó la zonificación de la susceptibilidad, la evaluación de la amenaza y la identificación de las necesidades de información para el avance en el conocimiento de las inundaciones en el municipio de Acacias.

A partir de lo anterior y una vez se realizó la zonificación de la amenaza se encontró que el 80% del territorio del municipio de Acacías presenta una amenaza baja a inundaciones, el otro 20% se encuentra en condición de amenaza media a alta por inundaciones.

#### **8.5.1.3 Alcance**

- Analizar la cartografía geomorfológica considerando las formas del terreno y el catálogo de eventos disponible que permita delimitar las zonas susceptibles de ser afectadas por inundaciones en el municipio de Acacías.
- Realizar el análisis multitemporal de las imágenes disponibles, con el fin de detectar posibles cambios de dirección del drenaje y áreas históricamente afectadas por inundaciones.
- Desarrollar el mapa de amenaza por inundaciones para el municipio de Acacías, a partir del análisis de ocurrencia de los eventos, el análisis multitemporal de imágenes y de las áreas con susceptibilidad media y alta.
- Identificar las necesidades de información para el avance en el conocimiento de las inundaciones en el municipio de Acacías.

#### **8.5.1.4 Herramientas o Insumos**

Los insumos empleados son los siguientes:

- Modelo Digital de Terreno – MDT.
- Mapa de Geomorfología a un nivel de detalle 1: 25.000.
- Registro histórico de eventos de inundación.
- Fotointerpretación de las zonas de inundación y divagación de los ríos principales.

#### **8.5.1.5 Zonificación de la Susceptibilidad por Inundaciones Rural**

De acuerdo con el protocolo para la gestión del riesgo las inundaciones son un fenómeno de anegamiento temporal de terrenos que no están normalmente cubiertos de agua y sedimentos. Debido a la amplia variedad de definiciones existente en el ámbito técnico, científico y de toma de decisiones, se resume a continuación una síntesis de tipología de inundaciones de acuerdo con UNAL & SGC (2013).

**De acuerdo con el mecanismo de generación:** las inundaciones pueden ser: fluviales, pluviales, costeras o de otro tipo. Las **inundaciones fluviales** son inundaciones producidas por el flujo excedente de agua y sedimentos transportados por corrientes (ríos, quebradas), el cual desborda la capacidad de transporte del cauce. Las inundaciones fluviales pueden ser lentas y repentinas. Las inundaciones fluviales lentas son producidas normalmente por precipitaciones prolongadas, pero también pueden ser producidas por huracanes, ciclones tropicales, deshielo, entre otras. Las inundaciones fluviales repentinas son producidas normalmente, por precipitación convectiva, pero también pueden ser producidas por la movilidad de grandes volúmenes de flujos provenientes deglaciares, movimientos en masa, escombros o represas. Las **inundaciones pluviales** se producen por: la acumulación de agua precipitada en una determinada superficie (generalmente plana o cóncava) sin que esta provenga del desbordamiento del cauce; también puede ser producida por la incapacidad de los sistemas de alcantarillado o canales de desagüe en eventos de lluvia de gran magnitud o intensidad. Las **inundaciones costeras** pueden ser originadas por el aumento en la marea causada por fuertes vientos de tormenta, ciclones tropicales o extra tropicales, o también por las tormentas de mar y los tsunamis. **Otro tipo** de inundaciones puede ser el producido por eventos extraordinarios como: terremotos, erupciones volcánicas, rotura de infraestructuras hidráulicas de almacenamiento de agua.

**De acuerdo con la duración:** las inundaciones pueden ser: súbitas o de tipo torrencial; lento o de tipo aluvial; y encharcamiento. Las **inundaciones súbitas o de tipo torrencial** suelen producirse en ríos de montaña o en corrientes cuyas áreas de drenaje presentan fuertes pendientes y suelen ser producidas por crecidas repentinas y de corta duración (minutos a horas). Las **inundaciones lentas o de tipo aluvial** se producen por el desbordamiento del cauce anegando áreas planas aledañas al mismo y suelen ser originadas por crecidas progresivas y de larga duración (horas a días, inclusive meses en algunas zonas del país). El fenómeno de **encharcamiento** se origina por la saturación del suelo en zonas moderadamente onduladas a planas con duración de horas a días y en general pueden darse por ausencia o falencia en los sistemas de drenaje de aguas pluviales en áreas urbanizadas.

Para la zonificación de la susceptibilidad se realiza mediante la incorporación de la metodología propuesta por el Fondo Adaptación (2014) en el Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA, la cual hace énfasis a la identificación de geoformas asociadas a inundación y la caracterización de eventos históricos.

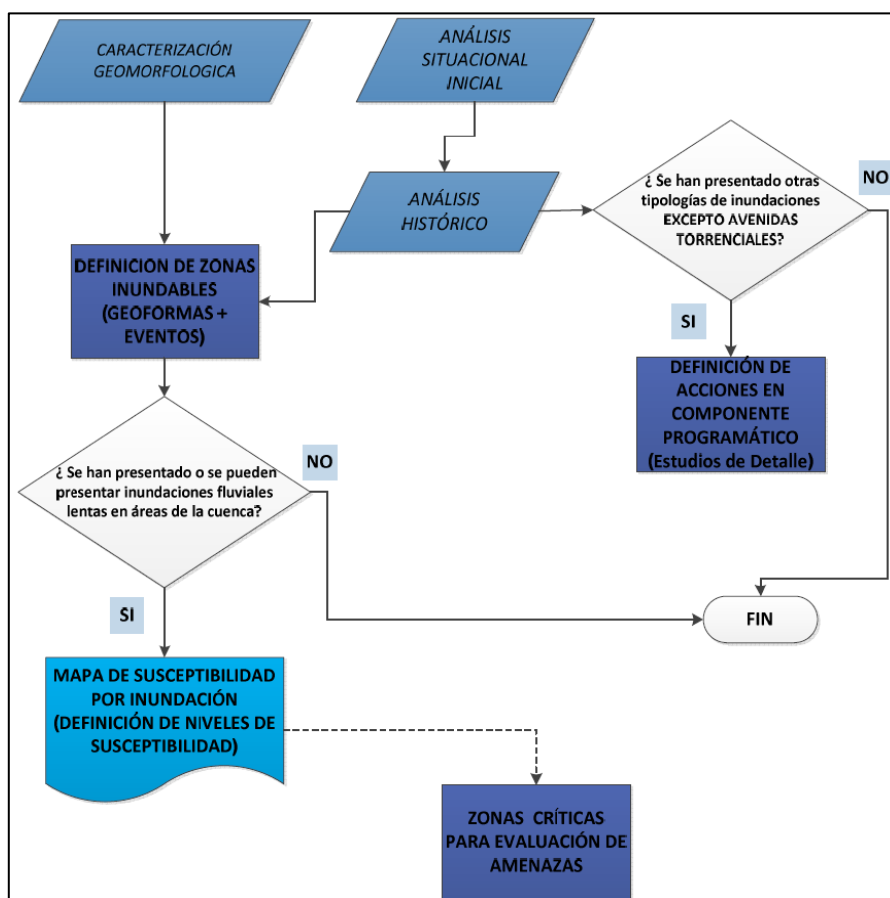
#### **8.5.1.5.1 Metodología Empleada para la Zonificación de la Susceptibilidad**

Las inundaciones son definidas en el glosario internacional de hidrología (OMM/UNESCO, 1974) como un aumento del agua por arriba del nivel normal del cauce definiéndose como nivel normal aquella elevación de la superficie del agua que no causa daños, es decir, una elevación mayor a la habitual en el cauce, por lo que puede generar pérdidas.

Para llevar a cabalidad el desarrollo de los objetivos propuestos se ha desarrollado la metodología para la evaluación de la susceptibilidad, a partir del protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA de acuerdo con los alcances técnicos del proyecto.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se muestra el mapa conceptual de la metodología que se sigue para alcanzar el objetivo final de este estudio que es la evaluación de la amenaza por eventos de inundación.

Figura 132. Esquema metodológico para la obtención de la susceptibilidad por inundaciones.



Fuente: Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA de acuerdo con los alcances técnicos del proyecto, Fondo Adaptación, 2014.

#### 8.5.1.5.2 Análisis de los Eventos Históricos

La recopilación y tratamiento de la información histórica permite realizar un análisis de los impactos producidos por fenómenos naturales en el pasado.

Para obtener una base de datos sobre los fenómenos históricos lo más completa y homogénea posible, se ha realizado una búsqueda de material documental de información de los eventos conocidos y/o incorporación de nuevos episodios.

Uno de los problemas más comunes cuando se desarrolla recopilación de información a partir de fuentes documentales, es que estas suelen ser poco precisas y pueden no cubrir con igualdad de razonamiento todo el territorio. Adicionalmente, los eventos de mayores consecuencias son los que generalmente se registran, debido a sus altos impactos.

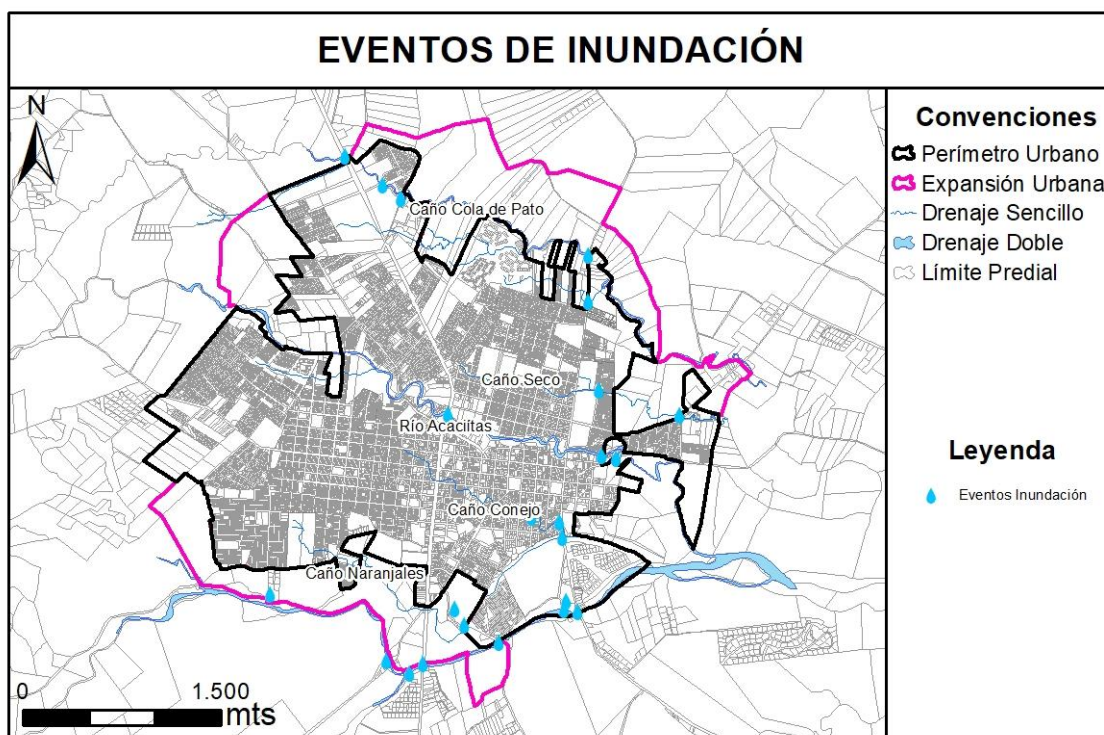
Las principales fuentes de información referentes a los eventos que se consultaron en el ámbito de este trabajo corresponden a las siguientes entidades:

- Cuerpos Oficiales de Bomberos.

- Informes Técnicos
- Sistema de Inventario de Efectos de Desastres (DesInventar).
- Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD).
- Sistema de Información de Movimientos en Masa (SIMMA)

Del mapa de la figura 129 se aprecian los sectores afectados por procesos de erosión hídrica o inundación. Los afluentes involucrados en los eventos de inundación son los ríos, Acacías, Acacitas, el caño Colepato etc., (ver Figura 174), registrados con datos de localización geográfica, sin embargo, en la consulta de las demás fuentes de información se evidencio la carencia de la información geográfica pertinente para poder espacializar estos eventos. A continuación, se localizan los puntos críticos visitados.

*Figura 133. Mapa de inventario de eventos amenazantes por inundación en el municipio de Acacías.*



*Fuente: Elaboración propia.*

### 8.5.1.5.3 Análisis de Geoformas Asociadas a Inundaciones

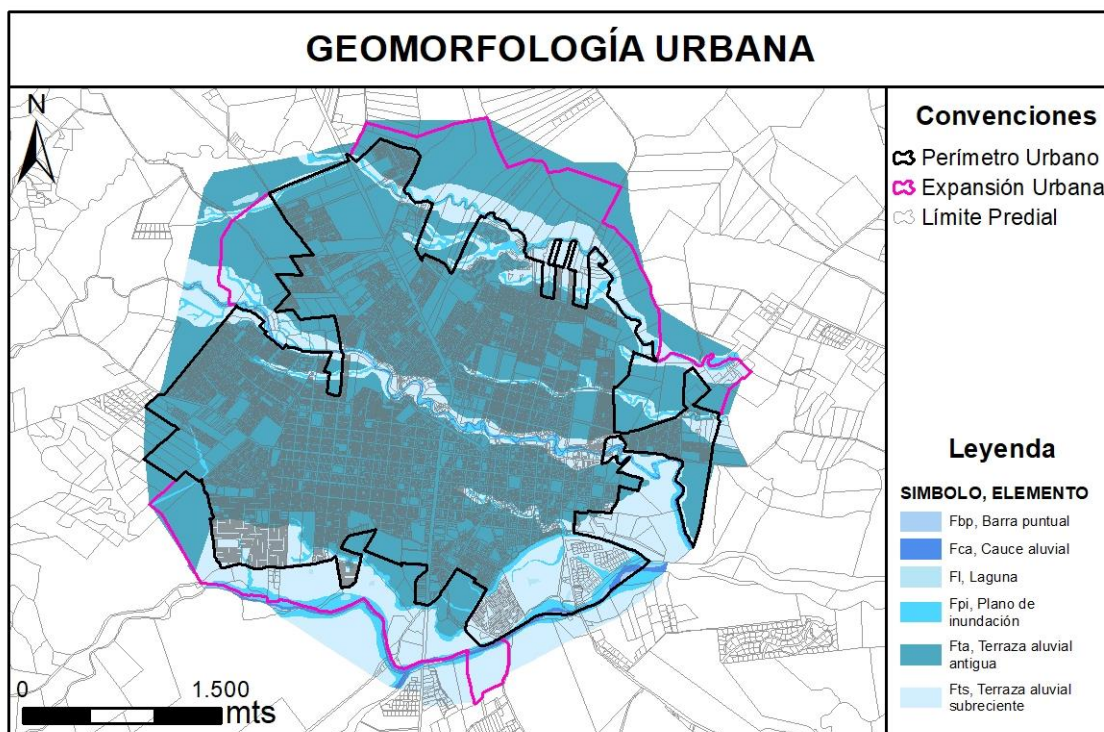
Para el análisis de las inundaciones dentro del municipio de Acacías, se tuvieron en cuenta los procesos y las geoformas asociadas a la dinámica fluvial, esto debido a que van a ser las áreas más susceptibles a presentar eventos de inundación por desborde de los cauces en creciente progresivas o súbitas. Con el resultado de la interpretación geomorfológica se extrajeron las geoformas fluviales que permitieron caracterizar los procesos morfodinámicos dominantes en los fenómenos de inundación, de acuerdo con las características texturales y geométricas.

Las principales características morfológicas utilizadas en el proceso de interpretación y zonificación geomorfológica se basó en la metodología del Servicio Geológico Colombiano (SGC-metodología



Carvajal-2011), que se encarga de la evaluación de las amenazas naturales, y utiliza la interpretación cartográfica y define subunidades y elementos geomorfológicos para los ambientes fluviales y glaciares. Dentro de las geoformas que se encuentran asociadas a los eventos de inundación en el municipio de Acacías, están las planicies de inundación, las terrazas aluviales, los cauces y las barras de arena. Ver ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..

Figura 134 Mapa de geoformas asociadas a eventos de inundación en el municipio de Acacías.



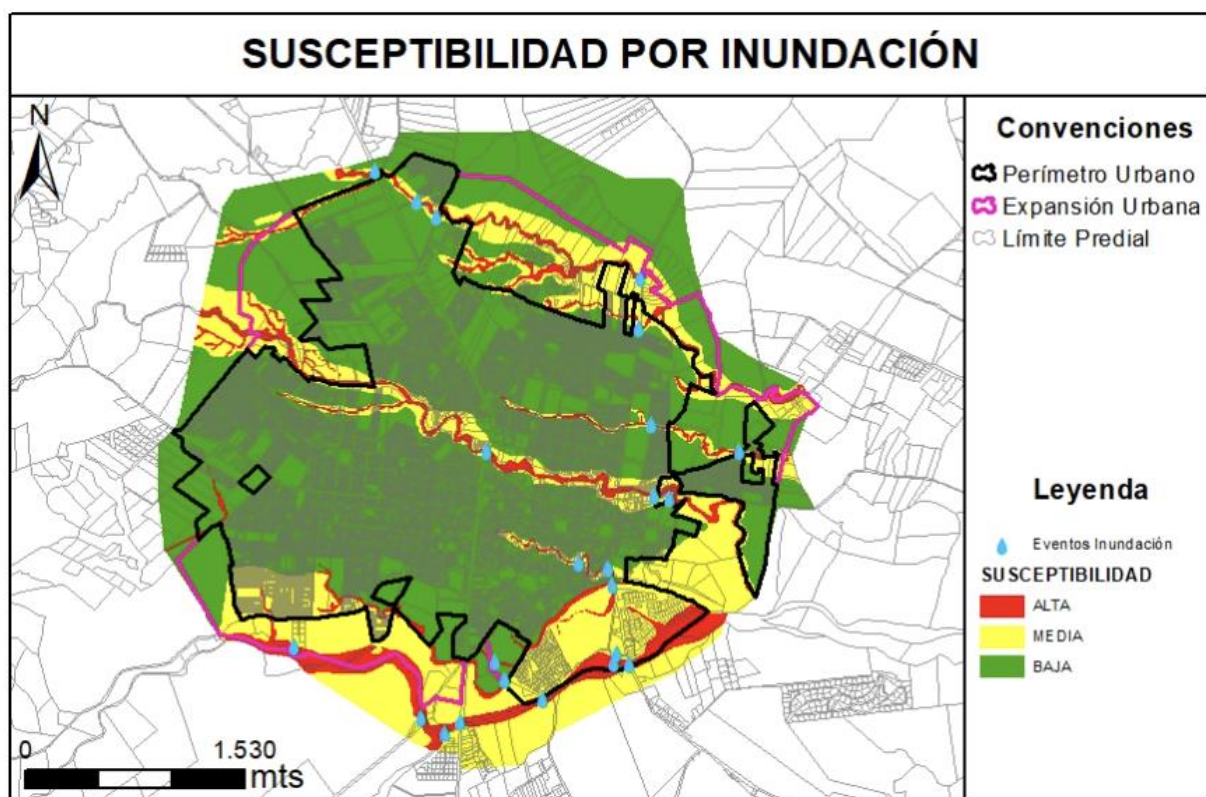
Fuente: Elaboración propia.

El casco urbano del municipio de Acacías está conformado por geoformas de origen principalmente fluvial, asociadas a procesos antiguos o recientes de inundación.

#### 8.5.1.5.4 Susceptibilidad por Inundaciones

El relieve del casco urbano del municipio de Acacías puede dividirse principalmente en dos zonas: la primera corresponde a la parte mas elevada de terraza antigua, y la segunda corresponden a geoformas aluviales como los planos de inundación, terraza subreciente, cauce aluvial y barras de arena. A continuación, se hace un análisis de susceptibilidad a inundación para el municipio con base en la cartografía geomorfológica. Ver Figura 175.

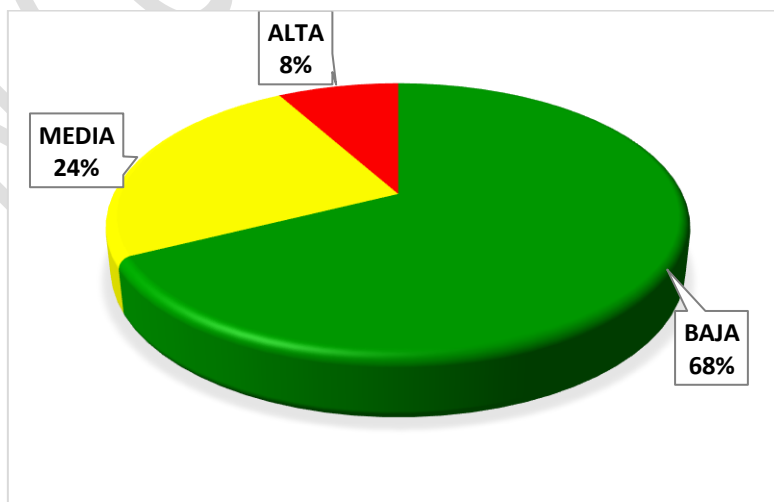
Figura 135. Susceptibilidad inundación por geomorfología en el municipio de Acacías.



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 176, se presenta los porcentajes de susceptibilidad a inundación por geomorfología en el municipio de Acacías, y se obtuvo como resultado que el 8% se encuentra en una susceptibilidad alta a inundación, un 24% susceptibilidad media, y el 68% en susceptibilidad baja.

Figura 136 Porcentaje de susceptibilidad a inundación por geomorfología en el municipio de Acacías.



Fuente: Elaboración propia.

A partir de la Información geomorfológica y los procesos de inundación fluvial se delimitaron y clasificaron las áreas del municipio de Acacías en un rango de susceptibilidad debido a su asociación con los fenómenos de inundación. A continuación, se detallan los criterios de clasificación.

*Tabla 42 Criterios de selección de zonas de susceptibilidad a inundación por elevación.*

SUSCEPTIBILIDAD	GEOMORFOLOGÍA	EVENTOS HISTÓRICOS
Susceptibilidad Alta	Geoformas que denotan procesos activos o inundaciones periódicas. (Cauces aluviales, Planos de inundación, etc.).	Áreas donde coincidan dos o más puntos o polígonos de eventos históricos.
Susceptibilidad Media	Geoformas que denotan procesos intermitentes. (Terrazas aluviales, y geoformas lejanas del cauce etc.).	Áreas donde al menos un punto o polígono haya sido identificado.
Susceptibilidad Baja	Geoformas que denotan procesos antiguos. (Geoformas otro origen Morfogenético como denudacionales y estructurales).	Sin registros históricos.

*Fuente: Tomado y adaptado del Fondo de adaptación, 2014. Protocolo para la incorporación de la Gestión del Riesgo en los POMCA.*

#### 8.5.1.6 Zonificación de la Amenaza por Inundaciones Rural

El nivel de amenaza por inundación tiene por finalidad reconocer las áreas que son afectadas por el desborde de los drenajes producto de un aumento del nivel de agua sobre las llanuras aluviales, con esto se obliga a reconocer el comportamiento de las áreas que aportan los caudales a las corrientes principales, ocasionando un desbordamiento y dispersión de las aguas sobre las llanuras de inundación y zonas aledañas a los cursos de agua normalmente no sumergidas (IDEAM, 2010).

Se clasifican dos tipos de amenaza por inundación:

**Inundaciones lentas o progresivas:** Se producen en terrenos planos que desaguan muy lentamente y cercanos a las riberas de los ríos donde las lluvias son frecuentes o torrenciales. Muchas de ellas son parte del comportamiento normal de los ríos. Según la topografía estas inundaciones causan diferentes efectos en los sectores, las poblaciones ubicadas en pendientes no se inundan seriamente en cambio las poblaciones con superficies planas o algo cóncavas pueden sufrir inundaciones como efecto directo de las lluvias, independiente de las inundaciones producidas por el desbordamiento de ríos y quebradas, donde se ocasionan el estancamiento de aguas (IDEAM, 2010).

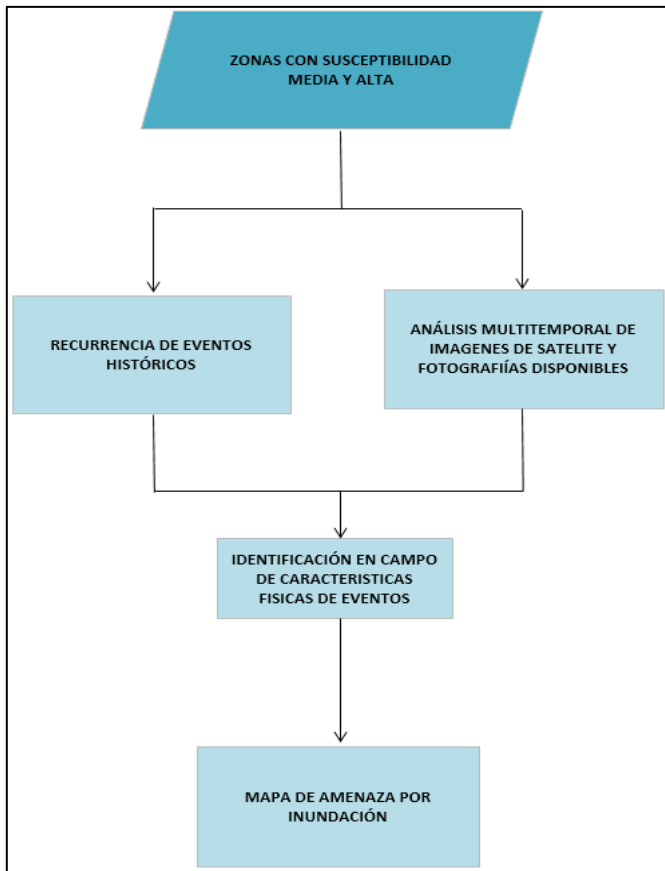
**Inundación súbita o repentina:** Se producen generalmente en cuencas hidrográficas de altas pendientes por la presencia de grandes cantidades de agua a muy corto tiempo, son causadas por fuertes lluvias, tormentas o huracanes, pueden desarrollarse en hora o minutos. Este tipo de inundación puede arrastrar rocas, tumbar árboles, destruir edificios y otras estructuras, también puede crear nuevos canales de escurrimiento. Los restos flotantes arrastrados pueden acumularse en una obstrucción o represamiento restringiendo el flujo y provocando inundaciones agua arriba del mismo, pero cuando la corriente rompe la represión, la inundación se produce aguas abajo.

A partir de lo anterior y teniendo en cuenta las áreas delimitadas con susceptibilidad media y alta, se realizó la evaluación de las áreas que posiblemente se vean afectadas por inundaciones lentas en el municipio de Acacías.

#### 8.5.1.6.1 Metodología Empleada para la Zonificación de la Amenaza

Se presenta a continuación una síntesis del método (Figura 98) para la zonificación de áreas de amenaza por inundaciones:

Figura 137 Esquema metodológico para la obtención de la amenaza por inundaciones.



Fuente: Elaboración Propia.

Los datos de recurrencia de eventos históricos, análisis geológico - geomorfológico, coberturas vegetales, modelos morfométricos, y análisis multitemporal de las imágenes disponibles, fueron los insumos necesarios para obtener la amenaza por inundación.

#### 8.5.1.6.2 Actividades de campo

Durante la etapa de campo se realizó el trabajo de identificación de zonas susceptibles a inundaciones, geoformas asociadas y posible ocurrencia de estos eventos que se pueda recoger por parte de los pobladores de la zona.

La siguiente es una lista de las actividades que se desarrollaron en la fase de campo:

- Reconocimiento del área de trabajo.
- Ubicación de los puntos definidos a partir del trabajo de oficina, identificación de geoformas y caracterización de cada una.
- Identificación de rasgos característicos y físicos que den cuenta de eventos de inundaciones.

La exploración de campo se realizó el día 19 y 20 de octubre del año 2019, con acompañamiento del Señor Secretario de Planeación y Vivienda **Diego Javier Fuentes**, la cual tuvo como finalidad la recopilación de información en campo de procesos morfodinámicos asociados a inundación, y el inventario de estructuras hidráulicas, ver Tabla 52. Debido a la necesidad de información documentada de fenómenos amenazantes como lo son las inundaciones dentro del municipio.

#### **8.5.1.6.3 Análisis multitemporal de imágenes y/o fotografías aéreas disponibles**

A partir del análisis multitemporal de imágenes satelitales y los modelos digitales, se identificaron las zonas de divagación de los ríos, Acacias, Acaciitas, el caño Colepato etc., de los cuales se evidenciaron cambios en los cauces, meandros abandonados, zona de desbordamiento, y zonas con rasgos de inundación reciente. Adicionalmente se tiene en cuenta el tipo de drenaje principal (ríos meandricos o ríos trenzados).

Estos tipos de drenajes presentan unas características especiales:

##### ◆ Ríos meandricos

- Curvas alternadas unidas por tramos rectos y cortos.
- Erosión en las márgenes exteriores de las curvas.
- Se presentan en canales con pendientes bajas.
- La carga de sedimentos está compuesta de material fino, principalmente arenas.
- Se forman en valles amplios.

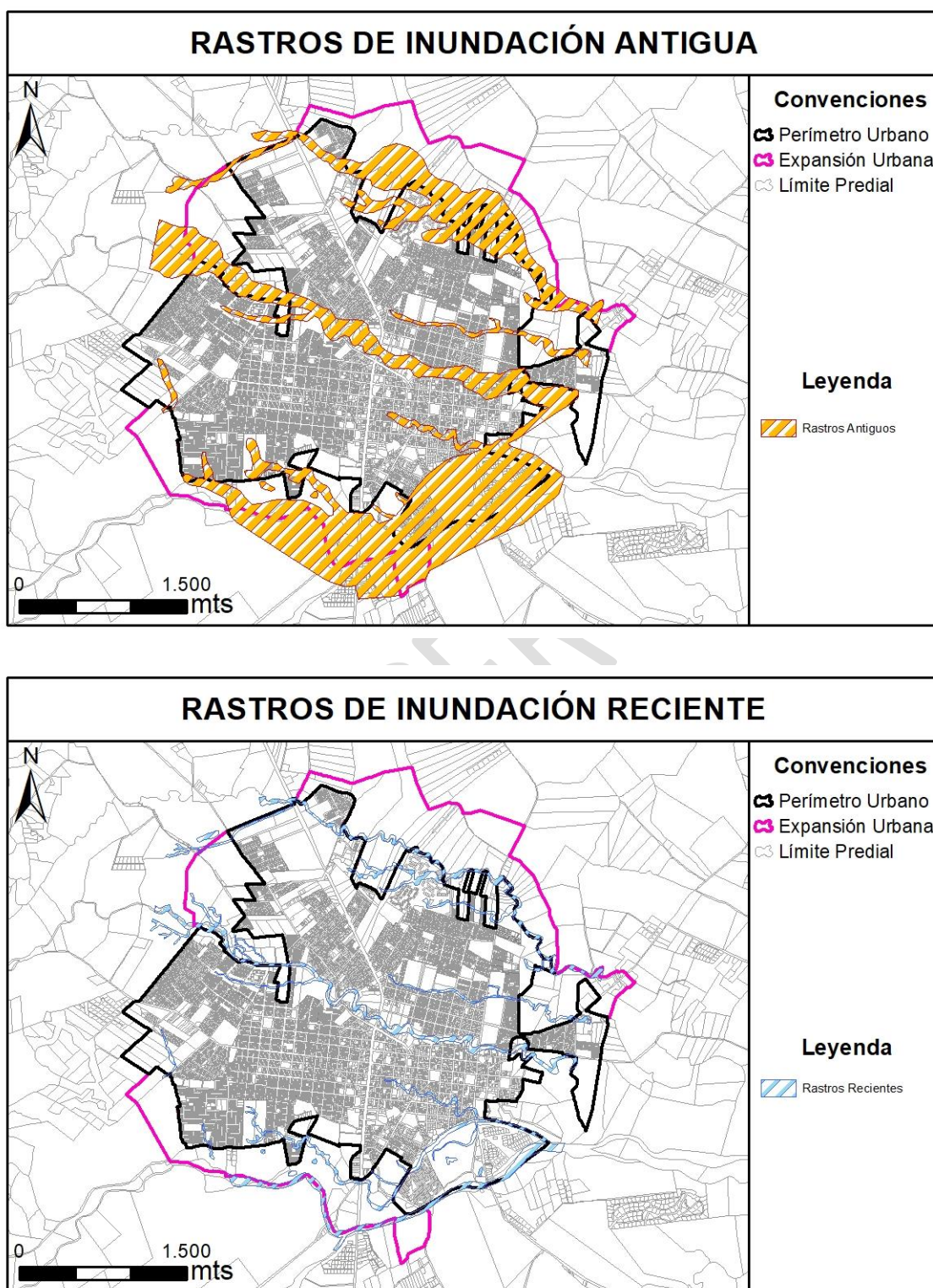
##### ◆ Ríos trenzados

- Muchos canales separados por barras y pequeñas islas.
- Se encuentra en zonas donde son abundantes los sedimentos, descargas de agua, altas y esporádicas y los ríos son sobrecargados con sedimentos.
- Se forman barras durante los periodos de descarga alta que van desviando al río.

A continuación se realiza una superposición de las diferentes interpretaciones de las imágenes (Esri Imagery, Bing Maps, Google Earth, y BirdEye), para determinar los rastros de inundación a través del tiempo de los ríos, Acacias, Acaciitas, el caño Colepato, y demás afluentes, dentro del casco urbano del municipio de Acacias. Ver Figura 177.



Figura 138. Rastros de inundación Antiguos y Recientes en el municipio de Acacías.

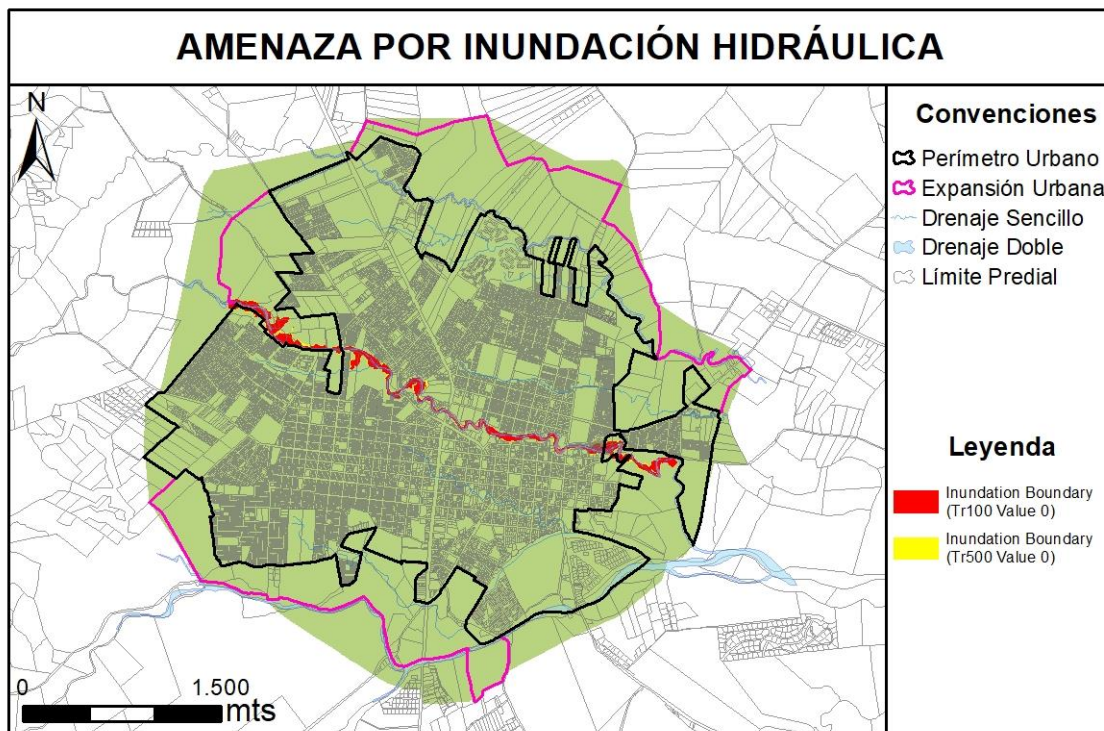


Fuente: Elaboración propia.

#### 8.5.1.6.4 Modelamiento hidrológico hidráulico

Con el fin de conocer mejor el comportamiento de las inundaciones dentro del casco urbano del municipio de Acacias, se realizó un análisis hidrológico hidráulico, sin embargo, por la poca expresión topográfica de algunos afluentes no fue posible su modelación, y se hizo necesario evaluar dichos afluentes con la metodología geomorfológica histórica. El afluente que tenía una correcta expresión topográfica fue el río Acaciitas, por lo cual fue posible modelarlo en el software HEC-RAS con un periodo de 100 años para amenaza alta y de 500 años para amenaza media, dicha modelación se muestra continuación:

Figura 139. Mapa de amenaza por inundación hidráulica del río Acaciitas.



#### 8.5.1.6.5 Generación del Mapa de Amenaza por Inundaciones

Aunque se toma como base la metodología propuesta se incluye algunas variables consideradas por el grupo de profesionales, y se ponderan dependiendo de su grado de influencia en los fenómenos de inundación, y se realiza un algebra de mapas mediante herramientas SIG. A continuación se presenta la ponderación e ilustración de las variables:

Tabla 43 Esquema de ponderación de variables temáticas para el modelo de amenaza por fenómenos de inundación.

VARIABLES		PARAMETROS	PONDERACIÓN
1	Geomorfología	Elementos Fluviales	20%
2	Procesos morfodinámicos asociados a inundaciones		





clasificación de la amenaza (baja, media, y alta), que mejor se ajuste a las condiciones del municipio de Acacias. Los rangos se clasificaron de la siguiente manera:

*Tabla 44 Rangos estimados para la zonificación de la amenaza por inundación.*

AMENAZA	RANGOS
Amenaza Alta	70-100%
Amenaza Media	45-70%
Amenaza Baja	0-45%

*Fuente: Elaboración Propia.*

A continuación, se muestra el mapa de la zonificación de amenaza por fenómenos de inundación, el cual es el resultado del análisis de la susceptibilidad, junto con las geoformas asociadas a inundación, cobertura vegetal, modelos de elevación, recurrencia de eventos históricos, e interpretación de imágenes satelitales, en las que se delimitaron las áreas de divagación y socavación de los ríos, Acacias, Acaciitas, el caño Colepato, y demás afluentes.

**Figura 141** Mapa de amenaza por inundación del municipio de Acacias.

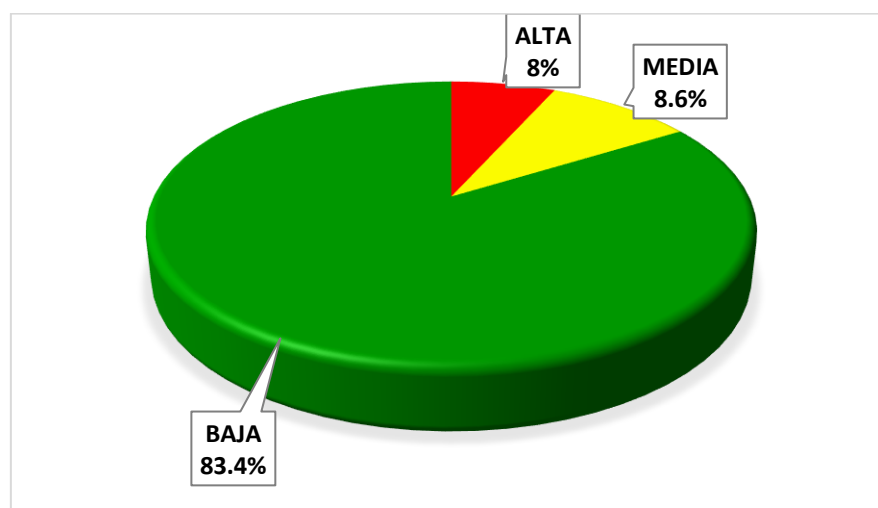


*Fuente: Elaboración propia.*

El casco urbano del municipio de Acacias presenta un 8% del territorio en amenaza por inundación alta (ver figura 138), y corresponde principalmente al modelado fluvial ríos, Acacias, Acaciitas, el caño Colepato, y demás afluentes. El 8.6% del municipio presenta amenaza media a inundación y corresponde a las partes más distales de los cauces donde hay poca recurrencia de eventos históricos

y más alejada de las zonas inmediatas de los cauces de los ríos, y el 83.4% del municipio presenta amenaza baja debido a que su morfología es principalmente ondulada y elevadas.

*Figura 142 Porcentaje de cada nivel de amenaza por inundaciones en el municipio de Acacías.*



*Fuente: Elaboración propia.*

**Niveles de amenaza baja:** El 83.4% del casco urbano del municipio se encuentra en amenaza baja por fenómenos de inundaciones, y se localiza hacia la parte distal de los cauces, de morfología ondulada, asociada a geoformas fluviales de terraza, ver Figura 180. Estas áreas no presentan registros de eventos de inundación.

**Niveles de amenaza media:** Se encuentra distribuida en un 8.6% del área de estudio (Figura 181). La mayor parte de este nivel se localiza en cercanías de los ríos, y se presenta en geoformas aluviales como los planos de inundación y las terrazas aluviales, las cuales se encuentran más distales que las zonas de amenaza alta, del curso principal de los cauces. Además, estas áreas presentan procesos morfodinámicos asociados a inundación.

**Niveles de amenaza alta:** Pertenece al 8% del área de estudio (Figura 181). Corresponde a áreas donde predominan las pendientes bajas, cauces aluviales, cuerpos de agua, planos de inundación etc.



### 8.5.2 Avenidas torrenciales

De acuerdo al PIGRPOMCAS, las avenidas torrenciales “se caracterizan por: su carácter súbito o impredecible; la alta velocidad y corta duración que desarrollan; gran cantidad de sedimento en volumen con relación al flujo de agua, es decir es un flujo denso, incluido material de arrastre de gran tamaño (rocas, troncos); frecuencia de recurrencia baja para una misma localización comparado con las inundaciones fluviales lentas; en general no existe una llanura de inundación bien establecida debido a que la distribución espacial y temporal suele ser errática, los desbordamientos son extensos y violentos, los procesos de erosión y sedimentación son bruscos, en ocasiones se dan procesos de profundización de cauce dentro de una misma zona de depósito de eventos previos”.

Takahashi (1980) define las avenidas torrenciales como “los flujos de escombros es un flujo antiguo conformado por una mezcla viscosa y sedimentos de todos los tamaños con acumulaciones de cantos rodados que se vuelcan en el frente de la onda y forman lóbulos, detrás del cual siguen los granos más finos”. Hampton (1972) define el fenómeno como “los flujos de escombros es el resultado de alguna forma de colapso en el talud. Los escombros que caen como un deslizamiento colectan humedad y se mueven a lo largo de la pendiente, éste se licua o se dilata conforme avanza, aumentando la movilidad del fluido”. De acuerdo a Wei Li (2014), las avenidas torrenciales pueden ser clasificadas por su concentración volumétrica, propiedades reológicas o el tipo de fluido (newtoniano o no). En este sentido, Marcelo García (2008), presenta el siguiente cuadro de clasificación por concentración por volumen según varios autores.

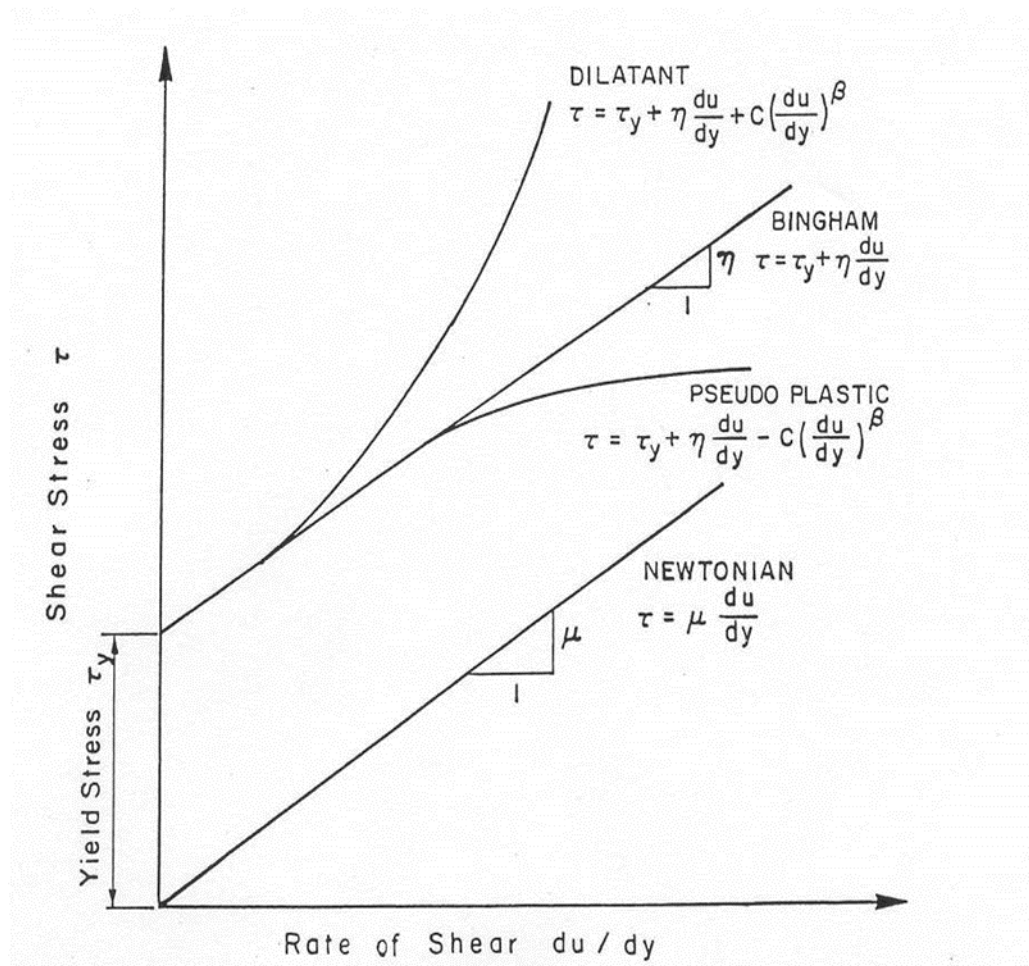
Figura 139 Clasificaciones de las avenidas Torrenciales según su concentración por volumen o peso

	Concentration percent by weight (100% by WT = 1,000,000 ppm)									
	23	40	52	63	72	80	87	93	97	100
	Concentration percent by volume (G. = 2.65)									
Source	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Beverage and Culbertson (1964)	High	Extreme	Hyperconcentrated			Mud Flow				
Costa (1984)	Water Flood		Hyperconcentrated			Debris Flow				
O'Brien and Julien (1985) using National Research Council (1982)	Water Flood		Mud Flood		Mud Flow		Landslide			
Takahashi (1981)	Fluid Flow		Debris or Grain Flow					Fall, Landslide, Creep, Sturzstrom, Pyroclastic Flow		
Chinese Investigators (Fan and Dou, 1980)	<----- Debris or Mud Flow ----->									
Pierson and Costa (1984)	<----- Hyperconcentrated Flow ----->									
	Sediment Laden							SLURRY FLOW		
	Normal: Hyperconcentrated							GRANULAR FLOW		
					(Debris Torrent), Debris Mud Flow, Solifluction			Sturzstrom, Debris Avalanche, Earthflow, Soil Creep		

Fuente: *Sedimentation Engineering, Chapter 19, Marcelo García (2008)*

En cualquiera de los casos cuya clasificación aplique, estos tipos de flujos son no newtonianos, en donde su clasificación depende de la viscosidad dinámica del fluido y son agrupados en tres categorías. Algunos modelos matemáticos consideran las avenidas torrenciales como un fluido tipo Bingham, mientras otros, como el de O'Brien, un fluido dilatante. Jhonson propuso un modelo matemático conocido como Modelo Viscoso de Coulomb.

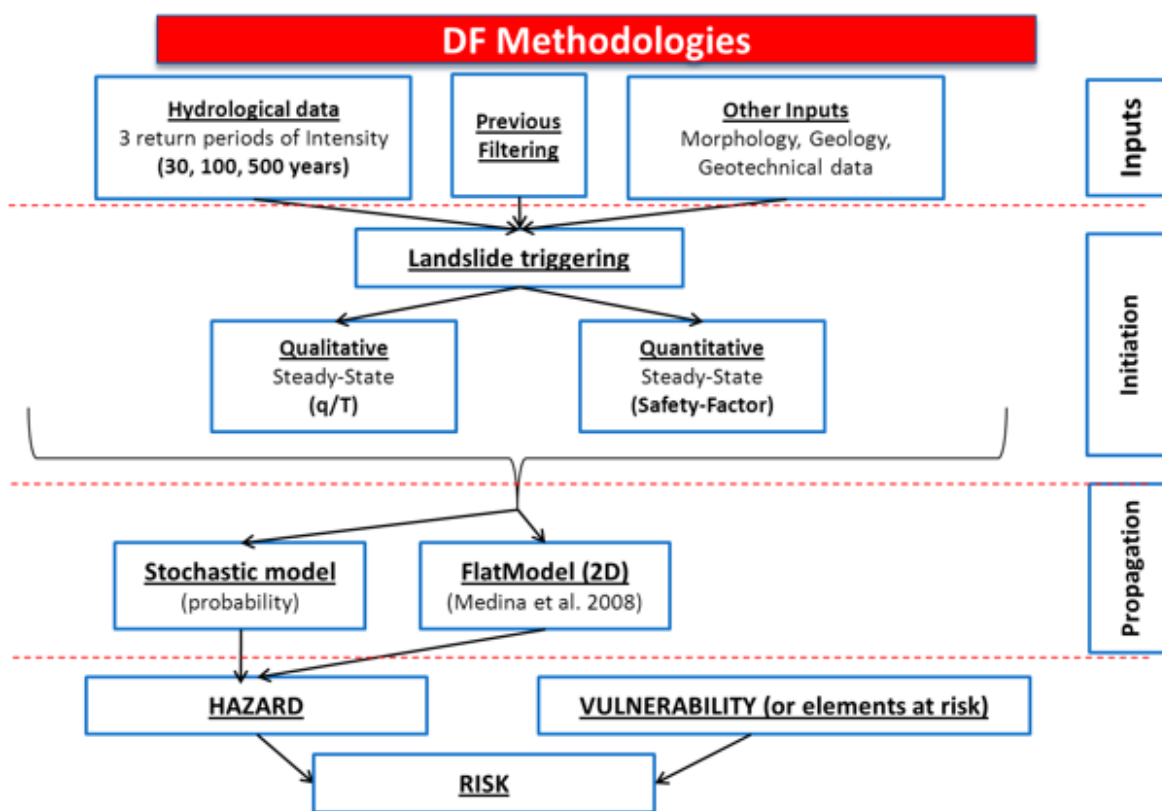
Figura 143 Clasificaciones de flujos newtonianos y no newtonianos



Fuente: FLO-2D Webinar Hyperconcentrated Sediment Flows – Mud and Debris Flows. O'Brien (2012).

Un procedimiento metodológico de cálculo detallado sería como se presenta a continuación:

Figura 144 Procedimiento metodológico de análisis de flujo de detritos



Fuente: Development of Preliminary Assesment Tools to Evaluate Debris Flow Hazards. Bregoli et. Al. (2011)

De esta forma, un análisis de avenidas torrenciales se compone de tres grandes fases:

- Iniciación
- Propagación
- Depositación

### 8.5.2.1 Metodología

Según el decreto 1077 del 2015 los estudios básicos por avenidas torrenciales deben contener las siguientes especificaciones mínimas: cauces presentes o con confluencia en el municipio que por sus condiciones topográficas puedan tener un comportamiento torrencial, utilizando como insumos la geomorfología, hidrología, hidráulica, los ciclos de sedimentos y los detonantes como precipitaciones o movimientos en masa. Sin embargo, en el decreto se desconoce la forma de generación y ocurrencia del fenómeno, es decir, estos sucesos naturales pueden generarse en un punto cualquiera dentro de una cuenca hidrográfica y transitar hasta depositarse en un sector con condiciones que favorecen esta última etapa del evento natural, por lo que limitar el análisis torrencial a un perímetro urbano conlleva a desconocer posibles áreas de generación o iniciación de un evento torrencial por fuera del mismo, que posterior a transitar por la red de drenajes, puede igualmente depositarse en zonas urbanas.

El contraste anteriormente presentado establece la necesidad de evaluar el fenómeno a nivel hidrográfico y no urbano, pues si eventualmente dentro del perímetro urbano no se registra áreas con

iniciación de avenidas torrenciales, no se tendrían amenazas por tránsito y depositación, que finalmente se traducen en ningún riesgo por el fenómeno, aun cuando pueden existir áreas de iniciación por fuera del perímetro que pueden generar un riesgo en el sector urbano.

Los modelos matemáticos empleados para modelamiento de este tipo de flujos torrenciales son Flow-2d, RiverFlow 2D, entre otros, como modelos para evaluación determinística. Debido a que su fin es comercial y la adquisición de sus licencias es elevada, varios investigadores han buscado la forma de emplear alternativas de evaluación de este fenómeno mediante parámetros morfométricos de cuencas y/o avenidas torrenciales esperadas. Los mayores aportes en este último aspecto han sido compilados por Rickenmann mediante estimaciones de longitudes de depositación, volumen de detritos, área de depositación, caudales pico, entre otros. También existen algoritmos como TopFlowDF o TopRunDF, empleados por Rickenmann en análisis de depositación de avenidas. Para análisis de iniciación de avenidas existen algoritmos como los de SHALSTAB o SINMAP. Una metodología alternativa, de carácter probabilística, ha sido propuesta por Horton et. al. (2013) y es la acá usada para evaluación cualitativa.

De acuerdo con Horton et. al., a partir de lo mencionado anteriormente, existen tres criterios que resultan de mayor relevancia para estimar áreas de iniciación de detritos:

- Pendientes del terreno: Diferentes ensayos de laboratorio, como se mencionó anteriormente, muestran que la pendiente crítica para iniciación se encuentra cerca del valor de los  $14.5^\circ$ . Sin embargo, para que en el caso (3) de iniciación, como lo menciona Takahashi, exista la inestabilidad en el suelo,  $\alpha$  debe ser menor que  $\alpha_c$  y a su vez esta profundidad crítica debe ser mayor que por lo menos  $d_p$ , diámetro de las partículas, y a su vez, por lo menos, igual a la profundidad del flujo  $h_0$ . Cuando un ángulo igual a  $15^\circ$  es reemplazado en la ecuación, para condiciones específicas,  $\alpha_c$  es inferior a  $d_p$  y por ende no se cumple la condición de iniciación de flujo de detritos. Cuando  $\theta_c$  es por lo menos igual a  $16.3^\circ$ , dicha discrepancia es resuelta. De acuerdo con Hirano (1997), cuando el ángulo es igual a  $21.7^\circ$ , con cohesión igual a 0, concentración máxima igual a 0.65, profundidad de flujo igual a 0, entre otros parámetros, un flujo de detritos es posible sin flujo superficial. Rickenmann (2016) presenta valores de referencia entre  $15^\circ$ - $25^\circ$  como pendientes de iniciación de flujo. Por lo anterior, y en aras de considerar todas las áreas probables de iniciación de flujo de detritos, se considera un valor de pendiente crítico superior o igual a  $17^\circ$ . Este valor de pendiente difiere del recomendado por Horton et. al. en dos grados, pues ellos establecen un valor de  $15^\circ$  para toda área de drenaje con área superior a  $2.5 \text{ Km}^2$ , mientras que para áreas inferiores a estas propone la estimación de una pendiente límite mediante la siguiente ecuación.

$$\tan(\beta) = 0.32S_{uca}^{-0.2}$$

- Disponibilidad Hídrica: Su finalidad está asociada a la aproximación en la estimación de la cantidad de agua que pueden tener áreas determinadas de iniciación debido a los principios teóricos brevemente anteriormente presentados. En este aspecto, Horton et. al. hacen uso del mapa de flujo acumulado, que, al multiplicar por las dimensiones de una celda específica, se puede obtener el valor de área. Sin embargo, este criterio es algo ambiguo al ser usado de esta forma, pues su valor de área es usado para la estimación del umbral de pendiente anteriormente mencionado y en realidad no se ve la aplicabilidad en la estimación de disponibilidad de recurso hídrico. Por lo anterior, en el presente estudio se realiza la estimación de la disponibilidad de recurso mediante dos parámetros:
- Índice Topográfico de Humedad: Propuesto por Beven et. al. (1979) con la finalidad de estimar zonas de saturación en el suelo. Su estimación se realiza mediante la siguiente expresión.

$$TWI = \ln\left(\frac{a}{\tan(\beta)}\right)$$

- En donde  $a$  es el área específica de drenaje en metros y  $\tan(\beta)$  es el valor de la pendiente.

Debido a su expresión matemática, en zonas de drenaje con áreas iguales a cero, es decir, en la divisoria de una cuenca y en zonas con pendientes iguales a cero, la expresión matemáticamente es indefinida, por lo que en estos dos casos no es viable su uso.

- **Abstracción Inicial del SCS:** Permite la introducción de una lluvia de diseño para un periodo de retorno específico. Dentro del modelo del SCS, la abstracción inicial es la profundidad del agua que se infiltra en el suelo y que, teóricamente, aún no se genera escorrentía. De esta forma, toda lluvia de diseño, con un valor superior al de la abstracción inicial, generara escorrentía y por ende existe flujo subsuperficial. La abstracción inicial se estima en un 20 por ciento (%) el valor de la máxima retención potencial y esta a su vez se estima a partir del valor del número de curva mediante la siguiente expresión:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

- La condición antecedente de humedad, para estimar el valor del número de curva, se elige igual a II, pues se busca evaluar áreas de iniciación de detritos en concordancia con la metodología para zonificación de Remoción en Masa Rural usando precipitaciones máximas en 24 Hrs para un periodo de retorno específico. Esta condición implica que antes del evento que genera los movimientos en masa hay unas condiciones normales o cotidianas de humedad y que la lluvia en 24 Hrs, al restarle la abstracción inicial, zonifica aquellas áreas que una lluvia en 24 horas produce escorrentía y saturación del suelo o no.
- **Disponibilidad de Sedimentos:** Este criterio, orientado a la disponibilidad de sedimentos en las corrientes, es estimado mediante el Índice de Poder de Corriente y se calcula mediante la siguiente expresión:

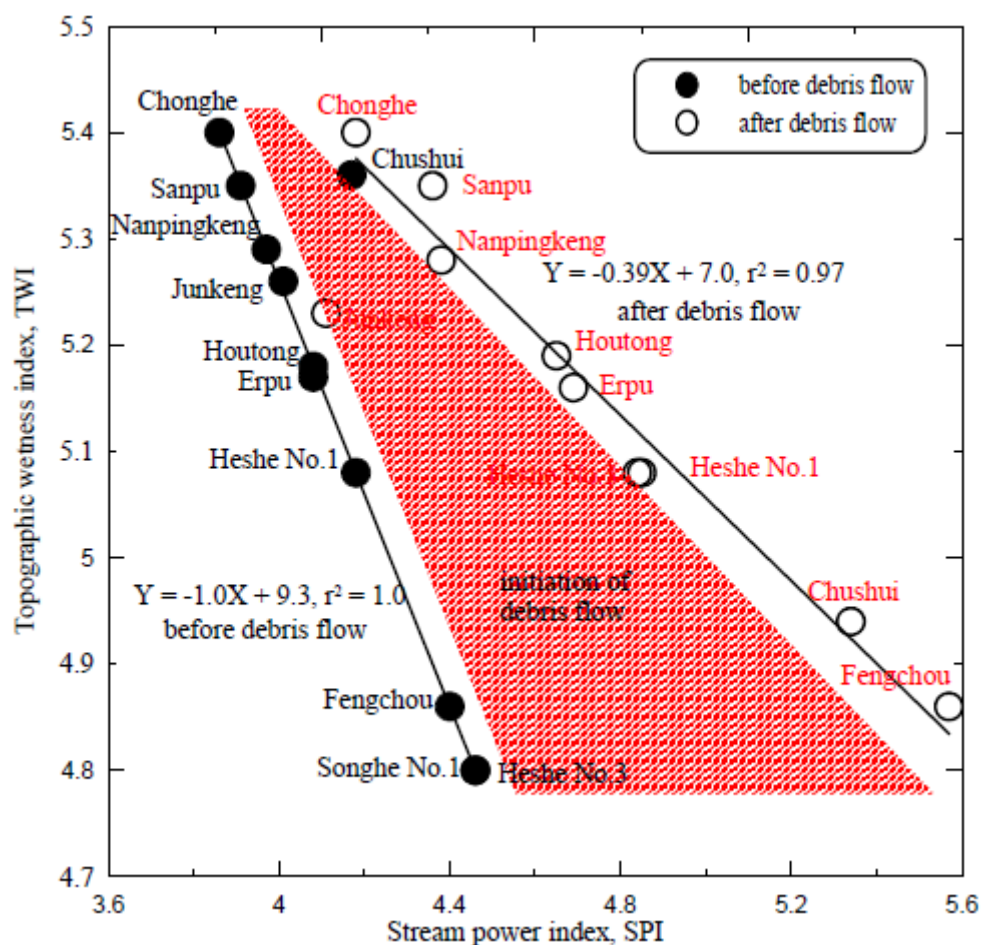
$$SPI = Ln(a * \tan(\beta))$$

De igual forma se considera la zonificación de Movimientos en Masa como zona de disponibilidad de sedimentos toda vez que, este tipo de eventos, suelen resultar en avenidas torrenciales si existen las características de terreno e hidrología suficientes. Se considera como disponibilidad de sedimentos las zonificaciones altas, con el fin de evitar que el uso de información entre diferentes fenómenos sea redundante o repetitiva.

Un estudio realizado por Chien-Yuan Chen y Wen-Jeng Lee estimó que la suma, entre TWI y SPI con valores iguales o superiores a 9.3, es el mejor indicativo de eventos torrenciales para diferentes sucesos en China, con un valor de regresión de aproximadamente igual a 1.0. Esta suma de TWI y SPI la definieron como DFTI, por sus siglas en inglés y que traduce como Índice Topográfico de Flujo de Detritos. Dicha relación entre el índice SPI y el TWI es como se presenta a continuación.



Figura 145 Relación de SPI y TWI antes y después de un flujo de detritos



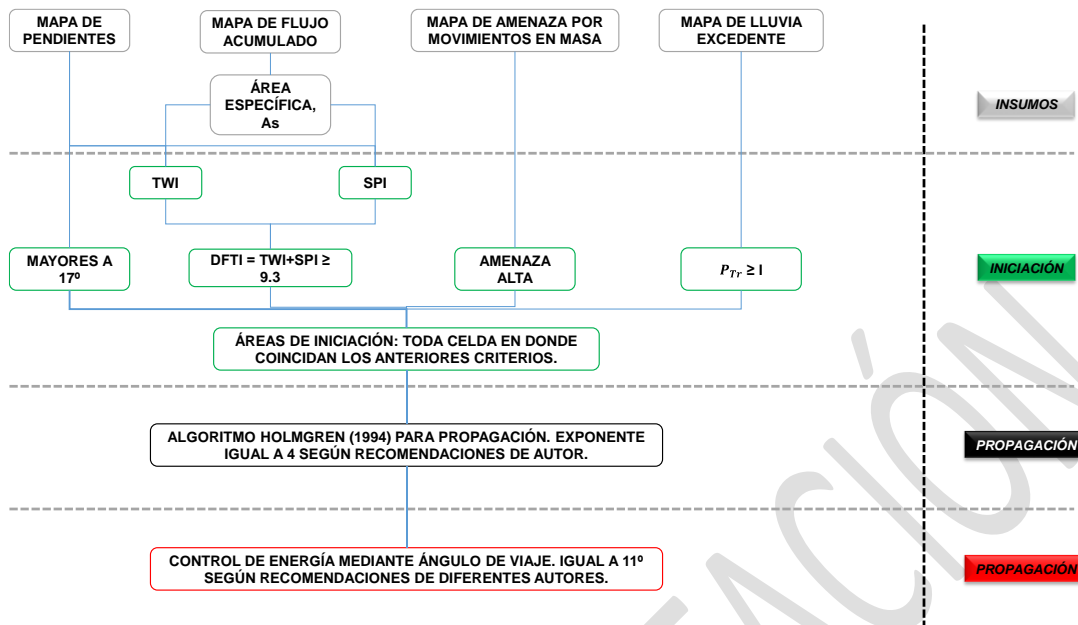
Fuente: *Topographic Features and the Initiation of Debris Flow*. Chien-Yuan Chen, Weng-Jeng Lee.

En adición, la presente consultoría considera importante la inclusión en el análisis de celdas activas la zonificación de movimiento en masa, pues esta es altamente diciente de las posibilidades de un evento en masa que, cercano a un drenaje o suelo altamente saturado, podría llegar a presentar comportamiento de flujos hiperconcentrados.

De esta forma, y habiendo presentado los insumos para la estimación de celdas como áreas de iniciación de flujo, solo se consideran probables de iniciación aquellas que cumplan, para un punto específico, cada uno de los criterios anteriormente presentados, es decir, toda celda, sí y solo sí, su valor de pendiente en grados es superior a 17, su valor de DFTI es igual o superior a 9.3, su lluvia en 24 Hrs, para un periodo de retorno específico, es superior a la abstracción inicial y el Movimiento en Masa es zonificado como alto, se considerará entonces como celda de iniciación de flujo torrencial.

Este mapa de áreas de iniciación es ingresado en el algoritmo propuesto por Horton et. al. en donde su propagación o tránsito es estimado mediante diferentes algoritmos como D8, D Infinito o el de Holmgren (1994) y el análisis de depositación y tránsito es finalmente controlado mediante una ecuación de energía de valor unitario debido a que se desconoce el valor de la masa de suelo desprendida. Dicho lo anterior, a continuación, se presenta un breve diagrama de flujo de la metodología empleada

Figura 146 Diagrama de Flujo de metodología adoptada para evaluación de torrencialidad



Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo con Horton et. al., FlowR permite evaluar el área máxima de extensión que puede llegar a ser alcanzada por un evento de torrencialidad, de esta forma, el resultado final y en función de probabilidad máxima de una celda, permite, de una u otra forma, asociar a más alta probabilidad, una amenaza mayor, ya que permite estimar por donde escurrirá con mayor probabilidad el evento.

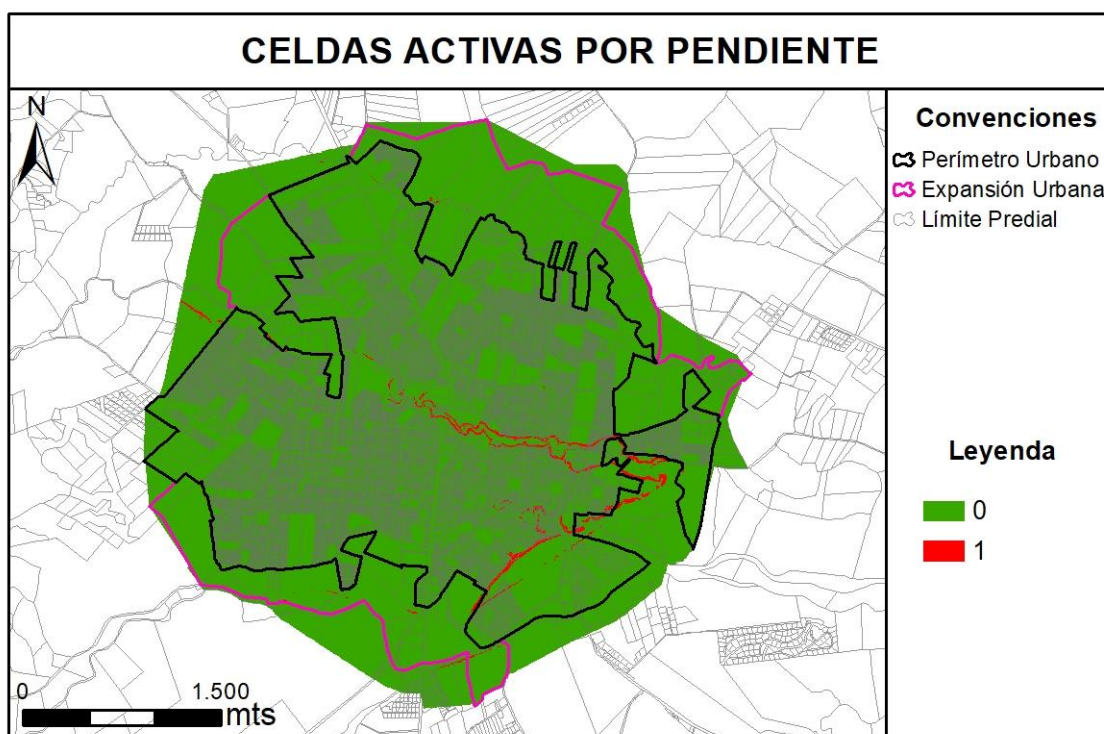
Es entonces como se estima amenaza baja toda probabilidad máxima inferior a 0.1, entre 0.1 y 0.25 como amenaza media y mayor a 0.25, hasta 1, como amenaza alta.

El diagrama de flujo de evaluación del programa es como se muestra en las siguientes figuras

#### 8.5.2.1.1 Insumos

- Pendientes: El mapa de celdas activas por pendientes mayores a 17 grados, es como se muestra a continuación.

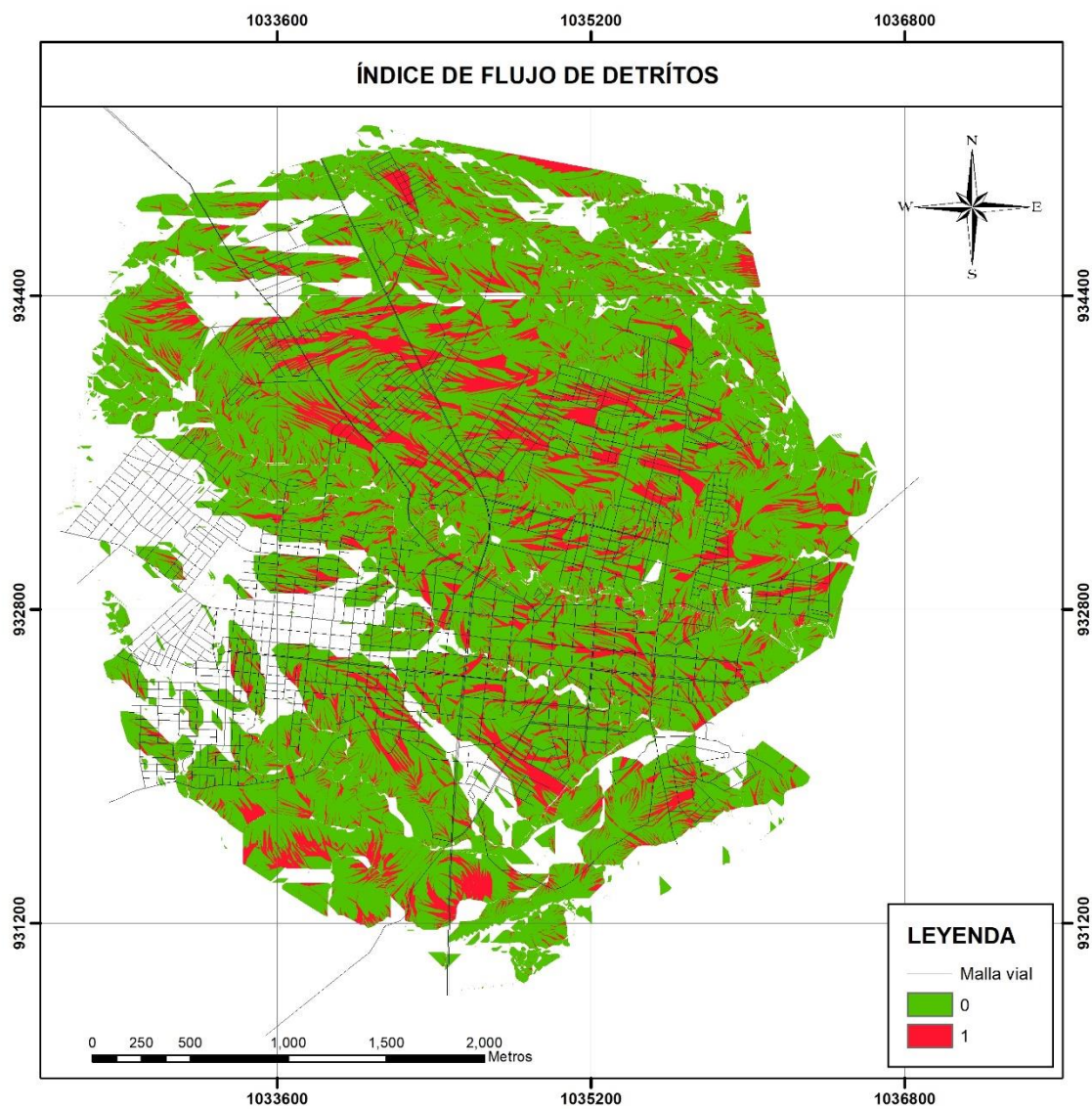
Figura 147 Mapa de Celdas Activas por Pendiente Casco Urbano Acacías



Fuente: Elaboración Propia.

- Índice de Flujo de Detritos: El mapa de celdas activas por Índice de Flujo de Detritos es como se muestra a continuación.

Figura 148 Mapa de Celdas Activas por Índice de Flujo de Detritos (DFTI)

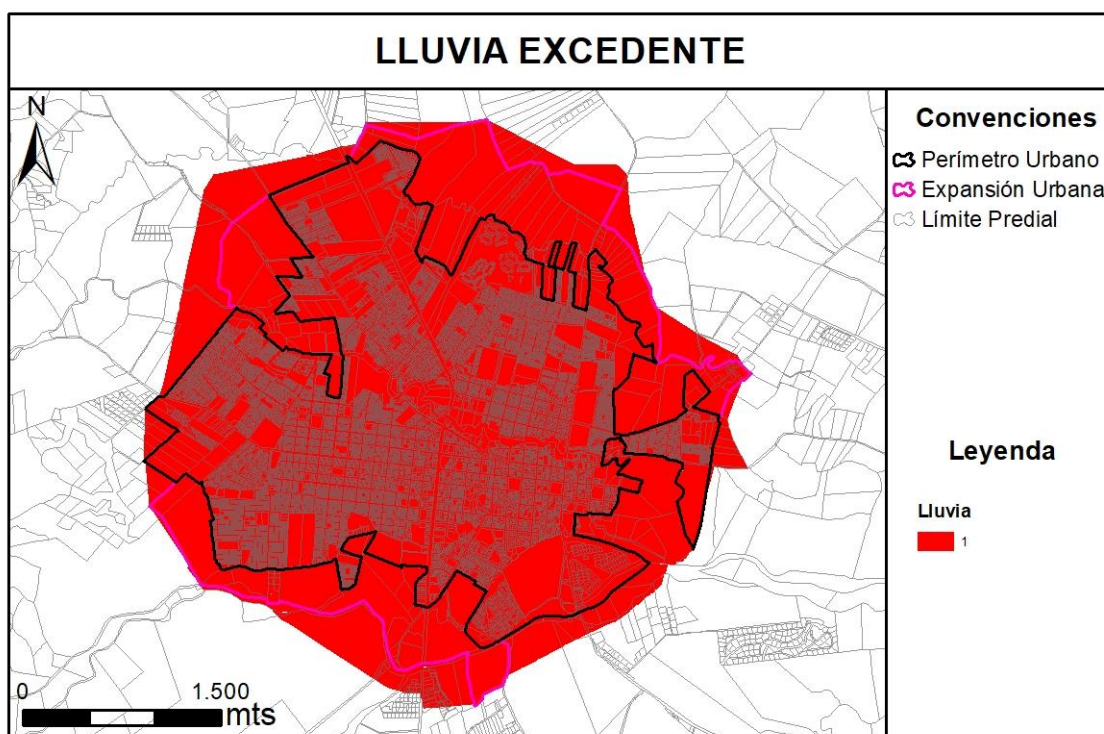


Fuente: Elaboración Propia

- Lluvia Excedente: De los análisis realizados en los estudios de inundación se encontró que, en el área rural, se presenta escorrentía superficial para periodos de retorno superiores a los 20 años.



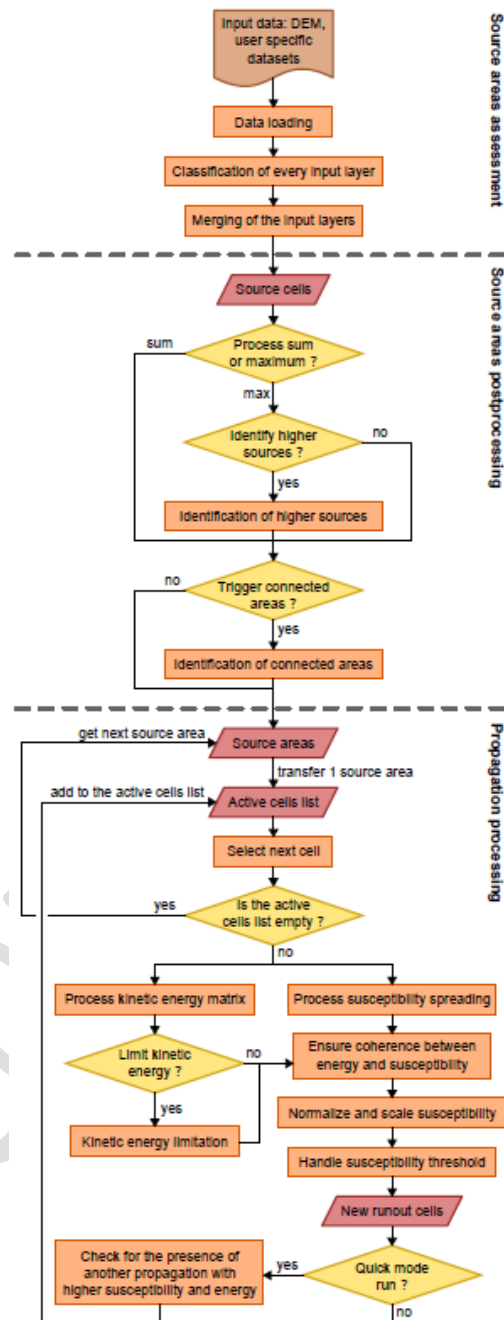
Figura 149 Mapa de Celdas Activas por Lluvia Excedente



Fuente: Elaboración Propia



Figura 150 Diagrama de flujo de FlowR

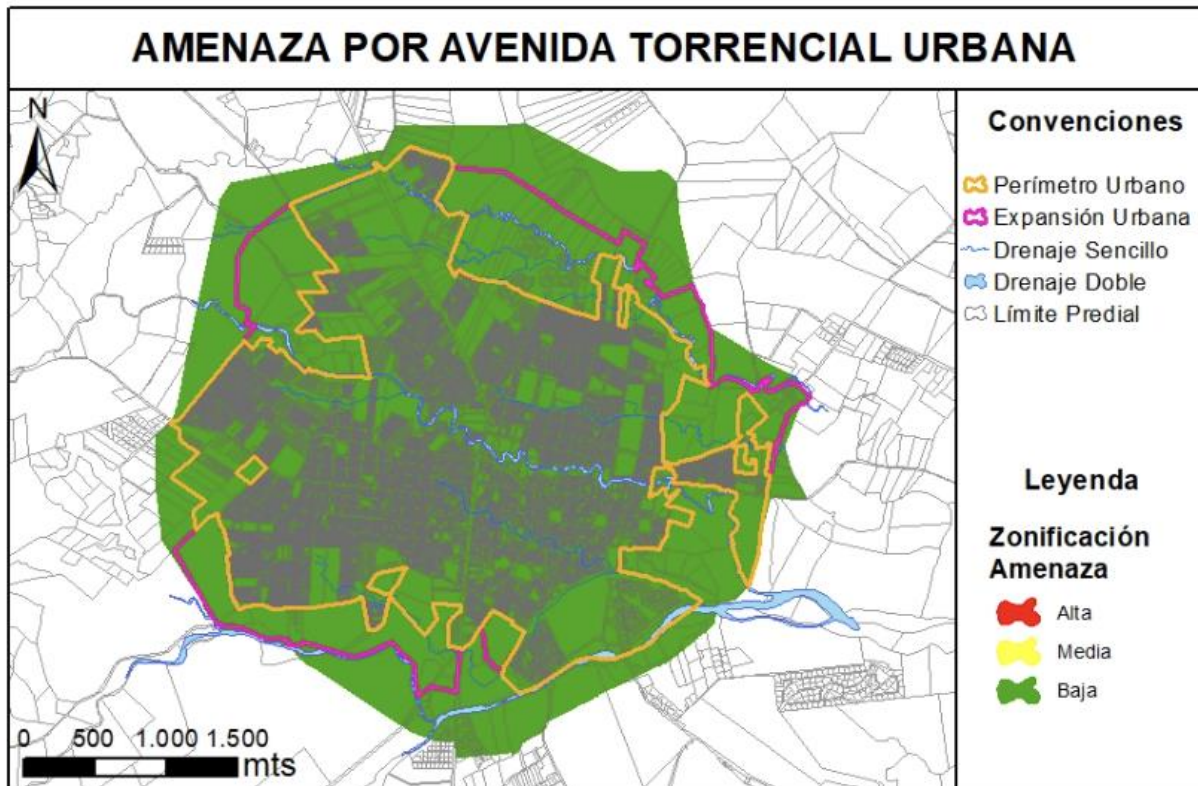


Fuente: FlowR, a model for susceptibility mapping of debris flows and other gravitational hazards at a regional scale. Horton et. Al. (2013).

### 8.5.2.2 Amenaza por Avenidas Torrenciales Urbano

Debido a las pocas zonas de iniciación, en general se presenta una baja probabilidad de ocurrencia de fenómenos de avenidas torrenciales dentro del casco urbano del municipio de acacias. Se presenta una baja probabilidad en zonas de iniciación, en sectores escarpados aledaños a los cauces aluviales, sin embargo, su transporte es corto, y su depositación se da al pie de los escarpes de terraza, con poca probabilidad de afectación a sectores aguas abajo debido a la baja pendiente de los cauces aluviales, que atraviesa el casco urbano del municipio.

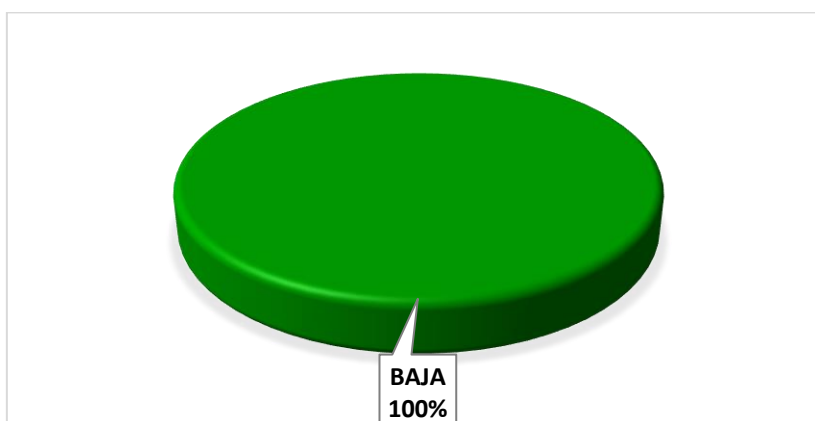
Figura 151 Amenaza por Avenidas Torrenciales del Municipio de Acacias.



Fuente: Elaboración Propia

Debido a que los drenajes del casco urbano del municipio de Acacias son jóvenes y de baja pendiente, con poca capacidad de transporte de sedimentos, sin registro de eventos históricos, sin evidencias de procesos recientes a fenómenos de avenidas torrenciales en las visitas de campo, se zonifica el 100% del territorio en amenaza baja por este tipo de fenómenos, debido a la baja probabilidad de ocurrencia de los mismos dentro del casco urbano.

Figura 152 Porcentaje de cada nivel de amenaza por avenidas torrenciales en el municipio de Acacías.



Fuente: Elaboración propia.

**Niveles de amenaza baja:** El 100% del casco urbano del municipio se encuentra en amenaza baja por fenómenos de avenidas torrenciales, y se localiza hacia la parte de baja pendiente, lejana de los cauces, de morfología ondulada, asociada a geoformas fluviales de terraza.

### 8.5.3 Movimientos en Masa

Se entiende por movimiento en masa el deslizamiento hacia el exterior y en sentido descendiente del material que constituye una ladera. Esta clase de eventos, por lo general, se presentan en zonas con relieves pronunciados, controlados fundamentalmente por la acción de la gravedad (Cruden, 1991).

La estabilidad de las laderas está regida por una serie de factores topográficos, geológicos, ambientales y antrópicos que inciden en la probabilidad de que los materiales que componen la ladera se muevan. El paulatino crecimiento durante los últimos años de la ocupación y el desarrollo de actividades económicas en zonas catalogadas como potencialmente inestables, ha llamado la atención de las autoridades nacionales y departamentales. En virtud de lo anterior, y considerando además los recientes acontecimientos naturales, los cuales han dejado gran cantidad de damnificados y multitudinarias pérdidas económicas, generaron como resultado la adopción de la política nacional de gestión del riesgo de desastres, y el establecimiento del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (Ley 1523 de 2012).

#### 8.5.3.1 Marco Teórico

De acuerdo con el decreto 1807 del 19 de septiembre de 2014 que reglamenta el artículo 189 del Decreto Ley 019 de 2012 en lo relativo a la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial, los estudios básicos de amenaza por movimientos en masa, para la revisión o expedición de planes de ordenamiento territorial (POT), deben seguir las siguientes directrices:

**Artículo 8. Estudios básicos de amenaza por movimientos en masa.** Para determinar las condiciones de amenaza por movimientos en masa en suelos urbanos, de expansión urbana y rural, los estudios básicos tienen las siguientes especificaciones mínimas:

**1. Área de estudio:** Se adelantará este tipo de estudios en todas las zonas de relieve escarpado, montañoso y ondulado, con pendientes iguales o superiores a 5 grados más los taludes marginales de cauces, así como las zonas planas que puedan recibir los efectos de los movimientos en masa. Adicionalmente, se consideran aquellas áreas urbanas y de expansión urbana que teniendo una

pendiente menor a 5 grados hayan presentado problemas de inestabilidad y subsidencia debido a problemas geotécnicos o al desarrollo de actividades antrópicas.

**2. Insumos:** Para suelos urbanos, de expansión urbana y rural, se deben utilizar como mínimo los siguientes insumos que son elaborados o ajustados y evaluados a la escala de trabajo correspondiente:

a. Cartografía base que contenga entre otros: coordenadas, curvas de nivel, drenajes, red vial, infraestructura y equipamientos, asentamientos humanos.

b. Inventario de procesos morfodinámicos. En la elaboración de los estudios para suelos urbanos y de expansión urbana, adicionalmente se elabora: la geología para ingeniería y la geomorfología aplicada a movimientos en masa a nivel de elementos geomorfológicos. En la elaboración de los estudios para suelos rurales, adicionalmente se realiza: la geología, unidades geológicas para ingeniería, la geomorfología aplicada a movimientos en masa a nivel de subunidades geomorfológicas y cobertura y uso del suelo.

#### **8.5.3.2 Resumen**

El área urbana del municipio de Acacías presenta afectaciones menores por movimientos, sin embargo, se hace necesario el análisis de la amenaza por este fenómeno, debido a los escarpes de terraza que dejan los valles de los ríos Acacías, Acaciitas y demás afluentes. En lo referente a la normativa reciente en el 2012, el gobierno nacional expidió la Ley 1523 como la Política Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, y posteriormente, el Decreto 1077 de 2015 (Decreto 1807 de 2014) “Por el cual se reglamenta el artículo 189 del Decreto-Ley 019 de 2012 en lo relativo a la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial y se dictan otras disposiciones”.

#### **8.5.3.3 Alcance**

- Analizar la cartografía geomorfológica considerando las formas del terreno y el catálogo de eventos disponible que permita delimitar las zonas susceptibles de ser afectadas por movimientos en masa en el municipio de Acacías.
- Realizar el análisis de los factores detonantes como sismo y agua.
- Desarrollar la metodología de amenaza por movimientos en masa, propuesta por el Servicio Geológico Colombiano, para el municipio de Acacías, a partir de determinar el factor de seguridad de las laderas del municipio.
- Identificar las necesidades de información para el avance en el conocimiento de los movimientos en masa en el municipio de Acacías.

#### **8.5.3.4 Herramientas o Insumos**

Los insumos empleados son los siguientes:

- Modelo Digital de Terreno – MDT.
- Mapa de Geomorfología a un nivel de elementos 1: 2.000.
- Registro histórico de eventos de movimientos en masa.
- Factores detonantes: Sismo y lluvia.

### 8.5.3.5 Zonificación de la Amenaza por Movimientos en Masa Urbana

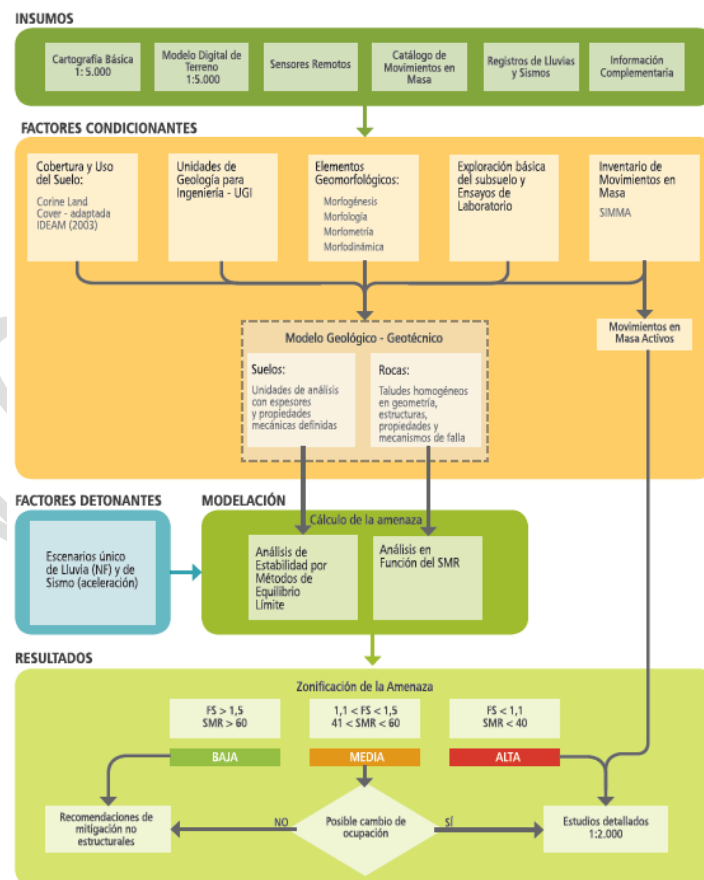
A manera general la zonificación de la amenaza por movimientos en masa consiste en la implementación de métodos semicuantitativos con base en el factor de seguridad, los cuales integran las variables que inciden en el desencadenamiento de los fenómenos de inestabilidad.

Entendiendo la amenaza como la probabilidad de ocurrencia de un evento, en este caso de inestabilidad, se determina la probabilidad de ocurrencia de dicho evento, debido a la variación en el factor de seguridad (Alzate, 2012).

#### 8.5.3.5.1 Metodología Empleada para la Zonificación de la Amenaza por Movimientos en Masa

Para la elaboración de los estudios básicos, el Decreto 1807 de 2014 define el “Área de Estudio”, y los “insumos” en términos de cartografía base y de inventario de procesos morfodinámicos. Tales insumos forman parte de los factores condicionantes de la amenaza. Finalmente, el decreto define el “Alcance” del análisis de amenaza en lo relacionado con la integración de las variables que inciden en la ocurrencia, tanto actual como futura de los procesos de inestabilidad, considerando como agentes detonantes el agua, el sismo y los factores antrópicos, y plantea que como mínimo se debe hacer alguno de los siguientes tipos de análisis: estadísticos, determinísticos o probabilísticos.

Figura 153. Metodología para zonificar la amenaza por movimientos en masa



Fuente: Guía Metodológica SGC, 2016.



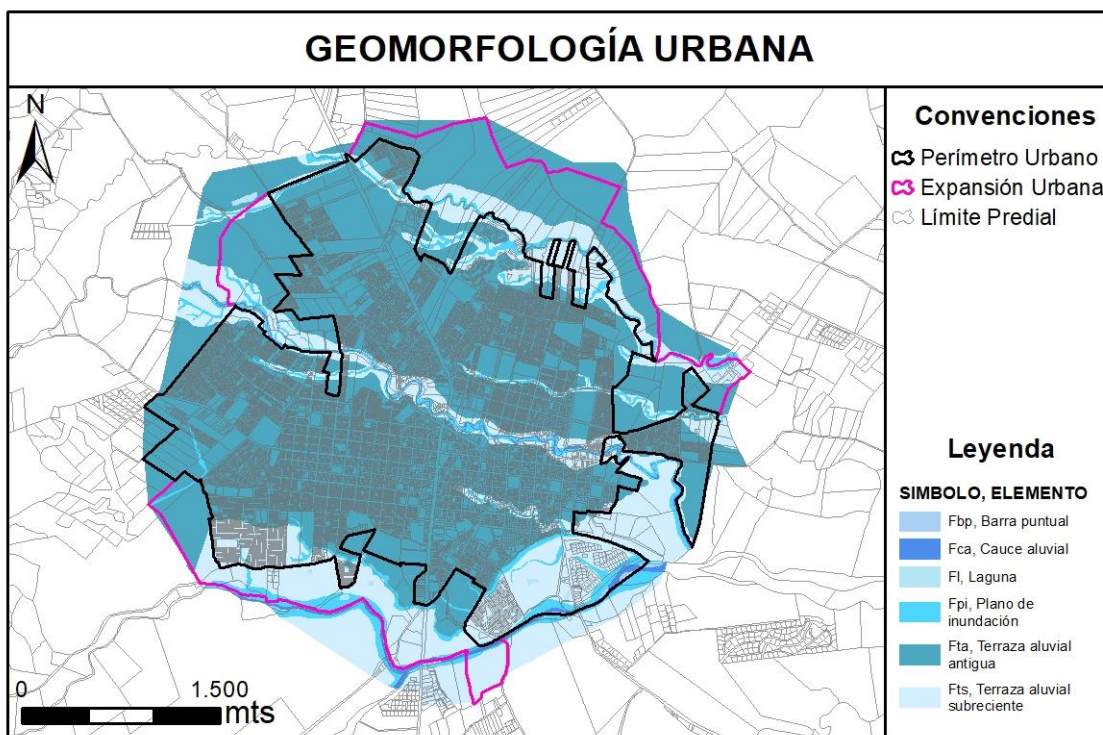
### 8.5.3.5.2 Factores condicionantes

Estos factores comprenden las unidades geológicas para ingeniería, y las subunidades geomorfológicas. Para elaborar la zonificación se contó con la cartografía básica, el modelo digital del terreno y los sensores remotos.

#### 8.5.3.5.2.1 Unidades Geomorfológicas

El proceso de interpretación y zonificación geomorfológica se basó en la metodología del Servicio Geológico Colombiano (SGC-metodología Carvajal-2011), que se encarga de la evaluación de las amenazas naturales, y utiliza la interpretación cartográfica y define unidades y subunidades geomorfológicas caracterizando los procesos morfodinámicos.

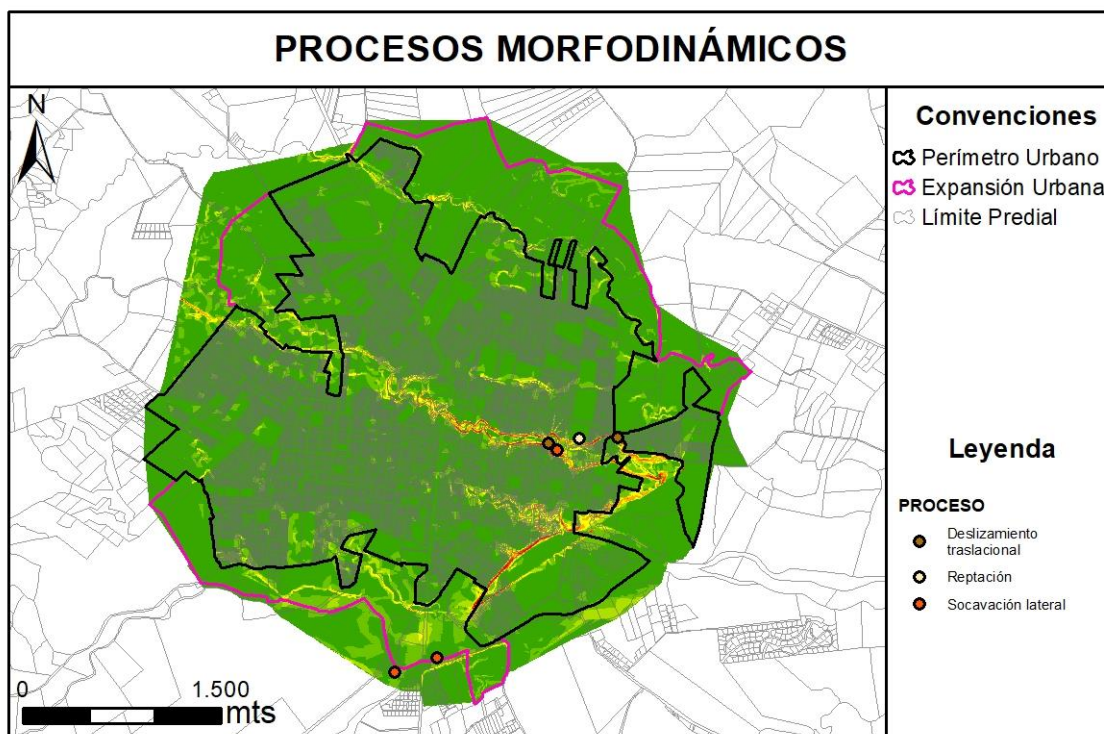
Figura 154 Mapa de geomorfología a nivel de elementos del casco urbano del municipio de Acacías.



Fuente: Elaboración propia.

Dentro de las geoformas que se encuentran asociadas a la inestabilidad están las terrazas aluviales subcientes y antiguas, las cuales presentan considerables escarpes de terraza en donde se originan procesos de erosión y deslizamiento. En los recorridos de campo se recolectó información de los procesos morfodinámicos presentes en el casco urbano del municipio de Acacías, la mayoría de estos asociados a la intervención antrópica para vías y pastoreo, por pérdida de las condiciones naturales de las laderas y las barreras naturales. A continuación se presentan la cartografía de estos procesos en formato punto.

Figura 155 Procesos morfodinámicos del casco urbano del municipio de Acacías.



Fuente: Elaboración propia.

Dentro de los procesos morfodinámicos más comunes en el municipio de Acacías, se encuentran los deslizamientos traslacionales, socavación lateral y reptación. Se determinó que 6 de estos procesos se encuentran localizados en formato de punto. A continuación se presenta el reconocimiento de algunos procesos morfodinámicos asociados a inestabilidad en campo.

#### **Deslizamiento traslacional (Ddtr)**

Estructura en forma de cono o lóbulo, con morfología plana a suavemente ondulada. Su origen es relacionado al movimiento de tierra a lo largo de una superficie de falla más o menos planar. El movimiento es controlado por segmentos de debilidad asociados con planos de estratificación, zonas de alto fracturamiento o el contacto entre un plano rocoso y los detritos suprayacentes.



Figura 156 Azimut 90°. Deslizamiento traslacional (Ddtr). Casco urbano.  
Coordenadas E: 1035942 m, N: 932894 m.



Fuente: Elaboración propia.

#### Reptación (Dr)

Forma de deslizamiento lento, por pérdida de confinamiento de los suelos, en áreas de pendiente moderada a fuerte. Es frecuente la ocurrencia de este tipo de movimiento en masa por sobrepastoreo y pisada del ganado acompañado con procesos de variación de humedad estacionales en el suelo, ya que el agua favorece este fenómeno actuando como lubricante.

Figura 157 Azimut 30°. Reptación (Dr). Casco urbano.  
Coordenadas E: 1035649 m, N: 932883 m.



Fuente: Elaboración propia.



### Socavación lateral (Dsl)

La socavación lateral es un tipo de erosión hídrica, que causa procesos de inestabilidad en las laderas o terrazas adyacentes al cauce, debido que por obstrucción del cauce por los bloques y gravas o sinuosidad del cauce este socava la base de las terrazas generando caídas y deslizamientos de tierra, como se observa en la siguiente figura en la que el cauce del río Acaciitas socava sus márgenes y la terraza adyacente en donde se encuentran asentadas algunas viviendas del sector.

*Figura 158 Azimut 120°. Socavación lateral (Dls). Casco urbano.  
Coordenadas E: 1035477 m, N: 932796 m.*

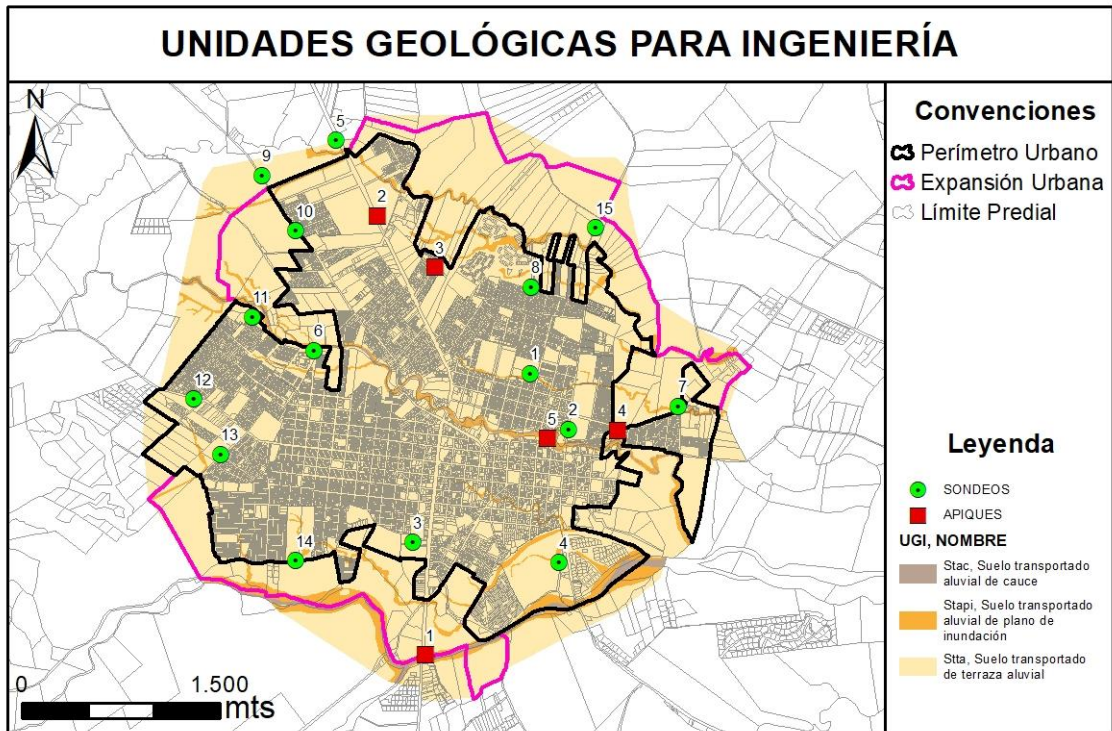


*Fuente: Elaboración propia.*

#### 8.5.3.5.2.2 Unidades Geológicas para Ingeniería

Se realizó una superposición de mapas de geología y geomorfología, para determinar la disposición de los materiales superficiales dentro del municipio de Acacías, en las que se reconocieron suelos transportados de origen aluvial. A continuación se presenta la disposición de estos materiales dentro del municipio y el muestreo realizado.

Figura 159. Unidades Geológicas para Ingeniería (UGS), con exploración de campo.



Fuente: Elaboración propia.

### Exploración del Subsuelo

La campaña de exploración estuvo encamida a caracterizar los materiales en superficie, dentro del municipio de Acacias. Se definieron inicialmente las unidades geológicas y sus expresiones morfológicas, para conocer cualitativamente la dureza de estas, y posteriormente se procedió a realizar 15 Ensayos de penetración estándar (SPT) y 5 apiques, con los cuales se recuperó muestra levemente alterada. A continuación se plasma el registro fotográfico de los sondeos de exploración y los resultados de los mismos.

Tabla 45 Registro fotográfico de los sondeos y apiques.





**SONDEO 3**



**SONDEO 4**



**SONDEO 5**



**SONDEO 6**



**SONDEO 7**



**SONDEO 8**



**SONDEO 9**



**SONDEO 10**



**SONDEO 11**



**SONDEO 12**



**SONDEO 13**



**SONDEO 14**







**SONDEO 15**



**APIQUE 1**



**APIQUE 2**



**APIQUE 3**



**APIQUE 4**



**APIQUE 5**



*Fuente: Elaboración propia.*

#### 8.5.3.5.3 Localización del muestreo

A continuación, se detallan el tipo de UGS a caracterizar en la exploración de campo y las coordenadas de los sondeos dentro del municipio de Acacias.

*Tabla 46 Localización geográfica y tipo de suelo.*

MUESTREO	ESTE	NORTE	TIPO (USC)	DE	SUELO
APIQUE 1	1034497	931200	GP - GRAVA MAL GRADADA CON ARENA		
APIQUE 2	1034117	934527	SC - ARENA ARCILLOSA CON GRAVA		
APIQUE 3	1034554	934141	SC - ARENA ARCILLOSA		
APIQUE 4	1035946	932908	SP-SM - ARENA MAL GRADADA CON LIMO Y GRAVA		

MUESTREO	ESTE	NORTE	TIPO (USC)	DE	SUELO
APIQUE 5	1035415	932846	SP - ARENA MAL GRADADA CON GRAVA		
SONDEO 1	1035279	933336	SC - ARENA ARCILLOSA		
SONDEO 2	1035572	932915	SC - ARENA ARCILLOSA		
SONDEO 3	1034399	932052	SP - ARENA MAL GRADADA CON GRAVA		
SONDEO 4	1035507	931905	SC - ARENA ARCILLOSA		
SONDEO 5	1033805	935098	SC - ARENA ARCILLOSA		
SONDEO 6	1033640	933506	SC - ARENA ARCILLOSA		
SONDEO 7	1036409	933091	SC - ARENA ARCILLOSA		
SONDEO 8	1035289	933992	SC - ARENA ARCILLOSA		
SONDEO 9	1033239	934832	GP - GRAVA MAL GRADADA CON ARENA		
SONDEO 10	1033501	934414	SP-SC - ARENA MAL GRADADA CON ARCILLA Y GRAVA		
SONDEO 11	1033170	933757	SC - ARENA ARCILLOSA		
SONDEO 12	1032733	933134	SW-SM - ARENA BIEN GRADADA CON LIMO Y GRAVA		
SONDEO 13	1032935	932714	SM - ARENA LIMOSA		
SONDEO 14	1033508	931912	SM - ARENA LIMOSA		
SONDEO 15	1035771	934442	CL - ARCILLA MAL GRADADA CON ARENA0%		

Fuente: Elaboración propia.

Se muestra la localización de los puntos de muestreo para caracterizar cada una de las Unidades Geológicas para Ingeniería dentro del municipio de Acacías. Las Unidades Geológicas para Ingeniería fueron corroboradas en campo, y se tomaron muestras, con el fin de llevarla al laboratorio para conocer las propiedades físico-mecánicas de estas. Las propiedades de las Unidades Geológicas para Ingeniería del municipio de Acacías son:

Tabla 47 físico mecánicas de las UGS.

SÍMBOLO	NOMBRE UGS	PESO UNITARIO (kN/m3)	COHESIÓN (Kn/m2)	FRICCIÓN (°)
Stac	Suelo transportado aluvial de cauce	18.50	0	37
Stapí	Suelo transporta aluvial de plano de inundación	16.10	5.38	31
Stta	Suelo transportado de terraza aluvial	15.54	12.11	29

Fuente: Elaboración propia.

#### 8.5.3.5.4 Factores detonantes

El Decreto 1807 de 2014 define como factores detonantes la lluvia y los sismos, este ultimo de gran relevancia en el municipio de Acacías debido a las fuertes lluvias que podrían ocasionar deslizamientos sobre las laderas del municipio. A continuación, se detallan los factores detonantes determinados para el análisis de la estabilidad de las laderas del municipio.

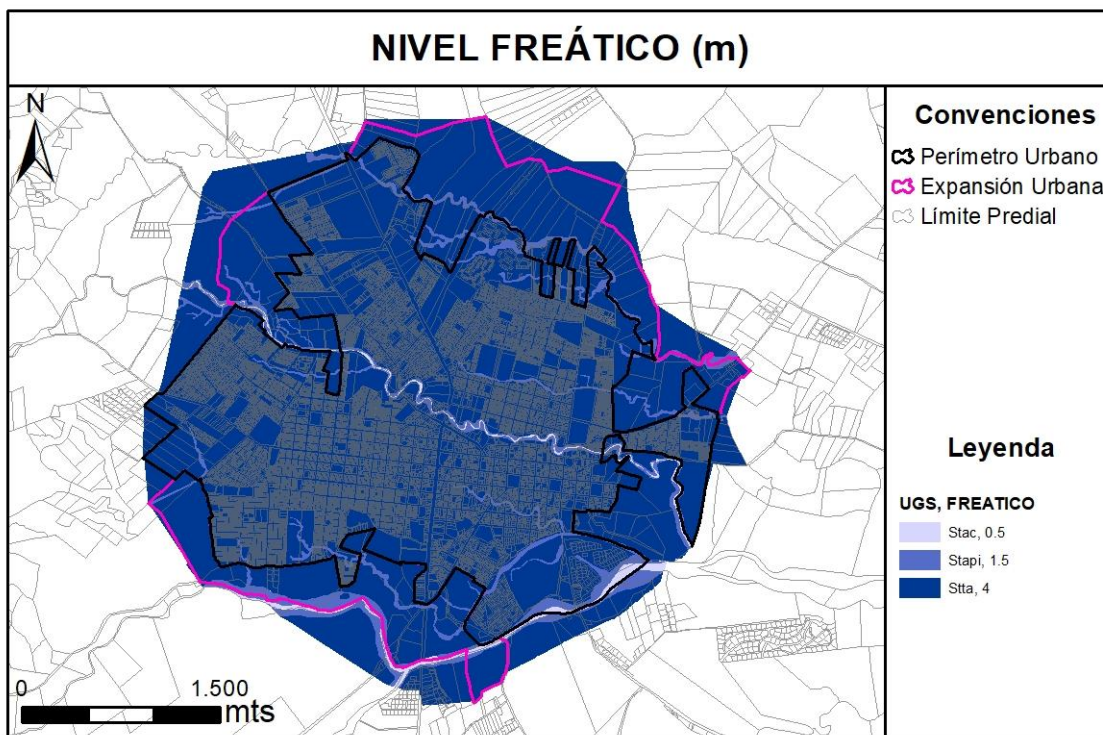


#### 8.5.3.5.4.1 Lluvia

Una vez definidas las unidades geotécnicas para los análisis básicos, será necesario contar con cierta información de campo para evaluar la inestabilidad resultante de la acción hídrica relacionada con la fluctuación del nivel freático. A partir del muestreo de campo, realizado de acuerdo con lo estipulado en la exploración básica del subsuelo, se determinó que el nivel freático varía de 1 a 2 metros de profundidad.

Debido a que en los deslizamientos la posición del nivel freático es generalmente un condicionante de la inestabilidad, resulta clave calcular la profundidad de la lámina de agua, o determinarla en la fase de exploración, debido a que los suelos superficiales saturados son las principales fuentes de material para los deslizamientos.

Figura 160 Nivel freático municipio de Acacías.



Fuente: Elaboración propia.

#### 8.5.3.5.4.2 Sismo

La aplicación de una fuerza sísmica horizontal sobre los materiales potencialmente inestables de una ladera puede potenciar la ocurrencia de deslizamientos al aumentar el esfuerzo cortante, disminuir la resistencia por aumento de la presión de poros y por las deformaciones asociadas por la onda sísmica, llegando a la falla por esfuerzo cortante (Alzate, 2012).

La determinación de la aceleración sísmica estuvo basada en datos generados por la norma Sismo Resistente NSR-10 y demás lineamientos que esta norma contempla. La expresión empleada para su determinación es la que sigue:

$$S_a = ST \times A_a \times F_a \times I$$

Dónde:

**ST:** Coeficiente de amplificación sísmica.

**Aa:** Coeficiente de aceleración horizontal pico efectiva.

**Fa:** Coeficiente de amplificación.

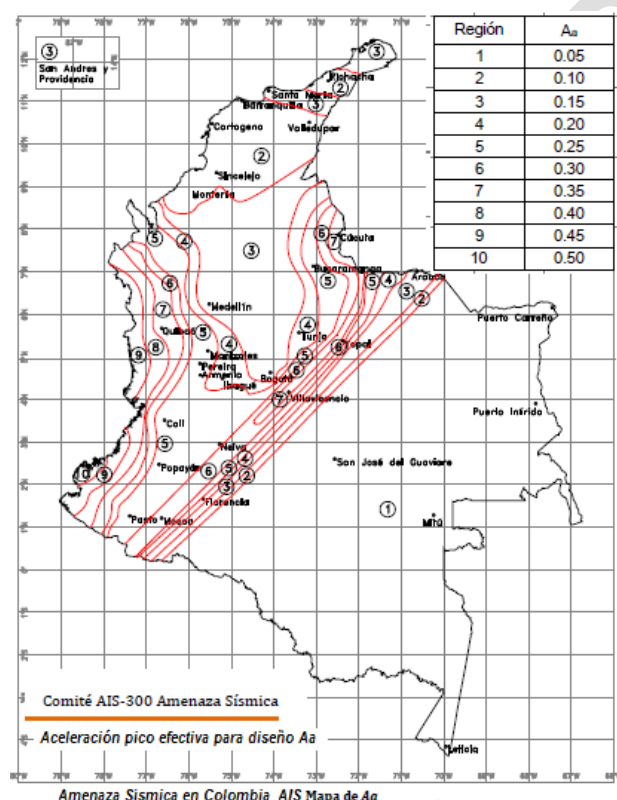
**I:** Coeficiente de importancia.

A continuación, se detalla el procedimiento empleado para la obtención de los parámetros anteriormente referenciados.

### Coeficiente de Aceleración Horizontal Pico Efectiva (Aa)

Se determinó que el número de la región es 6, en donde se encuentra localizado el municipio de Acacías, tanto para Colombia.

Figura 161. Aceleración Sísmica Horizontal 0.3



Fuente: POTD, Meta 2018



### Definición del Tipo de Perfil de Suelo

El tipo de perfil de suelo se definió teniendo en cuenta la clasificación presentada en la tabla A.2.4-1 de la NSR-10.

Tabla 48 Clasificación de los perfiles de suelo.

TIPO DE PERFIL	DESCRIPCIÓN										DEFINICIÓN
A	Perfil de roca competente										Vs mayor o igual a 1500 m/s
B	Perfil de roca con rigidez media										Vs entre 1500 y 760 m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante										Vs entre 760 y 360 m/s
	Perfiles de suelo muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios										N mayor a 50 o Su mayor o igual a 100 kPa
D	Perfiles de suelo rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda cortante										Vs entre 360 y 180 m/s
	Perfiles de condiciones	suelo	que	cumplan	con	cualquiera	de	las	dos		N entre 50 y 15 o Su entre 100 kPa y 50 kPa
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante										Vs menor de 180 m/s
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas										IP mayor a 20 W mayor a 40% Su menor de 50 kPa

Fuente: Adoptado y modificado de NSR-10. Tabla A.2.4-1.

Con base en lo anterior, para las Unidades Geológicas para Ingeniería (UGI) cartografiadas se definieron los siguientes tipos de perfil, según sus propiedades.

Tabla 49. Definición del tipo de perfil por Unidad Geológica Superficial.

SÍMBOLO	NOMBRE	TIPO DE PERFIL
Stac	Suelo transportado aluvial de cauce	D
Stapi	Suelo transporta aluvial de plano de inundación	D
Stta	Suelo transportado de terraza aluvial	D

Fuente: Elaboración propia.

### Coeficiente de Amplificación (Fa)

Los valores de Fa están consignados en la siguiente tabla, coeficiente que se encuentra en función de Aa y del tipo de perfil previamente definido. Para valores intermedios de Aa se permite interpolar entre los valores del mismo tipo de perfil.

Tabla 50 Valores propuestos coeficiente  $F_a$ .

TIPO DE PERFIL	INTENSIDAD DE MOVIMIENTOS SÍSMICOS				
	AA<0,1	AA=0,2	AA=0,3	AA=0,4	AA>0,5
A	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
C	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
D	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
E	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9

Fuente: Adoptado y modificado de NSR-10. Tabla A.2.4-3.

### Coeficiente de Importancia (I)

Este coeficiente está en función del grupo de uso. La contienen los cuatro (4) grupos definidos por la normativa NSR-10.

Tabla 51. Clasificación grupo de uso.

GRUPO	TIPO DE ESTRUCTURA
I	Estructuras de ocupación normal
II	Estructuras de ocupación especial
III	Estructuras de atención a la comunidad
IV	Edificaciones indispensables

Fuente: Adoptado y modificado de NSR-10. Tabla A.2.4-3.

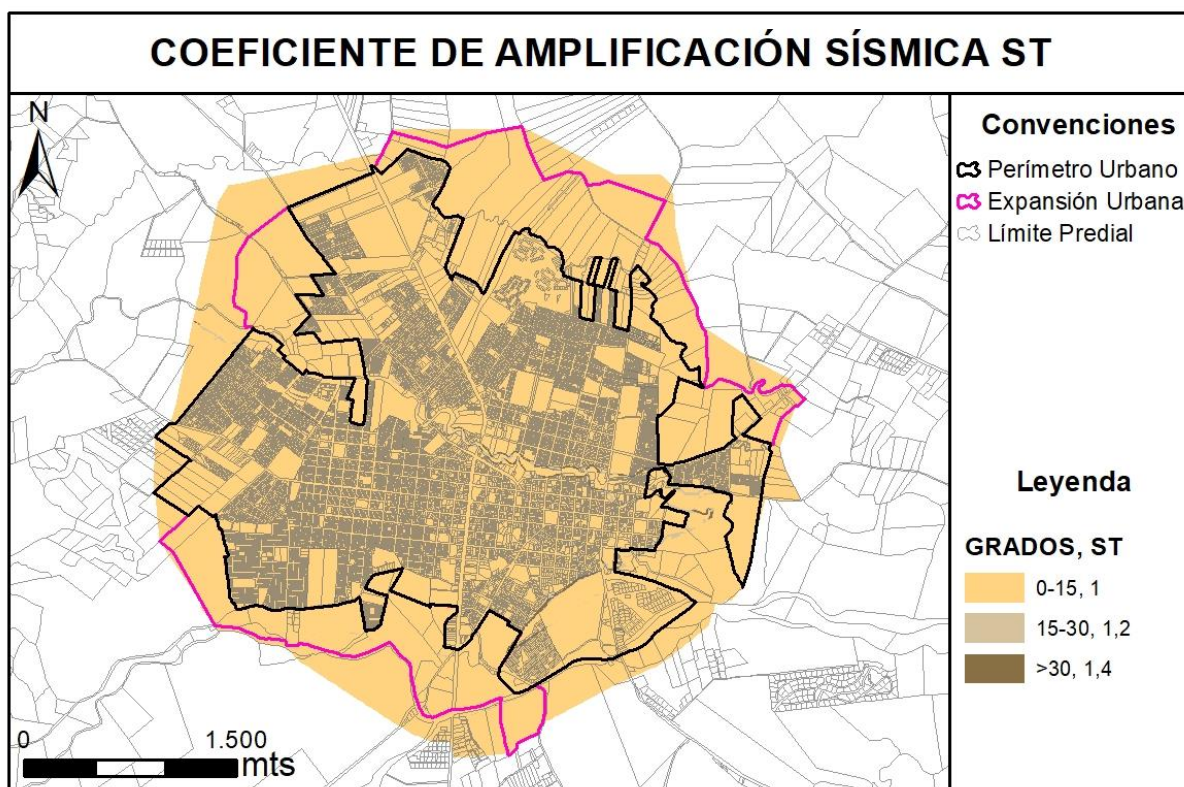
Para el municipio de Acacías, se definió el primer grupo de uso, al cual la norma sísmo resistente le asigna un coeficiente de importancia de 1.00.

### Coeficiente Amplificación Sísmica (ST)

El factor de amplificación sísmica se definió de acuerdo a lo establecido por el Euro Código, el cual asigna un valor de amplificación, considerando la topografía (pendiente) que presenta la zona en estudio. A grandes rasgos, establece para pendientes entre los 15 y 30°, un factor de amplificación igual a 1.2. En caso de que la pendiente del talud o ladera supere los 30°, el valor de amplificación será de 1.4.

Partiendo del mapa de pendientes generado, le fue asignado a cada unidad de trabajo (pixel), el valor de amplificación sísmica (ST) correspondiente.

Figura 162. Coeficiente Amplificación Sísmica (ST)

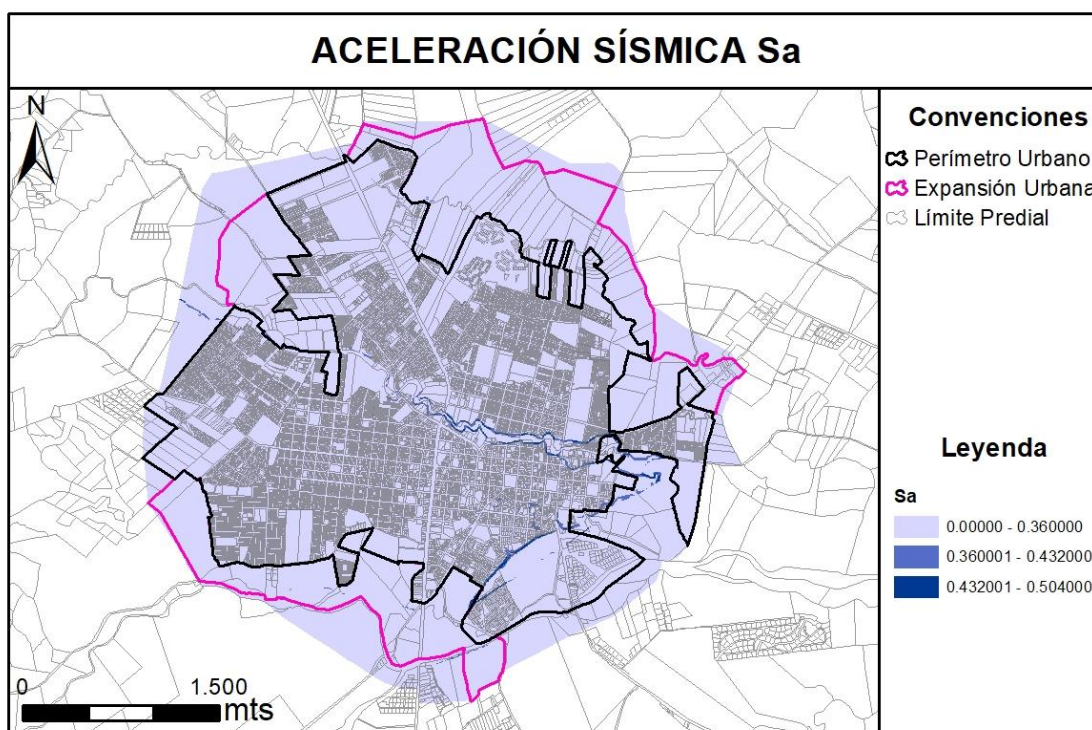


Fuente: Elaboración propia.

#### Aceleración Sísmica ( $S_a$ )

A continuación, se calcula la aceleración sísmica, insumo para la evaluación y zonificación de la amenaza por lo movimientos en masa para del municipio de Acacias, resultado de la aplicación del procedimiento anteriormente descrito.

Figura 163. Aceleración Sísmica (Sa)



Fuente: Elaboración propia.

#### 8.5.3.5.5 Generación del Mapa de Amenaza por Movimientos en Masa

Para el análisis de amenaza la metodología empleada se basa en la determinación del factor de seguridad, la cual se realiza mediante la aplicación del método de talud infinito, método que según la recopilación bibliográfica genera un adecuado acercamiento a la realidad, y que adicionalmente “tiene aplicación en zonificaciones a escalas intermedias y grandes extensiones de territorio, ya que se ajusta bien a requerimientos básicos del modelo, en donde las laderas son largas en relación con el espesor a la cual se esperaría encontrar la superficie potencial de falla, como tratándose de laderas estructurales sujetas a mecanismos similares; además resulta razonablemente aceptable para mecanismo como la falla planar por discontinuidades, falla en cuña cuya intersección es semi-paralela a la pendiente e incluso procesos de desprendimientos (caídas) por discontinuidades en laderas de contrapendiente. Otros procesos como creep estacional e incluso grandes superficies de falla compuestas que combinan traslación y rotación, pueden ser considerados mediante el análisis de talud infinito” (Torres Suárez, 2014). Se asume la interfaz depósito de ladera - roca como plano de falla. Los mecanismos de falla tipo rotacional serán evaluados para los sitios seleccionados a partir del análisis geomorfológico con métodos de equilibrio límite.

De acuerdo con la guía metodológica del Servicio Geológico Colombiano la fórmula para obtener el factor de seguridad es la siguiente:

$$FS = \frac{(c' b \sec \alpha + (y b h \cos \alpha - k y b h \sin \alpha - \gamma_w h_w \cos^2 \alpha) \tan \phi')}{y b h \sin \alpha + k y b h \cos \alpha}$$



Dónde:

$c'$  = intercepto de cohesión

$\phi'$  = ángulo de fricción

$\gamma$  = peso unitario de la capa de suelo

$\alpha$  = inclinación del terreno (superficie de falla)

$k$  = coeficiente de aceleración horizontal

$h$  = espesor de la capa de suelo

$h_w$  = altura de la lámina de agua

$\gamma_w$  = peso unitario del agua

A continuación se ilustran cada una de las variables descritas anteriormente en las Unidades Geológicas para Ingeniería, las cuales se cruzaron en el SIG, para de esa manera obtener una capa temática con todas las variables, con las que posteriormente se calculó el factor de seguridad:

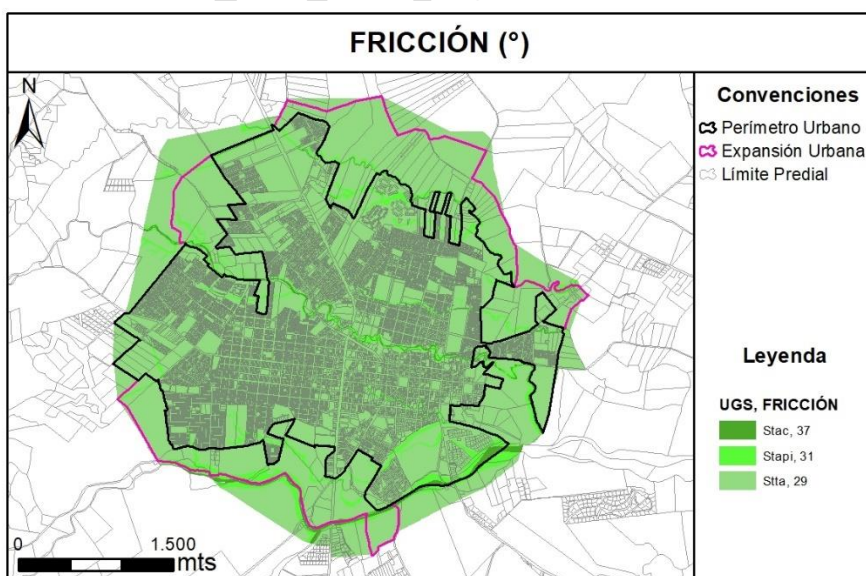
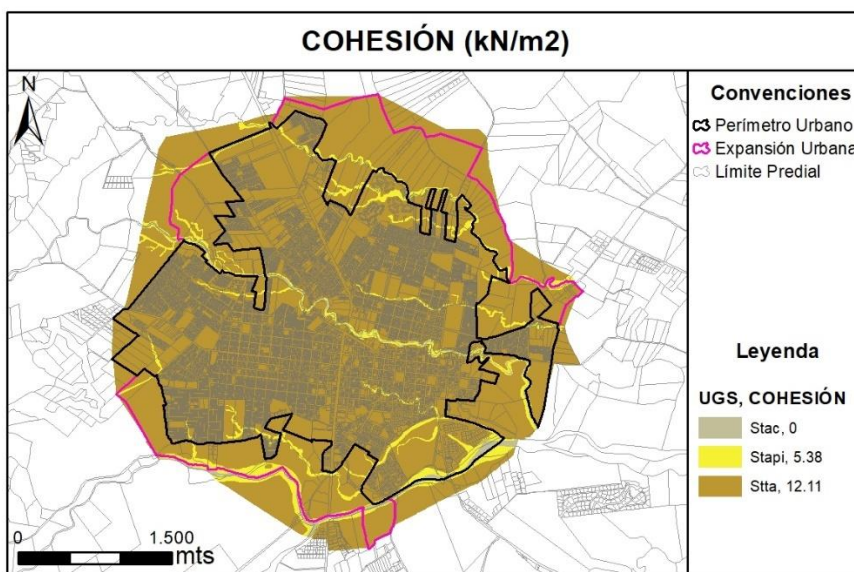
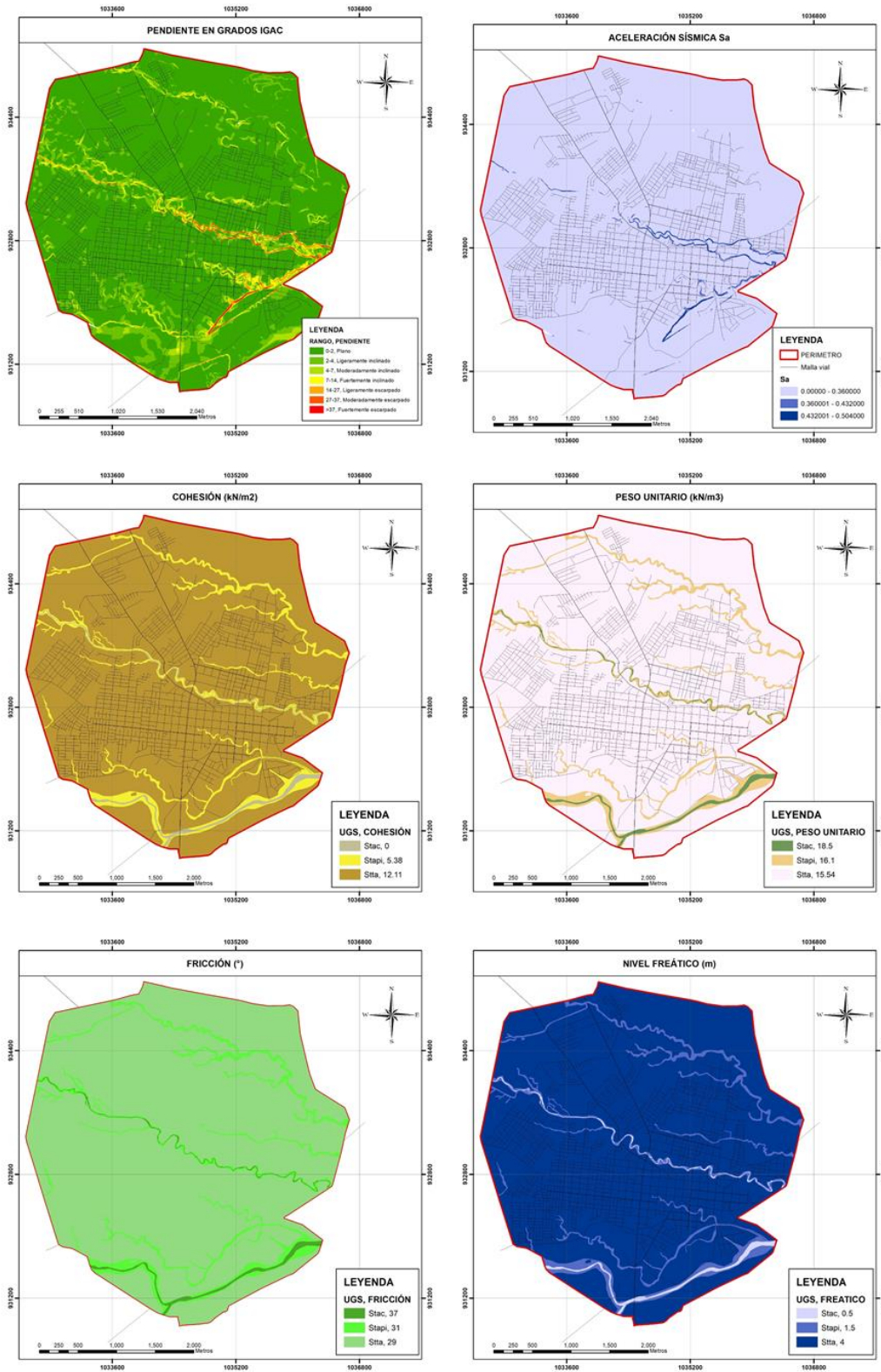




Figura 164 Variables temáticas para calcular el factor de seguridad.



Fuente: Elaboración propia.

De lo anterior se puede concluir que entre menor sea el factor de seguridad mayor será la amenaza a los fenómenos de inestabilidad de las zonas analizadas.

Figura 165 Rangos de Amenaza según los resultados del factor de seguridad.

RANGO FACTOR DE SEGURIDAD	CATEGORÍA
>1.5	Baja
1.1 – 1.5	Media
<1.1	Alta

Fuente: Guía Metodológica SGC, 2016.

A continuación, se ilustra la zonificación de la amenaza por fenómenos de movimientos en masa del casco urbano del municipio de Acacias:

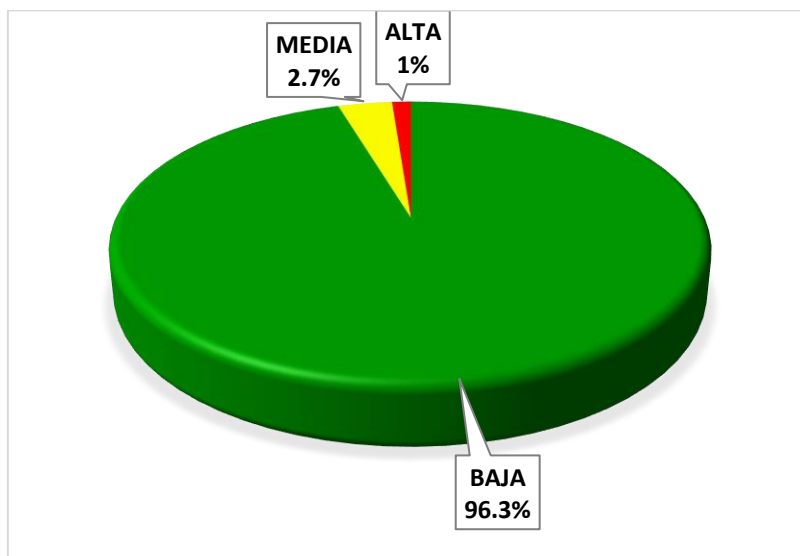
Figura 166 Amenaza por Movimientos en Masa.



Fuente: Elaboración propia.

El casco urbano del municipio de Acacias presenta un 1% del territorio en amenaza por movimientos en masa alta, con factores de seguridad inferiores a 1.1 y corresponde principalmente a escarpes de terraza de fuertes pendientes, muchas de las cuales presentan procesos morfodinámicos activos asociados a fenómenos de erosión y movimientos en masa. El 2.7% del municipio presenta amenaza media a movimientos en masa y corresponde a zonas cercanas a las terrazas con procesos morfodinámicos intermitentes, y el 96.3% del casco urbano presenta amenaza baja debido a que su factor de seguridad supera 1.5, con zonas de pendiente suave.

Figura 167 Porcentaje de amenaza por movimientos en masa



Fuente: Elaboración propia.

**Niveles de amenaza baja:** El 96.3% del casco urbano del municipio se encuentra en amenaza baja por fenómenos de movimientos en masa, y se localiza hacia la parte de baja pendiente, lejana de los cauces, de morfología ondulada, asociada a geoformas fluviales de terraza.

**Niveles de amenaza media:** Se encuentra distribuida en un 2.7% del área de estudio. La mayor parte de este nivel se localiza en cercanías de los ríos, y se presenta en geoformas aluviales como los planos de inundación y las terrazas aluviales de pendiente moderada a fuerte.

**Niveles de amenaza alta:** Pertenece al 1% del área de estudio. Corresponde a áreas donde predominan fuertes pendientes, en los escarpes aledaños a los cauces aluviales.

#### **8.5.3.6 Identificación de Necesidades de Información**

Entendiéndose las necesidades de información como aquellos insumos, datos, procedimientos y/o propuestas direccionadas a obtener en futuros estudios o investigaciones, un avance en el conocimiento de la tipología de evento. Es así como durante la aplicación de las metodologías propuestas para el municipio de Acacías, se han identificado las siguientes necesidades de información:

- Imágenes satelitales de alta resolución en diferentes periodos de tiempo para identificar con mayor precisión las geoformas asociadas a eventos amenazantes zonas planas.
- Un modelo digital del terreno de mayor resolución, y si es posible generados a partir de tecnología LIDAR, los cuales son útiles para establecer con mayor precisión la topografía de la superficie.
- Actualizar la red hidrográfica y realizar levantamientos batimétricos y topográficos que permitan la medición de caudales y velocidades de cauce, profundidad y características de fondo e identificación de zonas inundables para el modelamiento hidráulico de las zonas establecidas con amenaza media y alta por inundación.
- Tener un sistema de registro completo de los eventos amenazantes (inundaciones, avenidas torrenciales y movimientos en masa), que puedan dar información técnica de las causas de los eventos, como localización, origen del evento (antrópico como rompimiento de represas, diques o natural como aumento de las precipitaciones), procesos desencadenantes, zonas afectadas, duración. Este tipo de trabajos se deben desarrollar por las autoridades municipales y departamentales encargadas de atender este tipo de eventos.
- Implementar un mayor número de estaciones de tipo hidrológica y meteorológica en toda la extensión superficial del municipio, específicamente en la parte de alto relieve y a lo largo de los drenajes superficiales. Esto con la finalidad de caracterizar mejor el municipio en futuros estudios en materia, y estimar con mayor grado de precisión variables de interés para el fenómeno de torrencialidad como lo son los caudales y concentración de sedimentos. Es necesario que las estaciones sean limnigráficas y de registro subdiario, es decir, que registren información cada hora.
- Es necesario adelantar estudios de sistema de alertas tempranas dentro del municipio para inundaciones, avenidas torrenciales y movimientos en masa.
- Se requiere una evaluación detallada, a nivel de cuenca, del fenómeno. Adicionalmente, es necesario que el estudio detallado cuente con evaluación de vulnerabilidad y riesgo detallado, al igual que medidas estructurales de mitigación.
- Se requiere evaluación detallada de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa, sobre la zonificación de amenaza media y alta cercana a los escarpes de terraza del río Acacías, Acaciitas y demás afluentes.

##### **8.5.3.6.1 Medidas de Intervención Correctivas**

Medidas de intervención prescriptiva o de mitigación dirigidas a reducir o disminuir los daños y pérdidas que se puedan presentar a través de reglamentos de seguridad y proyectos de inversión pública o privada cuyo objetivo es reducir las condiciones de amenaza, cuando sea posible, y la vulnerabilidad existente.

Estructurales

- Se deben proyectar obras de control de sedimentos en las áreas potenciales de tránsito, esto con el fin de disminuir la probabilidad de generación de eventos torrenciales.
- Se deben realizar obras de estabilidad de laderas en los sectores construidos zonificados en amenaza media o alta por movimientos en masa.

#### No Estructurales

- Se generará un proyecto de reforestación en la ronda hídrica de los cauces, con el fin de generar una barrera de contención natural frente a la posible ocurrencia de un fenómeno de avenida.

#### **8.5.3.6.2 Medidas de Intervención Prospectivas**

Medidas y acciones de intervención restrictiva o prospectiva dispuestas con anticipación con el fin de evitar que se genere riesgo. Puede enfocarse a evitar o neutralizar la amenaza o la exposición y la vulnerabilidad ante la misma en forma definitiva para impedir que se genere nuevo riesgo. Los instrumentos esenciales de la prevención son aquellos previstos en la planificación, la inversión pública y el ordenamiento ambiental territorial, que tienen como objetivo reglamentar el uso y la ocupación del suelo de forma segura y sostenible.

#### Estructurales

- Implementar dragados de material de arrastre, ya sea de uso privado o municipal en sitios estratégicos aguas arriba de los cauces principales y de las quebradas tributarias con el fin de retirar material torrencial en los cauces y minimizar los daños en caso de presentarse una avenida torrencial cerca a los sectores urbanos.
- Implementar zonas de aislamiento junto a las áreas de amenaza mediante la construcción de parques lineales, esto con el fin de evitar las construcciones de estructuras de vivienda y/o comercio.
- Las zonas de aislamiento se destinarán exclusivamente como áreas para la protección contra erosión, deslizamiento u otras amenazas. solamente podrán destinarse a bosques, adecuaciones ambientales para protección urbana, así como la ejecución de eventuales obras de servicio público como pueden ser los sistemas interceptores de alcantarillado, las obras de control de erosión y mantenimiento de cada una de las estructuras, estabilización de taludes, parques lineales y otras obras de uso público.

#### No Estructurales

- Se implementarán espacios de capacitación a la comunidad por parte de los funcionarios de Gestión del Riesgo de Desastres, en escuelas, colegios y en las juntas de acción comunal con el fin de concientizar a la población de la importancia que tiene la protección de la ronda hídrica y el bosque ripario y de galería, como barrera protectora frente a los fenómenos naturales, y que puedan conocer a que amenazas se encuentran expuestos y como poder responder frente a un desastre.
- Se instalarán señalizaciones, en las zonificaciones acá presentadas, de advertencia/peligro de los fenómenos posterior a estudios de detalle. Lo anterior, con la finalidad de mantener la alerta en la comunidad y generar sentido de prevención en la misma

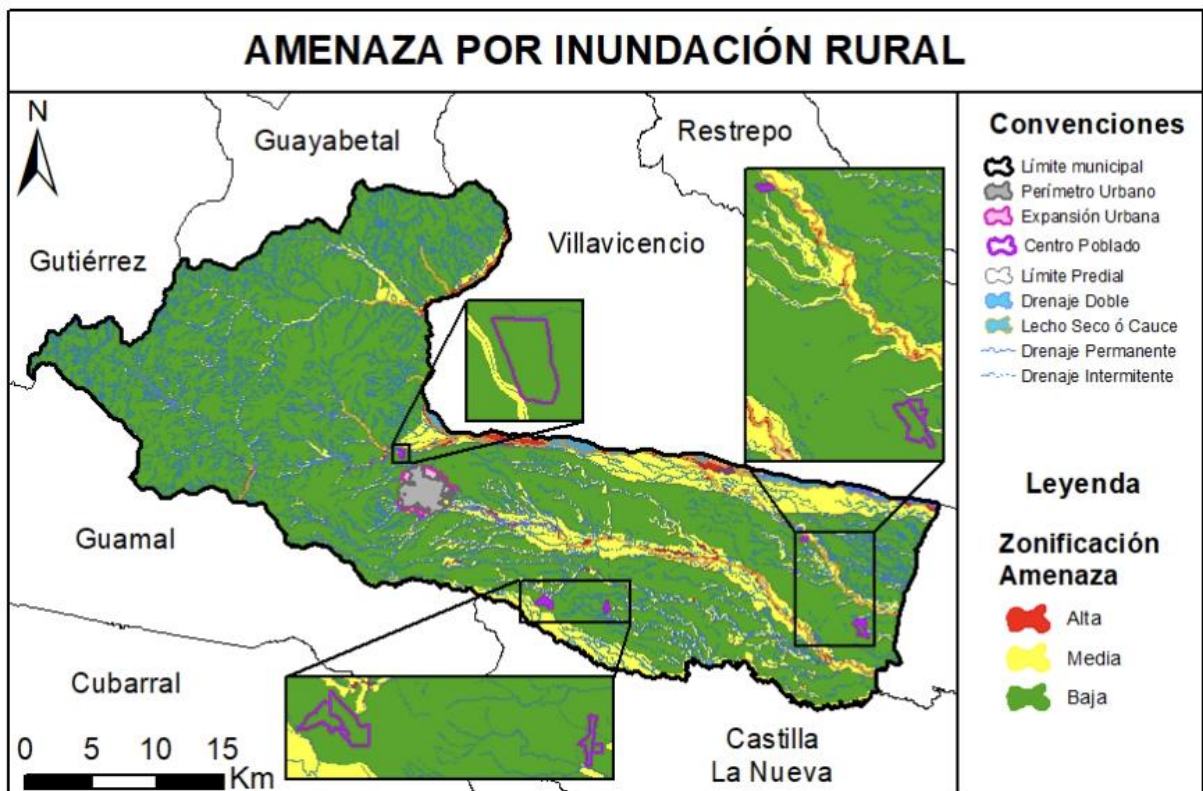


## 9. AMENAZAS EN LOS CENTROS POBLADOS URBANOS

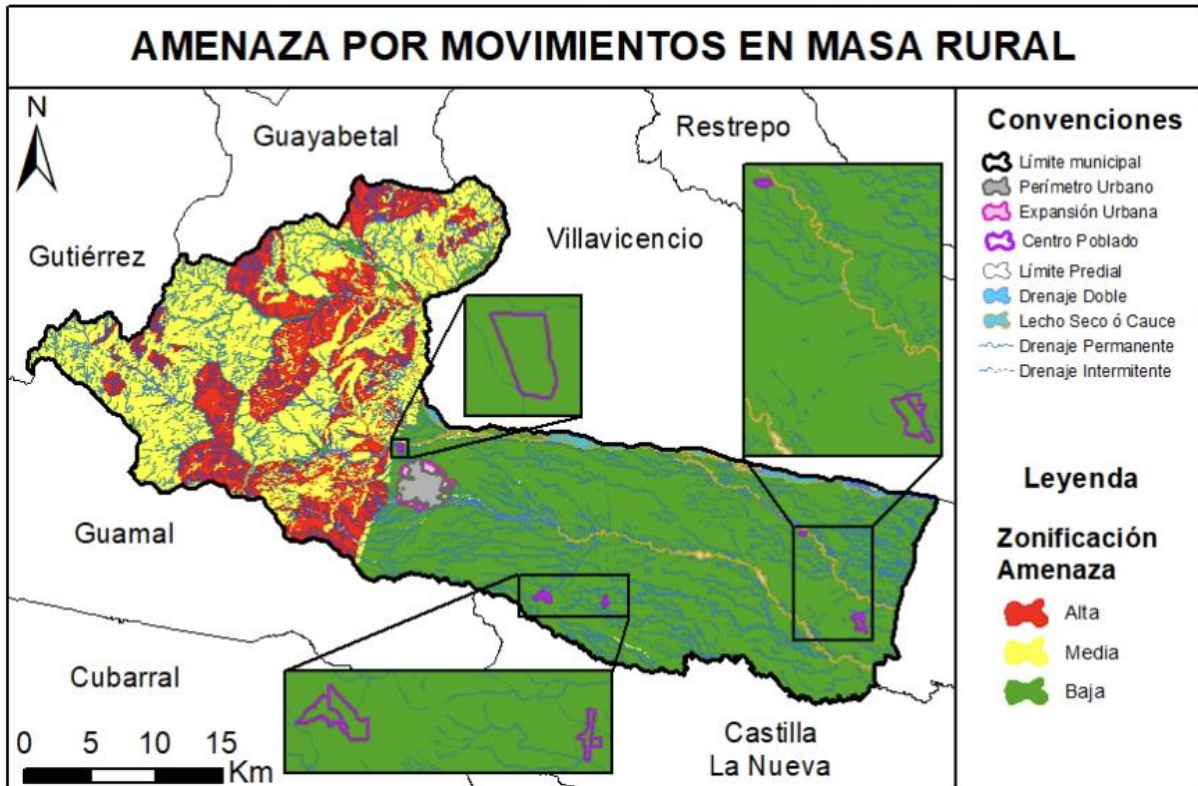
Según lo establecido por el parágrafo 2° del artículo 5 del Decreto 1807 de 2014 que fue compilado por el Decreto 1077 de 2015 Aquellos municipios o distritos con centros poblados rurales que por su alto grado de exposición a la ocurrencia de fenómenos naturales han sido afectados o tienen la posibilidad de ser afectados, deben adelantar los estudios básicos como mínimo a escala 1:5.000.

Para determinar la amenaza de los centros poblados fue realizado el cruce de los perímetros de los centros poblados con los mapas de amenaza rural observando que todos se encuentran en amenaza baja por inundación, movimientos en masa y avenida torrencial, sin embargo, se aclara que el municipio de Acacías realizó un estudio de amenaza para los centros poblados El Diamante y Santa Rosa cuyos resultados se presentan en este capítulo.

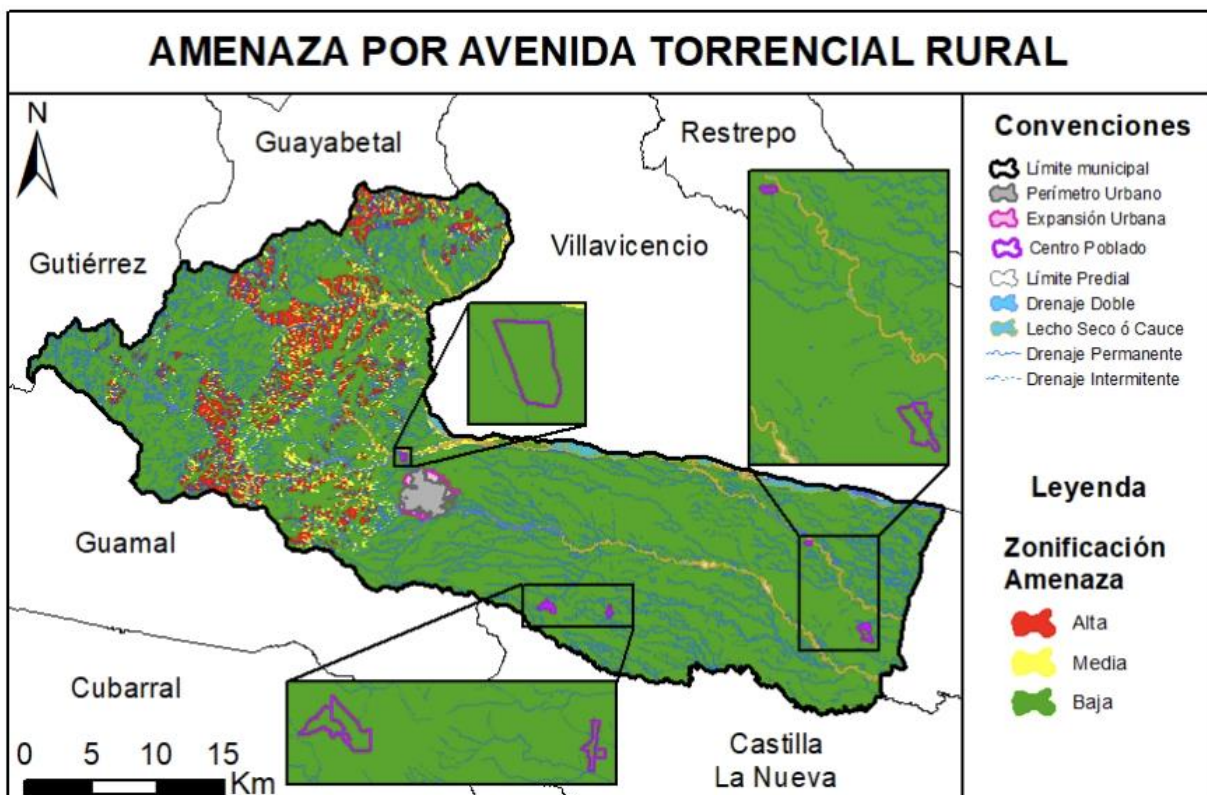
En las siguientes figuras se presentan los cruces realizados de las amenazas por inundación, movimientos en masa y avenidas torrenciales rurales con los centros poblados:



De la figura anterior se observa que todos los centros poblados, excepto santa rosa no se encuentran afectados por amenaza por inundación.



De la figura anterior se observa que todos los centros poblados se encuentran en amenaza baja por movimientos en masa.



De la figura anterior se observa que todos los centros poblados se encuentran en amenaza baja por movimientos en masa.

Teniendo en cuenta lo anterior serán presentados a continuación las amenazas para los centros poblados:

### Centro Poblado San Isidro de Chichimene

Como puede observarse este centro poblado presenta amenaza baja por Inundación, movimientos en masa y avenidas torrenciales, dicha condición se obtiene de la validación de los

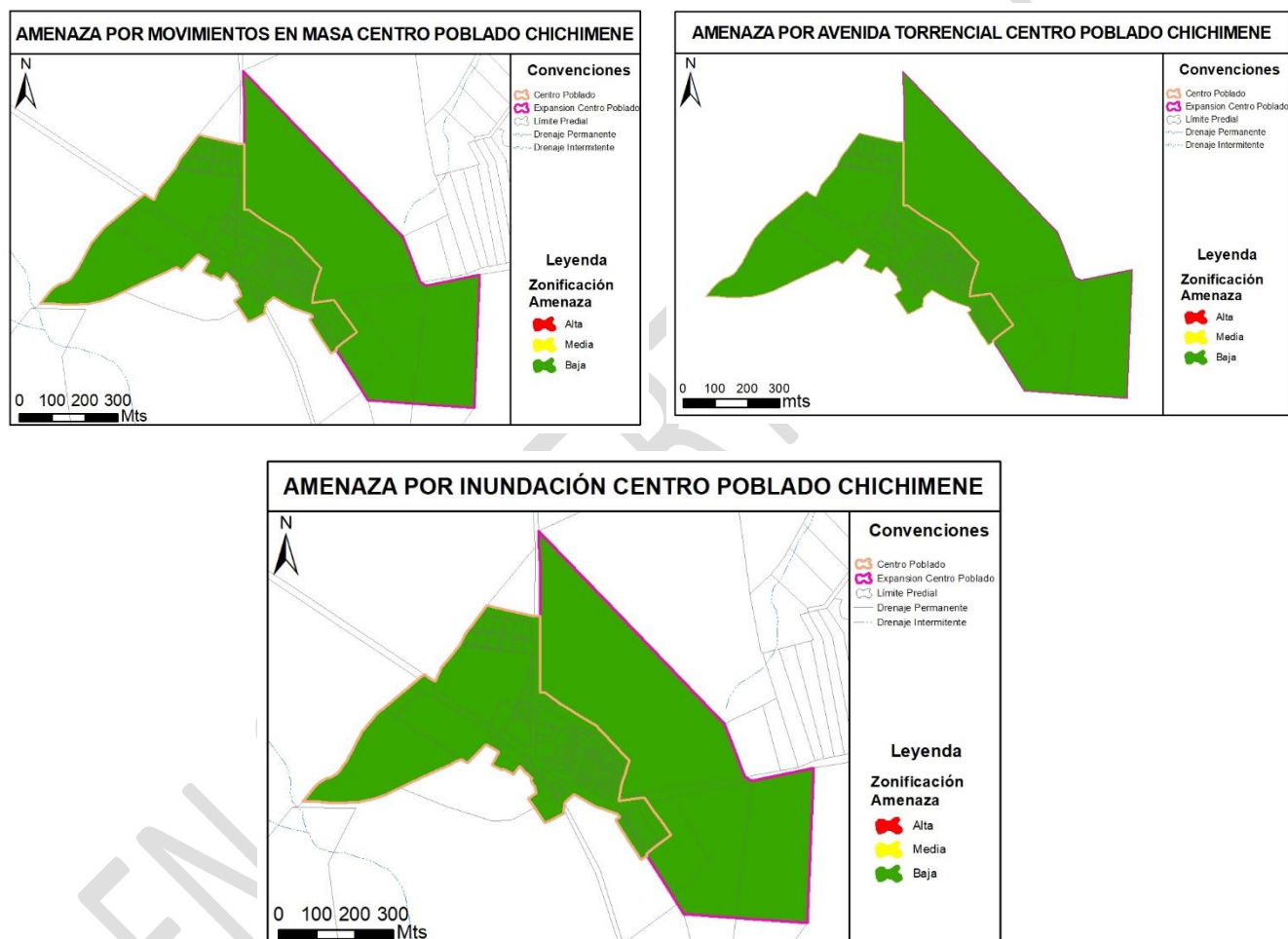


Figura 168. Mapas de Amenaza Centro Poblado San Isidro de Chichimene



### Centro Poblado Quebraditas

Como puede observarse este centro poblado presenta amenaza baja por movimientos en masa, inundación y avenidas torrenciales.

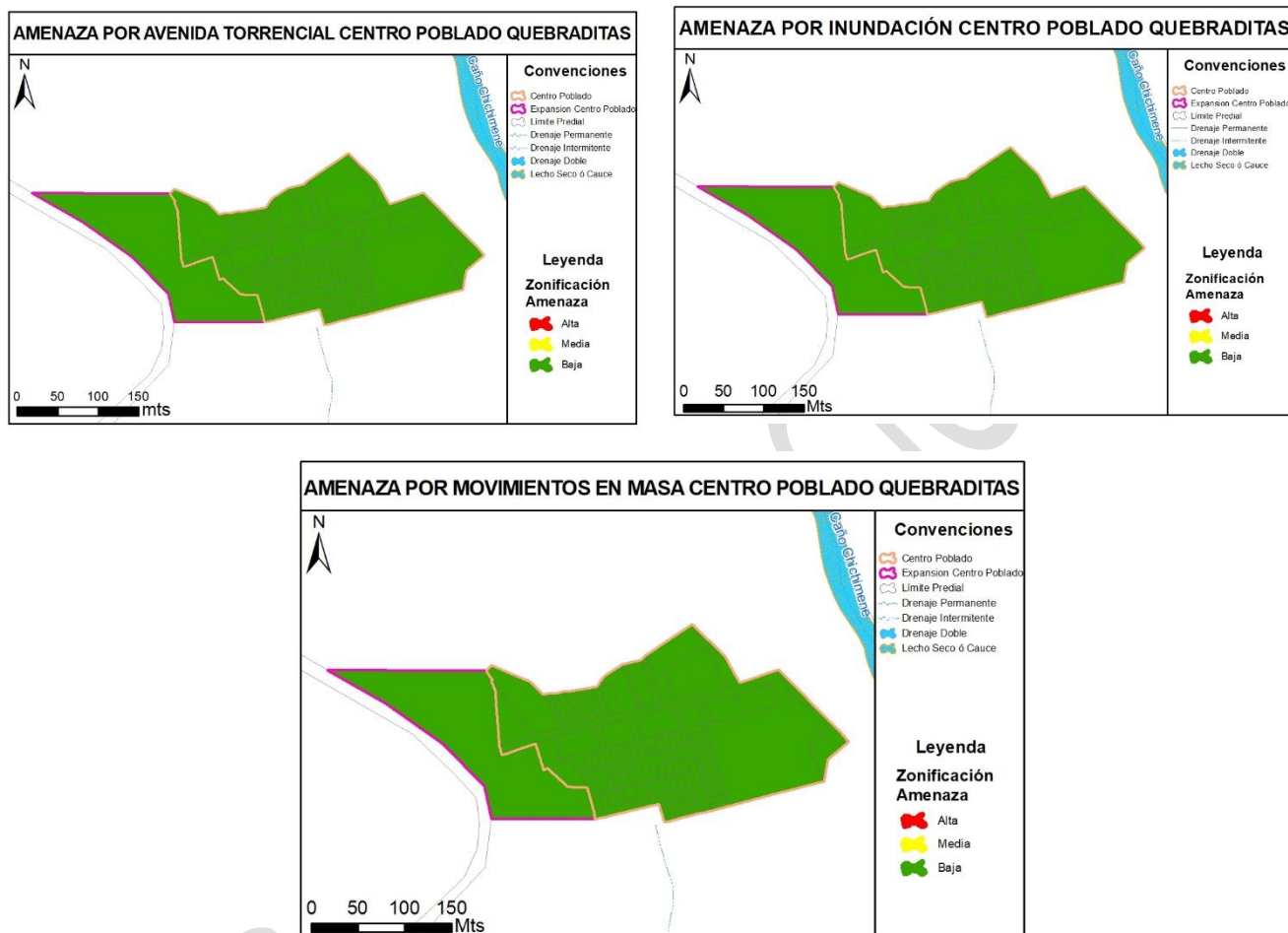


Figura 169. Mapas de Amenaza Centro Poblado Quebraditas

### Centro Poblado Dinamarca

Como puede observarse este centro poblado presenta amenaza baja movimientos en masa, inundación y avenidas torrenciales.

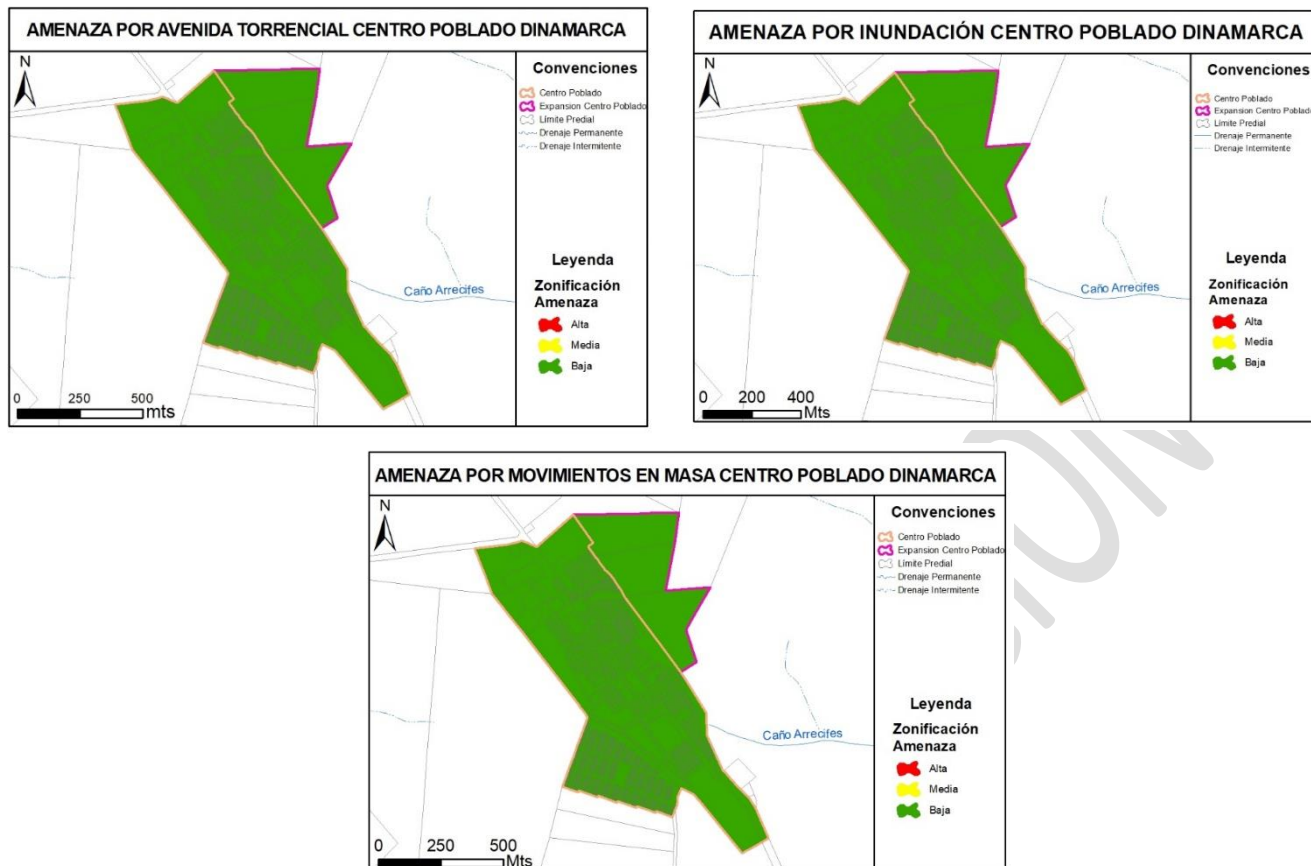


Figura 170. Mapas de Amenaza Centro Poblado Dinamarca

## Centro Poblado Santa Rosa

### Componente biofísico

La visita de campo se realizó el día 07 de septiembre del año 2022, la cual fue realizada por el Geólogo **Gerardo Rios**, la cual tuvo como finalidad la recopilación de información en campo de procesos morfodinámicos asociados a inundación, y el inventario de estructuras hidráulicas. Debido a la necesidad de información documentada de fenómenos amenazantes como lo son las inundaciones dentro del municipio.

Las estaciones buscan recopilar información acerca de los procesos de inundación y socavación lateral de los drenajes presentes en el centro poblado Santa Rosa, esta información es de gran valor para evaluar de manera más asertiva la amenaza por fenómenos de inundación, conociendo el comportamiento dinámico de los drenajes. En los recorridos de campo se pudieron reconocer el cauce del caño que atraviesa el centro poblado Santa Rosa. A continuación, se hace una relación de las estaciones de sus características y su registro fotográfico.



Tabla 52. Estaciones de campo en el Centro Poblado de Santa Rosa.

ESTACION ACA-GR-39			
LOCALIDAD	SUBCUENCA	PROFESIONAL	FECHA
Santa Rosa	Desconocida	Gerardo Rios	07/09/2022
ESTE	NORTE	AFECTACIÓN	PROCESO
4928775	1990500	Predios y vía	Inundación
		<b>DESCRIPCIÓN:</b> Boxculvert y caño con flujo de agua, el cual cruza el centro poblado de Santa Rosa.	
ESTACION ACA-GR-40			
LOCALIDAD	SUBCUENCA	PROFESIONAL	FECHA
Santa Rosa	Desconocida	Gerardo Rios	07/09/2022
ESTE	NORTE	AFECTACIÓN	PROCESO
4928782	1990499	Predios	Inundación
		<b>DESCRIPCIÓN:</b> Caño con desborde local, afectando predios, canalizado al ingresar al centro poblado de Santa Rosa.	
ESTACION ACA-GR-41			
LOCALIDAD	SUBCUENCA	PROFESIONAL	FECHA
Santa Rosa	Desconocida	Gerardo Rios	07/09/2022
ESTE	NORTE	AFECTACIÓN	PROCESO
4928534	1990635	Predios y vía	Inundación



**DESCRIPCIÓN:** Cauce con movimiento lento de agua, de aproximadamente unos 4 metros de ancho, planos de inundación reciente.

#### ESTACION ACA-GR-42

LOCALIDAD	SUBCUENCA	PROFESIONAL	FECHA
Santa Rosa	Desconocida	Gerardo Rios	07/09/2022
ESTE	NORTE	AFECTACIÓN	PROCESO
4928373	1990690	Predios	Inundación



**DESCRIPCIÓN:** Predios por los cuales atraviesa el caño, el cual genera afectaciones menores, desbordes esporádicos.

Fuente: Elaboración propia.

## Unidades Geológicas Para Ingeniería

Se caracterizaron y cartografiaron las Unidades Geológicas para Ingeniería, según las condiciones de similar comportamiento geomecánico con el objetivo de aportar información sobre la estabilidad de los materiales presentes en la zona de estudio, siguiendo la metodología y nomenclatura del Servicio Geológico Colombiano (2015), para Unidades Geológicas para Ingeniería.

Las Unidades Geológicas para Ingeniería corresponden a un conjunto de materiales que incluyen suelos y rocas, cuyas propiedades se conservan por debajo de la superficie hasta algunas decenas de metros. Las UGI se utilizan como herramienta para evaluar el comportamiento mecánico de los terrenos ante diferentes usos, como desarrollo de obras de infraestructura, y en los planes de ordenamiento territorial.

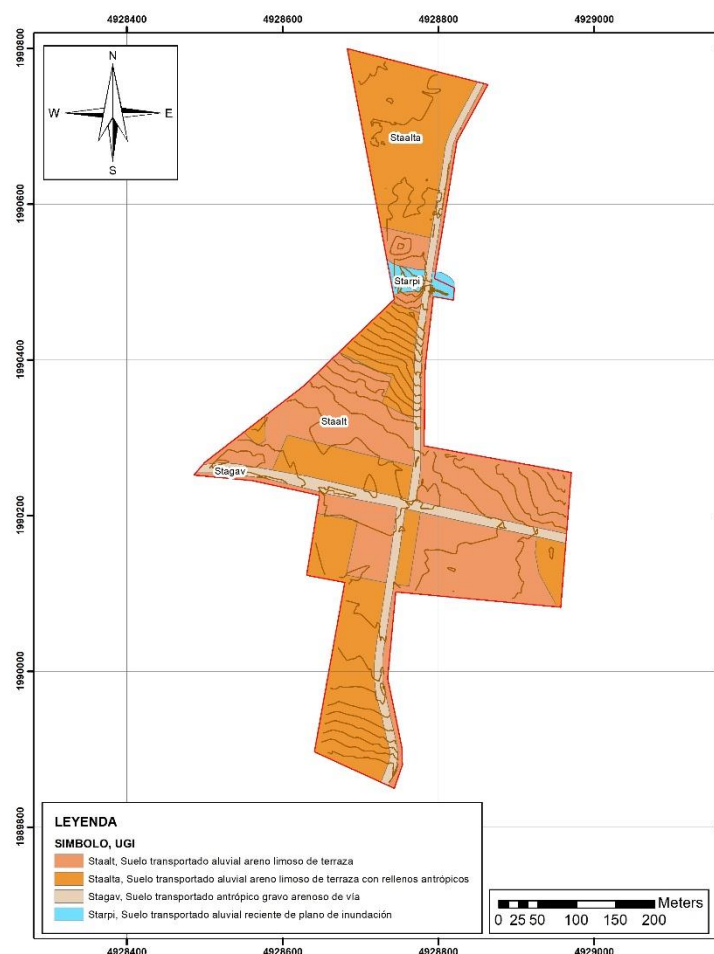
Tabla 53. Unidades Geológicas para Ingeniería (UGI), según su origen.

ORIGEN DE LA UGI	TIPO DE UGI
Derivadas de roca In situ	Roca inalterada
	Saprolito
	Suelos Residuales
Depósitos aluviales	Aluviones recientes o de lecho de río
	Llanuras aluviales
	Abanicos o conos aluviales
	Terrazas aluviales
	Depósitos torrenciales
	Depósitos fluviotorrencial
Depósitos lacustres y paludales	Depósitos lacustres
Depósitos de ladera, de vertiente o coluviales	Coluviones
	Talus
	Flujos (de lodo, tierra y de escombros)
	Derrubios de pendiente
Depósitos costeros	Deltas, barras, playas, etc.
Depósitos volcánicos	Tefras
	Surges
	Flujos piroclásticos
	Ignimbritas
	Flujos de lodos volcánicos
	Lahares
	Cenizas
	Coladas de lava
Depósitos eólicos	Dunas
	Loess
	Cenizas volcánicas
Depósitos glaciares	Morrenas y tillitas
	Fluvioglaciares
Depósitos antrópicos	Rellenos sanitarios o de basuras
	Rellenos de excavaciones

ORIGEN DE LA UGI	TIPO DE UGI
	Escombreras o botaderos

Las unidades geológicas para ingeniería (UGI), en el área de estudio obedecen a una secuencia cuaternaria, en algunos sectores conocida como depósitos aluviales del abanico. A continuación, se muestran las unidades geológicas para ingeniería reconocidas en el área de estudio.

Figura 171. Mapa de Unidades Geológicas para Ingeniería (UGI).



### Descripción de las Unidades Geológicas para Ingeniería (UGI) Centro Poblado Santa Rosa

La descripción de las unidades geológicas para ingeniería (UGI), se realizó usando la nomenclatura para materiales utilizada por el Servicio Geológico Colombiano (2015), en donde se diferencian los suelos dependiendo de su origen, como transportado o residual, y según su clasificación genética (marino, aluvial, antrópico, volcánico, etc.). A continuación, se hace la descripción de cada una de las unidades aflorantes en el área de estudio:



Tabla 54. Descripción de Unidades Geológicas para Ingeniería (UGI).

Unidad	Descripción	Registro Fotográfico
<b>Starpi</b> Suelo transportado aluvial reciente de plano de inundación  <b>ESTE:</b> 4928373 <b>NORTE:</b> 1990690	<b>Color:</b> Marrón grisáceo (2.5Y 5/2) <b>Nombre USCS:</b> SM - Arena limosa. <b>Humedad:</b> Baja. <b>Compacidad:</b> Suelta. <b>Plasticidad:</b> Baja. <b>Selección:</b> Moderada.	
<b>Staal</b> Suelo transportado aluvial areno limoso de terraza  <b>ESTE:</b> 4928643 <b>NORTE:</b> 1990554	<b>Color:</b> Marrón claro (7.5YR 6/4). <b>Nombre USCS:</b> SC – Arena arcillosa con grava. <b>Humedad:</b> Media. <b>Compacidad:</b> Suelto a compacta. <b>Plasticidad:</b> Baja a media. <b>Selección:</b> Moderada a pobre.	
<b>Staalta</b> Suelo transportado aluvial areno limoso de terraza con rellenos antrópicos  <b>ESTE:</b> 4928761 <b>NORTE:</b> 1990567	<b>Color:</b> Marrón amarillo claro (10YR 6/8). <b>Nombre USCS:</b> SM - Arena limosa con grava. <b>Humedad:</b> Saturado. <b>Compacidad:</b> Suelto a compacta. <b>Plasticidad:</b> Baja a nula. <b>Selección:</b> Moderada.	
<b>Stagav</b> Suelo transportado antrópico gravo arenoso de vía  <b>ESTE:</b> 4783244 <b>NORTE:</b> 1988640	<b>Color:</b> Marrón amarillo (10YR 5/8). <b>Nombre USCS:</b> SC-GC. Arena arcillosa a Grava arcillosa. <b>Humedad:</b> Media. <b>Compacidad:</b> Compacta a densa. <b>Plasticidad:</b> Baja. <b>Selección:</b> Pobre.	



## Componentes Geomorfológicos

En el centro poblado Santa Rosa, se han diferenciado unidades de ambiente fluvial y antrópico según Carvajal 2011. Las unidades enmarcadas en cada uno de los ambientes se caracterizaron por morfografía, morfometría, morfodinámica, morfocronología, entre otras propiedades.

El centro poblado se encuentra ubicado morfológicamente en la geomorfoestructura correspondiente a Planicies Intracráticas. Superficialmente se encuentran grandes depósitos de vertiente provenientes de los Andes y suelos de origen aluvial.

Las Planicies Intracráticas están compuestas a su vez por las provincias geomorfológica de Peneplanicies de la Orinoquía (Carvajal, 2002-2002a, y Mendiavelso 2009). En la siguiente figura se muestra el esquema de jerarquización geomorfológica propuesto para el estudio dentro del centro poblado Santa Rosa.

Figura 172. Esquema de Jerarquización geomorfológica.



Fuente: Tomado y Modificado de Velásquez (1999), Carvajal (2002-2008).

## Regiones

Las regiones hacen alusión a los ambientes morfogenético que predominan en el territorio. Involucra a las geoformas relacionadas a la génesis de los paisajes, y definidas por un marco de ambiente morfogenético definido y afectados por procesos dinámicos parecidos. Aquí se pueden agrupar áreas equivalentes a vertientes que estén contenidas dentro de una provincia geomorfológica y que representen un ambiente morfogenético particular con condiciones climáticas homogéneas: Eólico, lacustre, fluvial, volcánico, glaciar, denudativo, marino, costero, kárstico, estructural, estructural denudativo y antropogénico.

Tabla 55. Clasificación de ambientes morfogenéticos.

ORIGEN PRINCIPAL	EJEMPLOS DE FORMAS CON UN ORIGEN ESPECÍFICO
<b>FLUVIAL</b> (Erosión Fluvial y Sedimentación)	Geoformas de acumulación y complejas planicies aluviales, transicionales y erosionales.
<b>LACUSTRE</b> (Erosión Lagunar y Sedimentación)	Geoformas producto de niveles de agua alta (Terrazas), fondos de lagos. (Evaporitas/Playa, no Evaporitas).
<b>MARINO</b> (Erosión Marina y Sedimentación)	Geoformas de ambientes de alta energía, (materiales de grano grueso); de ambientes de baja energía (materiales de grano fino); y asociadas a complejos levantamientos.
<b>VOLCÁNICO</b> (Actividad Volcánica)	Geoformas de conos, cráteres, escarpes volcánicos, flujos de lava y labradas en materiales piroclásticos.
<b>DENUDACIONAL</b> (Meteorización, desgaste de masa, Erosión Linear)	Geoformas asociadas a desgaste, efectos litológicos no mayores. Geoformas influenciadas por la litología y erosión fluvial linear asociadas con procesos denudativos específicos (desgaste de masas).
<b>ESTRUCTURAL</b> (Fallamiento)	Geoformas asociadas con las capas de roca estratificadas o estructuralmente controladas, relacionadas con plegamientos, fallamiento y levantamiento.
<b>ESTRUCTURAL-DENUDACIONAL</b>	Asociaciones denudacionales y estructurales.
<b>KÁRSTICO</b> (Solución y Redeposición)	Geoformas positivas (Colinas), negativas (Depresiones), estructurales y otras (Complejos).
<b>EÓLICO</b> (Erosión por el Viento y Sedimentación)	Geoformas de acumulación (Activas/No activas), y de deflación.
<b>GLACIAL</b> (Erosión y Sedimentación)	Geoformas erosionales predominantemente de glaciación continental, glaciación de montañas y de acumulación (predominantemente morrenas, hielo, y lomos).
<b>ANTROPOGÉNICO</b>	Aquellas formas del relieve que son el producto de modificaciones causadas por intervención del hombre.

*Fuente: Tomado y modificado SGC, 2015.*

El centro poblado Santa Rosa, se encuentra influenciado principalmente por ambiente fluvial, el cual es característico del Piedemonte.

### **Unidades y Subunidades Geomorfológicas del Centro Poblado Santa Rosa**

En el centro poblado Santa Rosa se identificaron unidades y subunidades de ambiente fluvial y antrópico, estas unidades se definieron con base en criterios genéticos, morfológico, geométrico, y en

función de los procesos geomorfológicos específicos, ya sea de carácter erosivo o de acumulación. Para la delimitación de las geoformas se utilizaron imágenes satelitales, aéreas y el modelo digital del terreno, junto con el reconocimiento de campo, encaminado a justificar y ajustar su delimitación.

*Tabla 56. Unidades geomorfológicas centro poblado Santa Rosa (Carvajal 2011).*

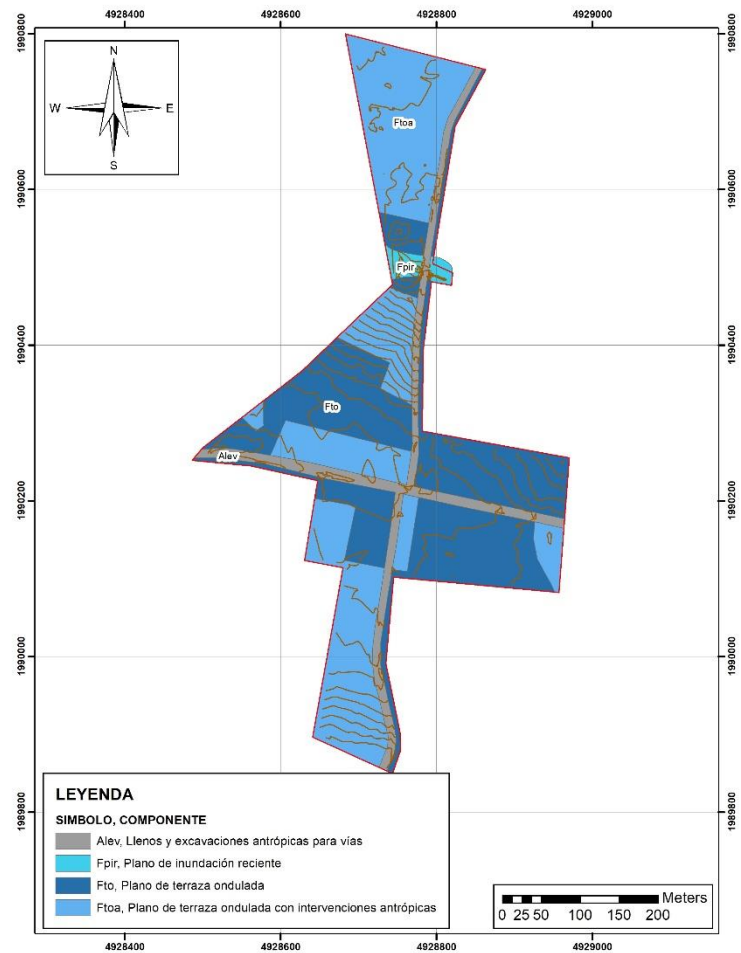
PROVINCIA	REGIÓN	UNIDAD	SUBUNIDAD	COMPONENTE	SÍMBOLO
Peneplanicies de la Orinoquía	Fluvial	Terraza aluvial	Terraza aluvial ondulada	Plano de terraza ondulada	Fto
				Plano de terraza ondulada con intervenciones antrópicas	Ftoa
			Llanura de inundación	Plano de inundación reciente	Fpir
	Antrópico	Llenos antrópicos	Llenos y excavaciones antrópicas	Llenos y excavaciones antrópicas para vías	Alev

*Fuente: Elaboración propia.*

#### **Descripción de los componentes geomorfológicos de centro poblado Santa Rosa**

Los componentes o elementos son la cartografía de geoformas de mayor detalle, y proveen características morfogenéticas, morfológicas y morfocronológicas, que ayudan a relacionar las formas de terreno con la dinámica actual del área de estudio. A continuación, se hace muestra la representación de las unidades cartografiadas en el área de estudio.




Figura 173. Mapa de Componentes Geomorfológicos.



A continuación, se hace una descripción de cada una de las geoformas de origen fluvial y antrópico.

Tabla 57. Descripción de Unidades Geológicas para Ingeniería (UGI).

Unidad	Descripción	Registro Fotográfico
<b>Fpir</b> Plano de inundación reciente  <b>ESTE:</b> 4928373 <b>NORTE:</b> 1990690	Superficie de morfología plana, baja a inclinada, eventualmente inundable. Se localiza bordeando los cauces fluviales. Esta geoforma se reconoce en el centro poblado Santa Rosa, en donde nace y transita el drenaje joven	

Unidad	Descripción	Registro Fotográfico
<b>Fto</b> Plano de terraza ondulada  <b>ESTE:</b> 4928643 <b>NORTE:</b> 1990554	Superficie plana a ligeramente inclinada dejadas por la acumulación de material antiguo fluvial y fluviotorrencial depositado por un río o quebrada que indican los diferentes niveles de divagación del cauce a través de su evolución. El centro poblado Santa Rosa se encuentra asentado sobre esta geoforma, la cual está dispuesta de manera plana a ondulada.	
<b>Ftoa</b> Plano de terraza ondulada con intervenciones antrópicas  <b>ESTE:</b> 4928781 <b>NORTE:</b> 1990429	Superficie plana a ligeramente inclinada, la cual está dispuesta de manera plana a ondulada, sobre la cual se asientan viviendas del centro poblado Santa Rosa	
<b>Alev</b> Llenos y excavaciones antrópicas para vías  <b>ESTE:</b> 478770 <b>NORTE:</b> 1990211	Planos hechos artificialmente con material de relleno para acondicionar terrenos anegadizos para la construcción de vías primarias y secundarias. Compuestos por grava y arena en matriz limo arcillosa.	



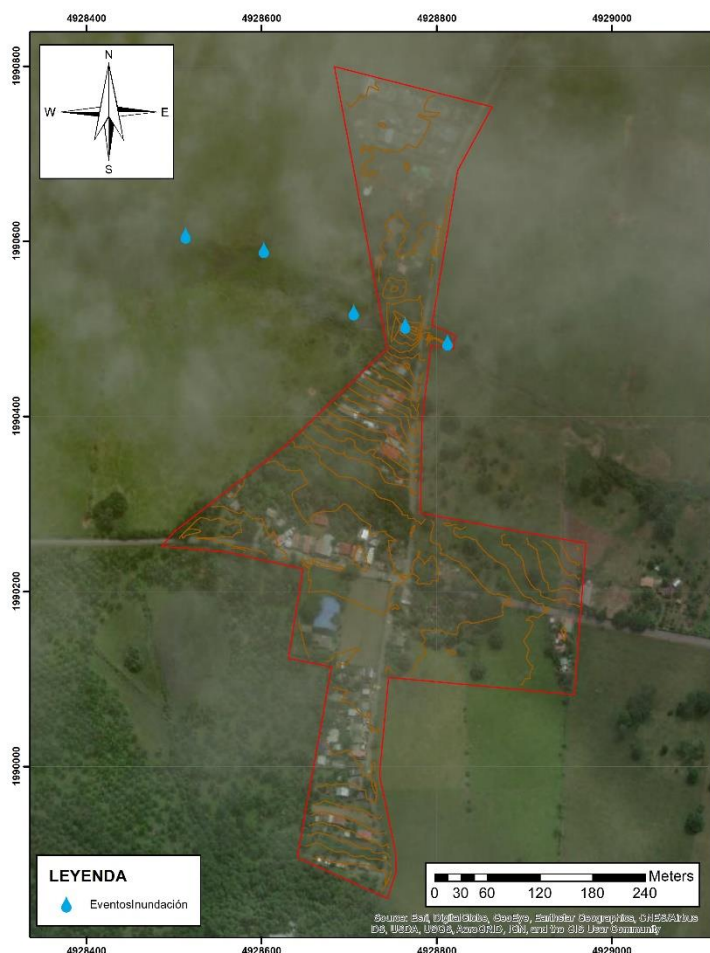
### Amenaza por Fenómeno de Inundación del Centro Poblado Santa Rosa

A continuación, se desarrolla la caracterización de las condiciones de amenaza por inundación en el centro poblado Santa Rosa, considerando la información disponible y el trabajo en campo realizado. Los resultados permitirán zonificar y caracterizar el riesgo al que podrían estar expuestos los habitantes, la infraestructura vital dentro del área de estudio.

### Análisis de los Eventos Históricos

En la recolección de información con respecto a los eventos históricos, uno de los problemas más comunes a partir de fuentes documentales, es que estas suelen ser poco precisas y pueden no cubrir con igualdad de razonamiento todo el territorio. Adicionalmente, los eventos de mayores consecuencias son los que generalmente se registran, debido a sus altos impactos. Es por esto que el registro de eventos se limita a los recopilados en la visita de campo. A continuación, se localizan los puntos críticos visitados.

*Figura 174. Eventos históricos de inundación centro poblado Santa Rosa.*



*Fuente: Elaboración propia.*

### Análisis de Geoformas Asociadas a Inundaciones

Las principales características morfológicas utilizadas en el proceso de interpretación y zonificación geomorfológica se basó en la metodología del Servicio Geológico Colombiano (SGC-metodología Carvajal-2011), que se encarga de la evaluación de las amenazas naturales, y utiliza la interpretación cartográfica y define subunidades y componentes geomorfológicos para los ambientes fluviales y glaciares. Dentro de las geoformas que se encuentran asociadas a los eventos de inundación en el centro poblado de Santa Rosa, están los planos de inundación reciente (Fpir).

*Tabla 58. Porcentaje de ocupación de componentes geomorfológicos del centro poblado Santa Rosa (Carvajal 2011).*

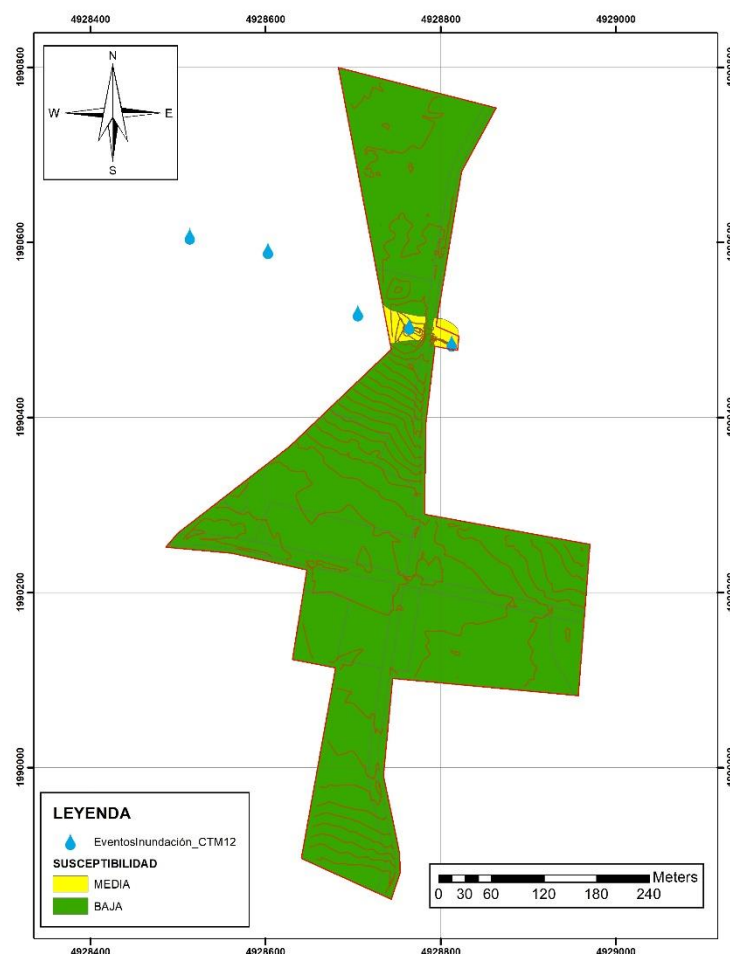
COMPONENTE	SÍMBOLO	AREA_Ha	SÍMBOLO
Plano de terraza ondulada	Fto	6.37	44%
Plano de terraza ondulada con intervenciones antrópicas	Ftoa	6.39	44%
Plano de inundación reciente	Fpir	0.23	2%
Llenos y excavaciones antrópicas para vías	Alev	1.49	10%

*Fuente: Elaboración propia.*

### Zonificación de la susceptibilidad por inundación del centro poblado de Santa Rosa

El relieve del centro poblado de Santa Rosa puede dividirse principalmente en dos zonas: la primera corresponde a la parte más elevada de terraza antigua ondulada, y la segunda corresponden a geoformas aluviales como los planos de inundación reciente. A continuación, se hace un análisis de susceptibilidad a inundación para el centro poblado de Santa Rosa, con base en la cartografía geomorfológica. Ver Figura 175.

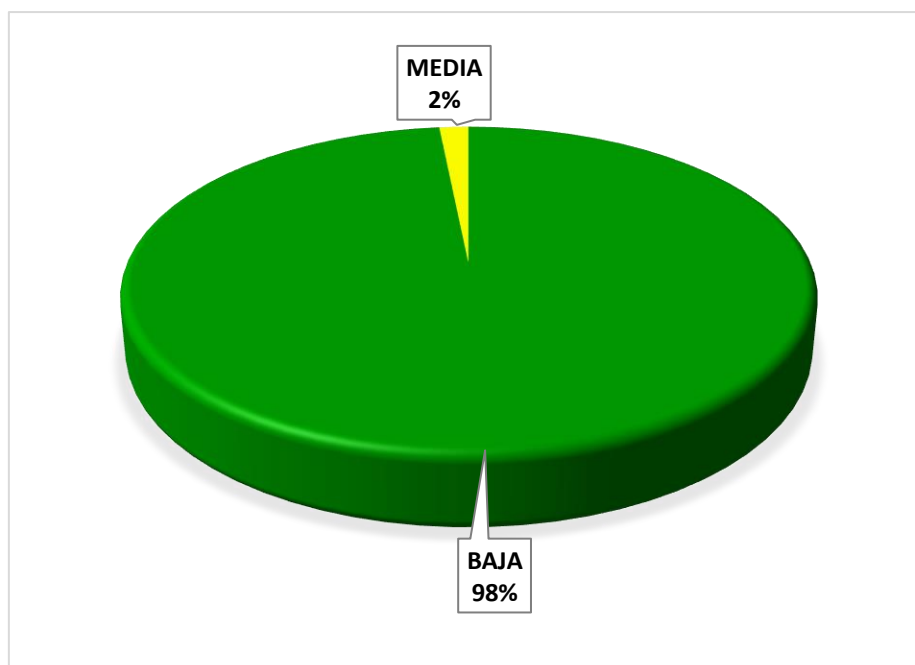
Figura 175. Susceptibilidad inundación por geomorfología en el centro poblado de Santa Rosa.



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 176, se presenta los porcentajes de susceptibilidad a inundación por geomorfología en el centro poblado Santa Rosa, y se obtuvo como resultado que el 2% se encuentra en una susceptibilidad media a inundación, y un 98% susceptibilidad se encuentra en susceptibilidad baja.

Figura 176 Porcentaje de susceptibilidad a inundación por geomorfología en el centro poblado de Santa Rosa.



Fuente: Elaboración propia.

A partir de la Información geomorfológica y los procesos de inundación fluvial se delimitaron y clasificaron las áreas del centro poblado Santa Rosa en un rango de susceptibilidad debido a su asociación con los fenómenos de inundación.

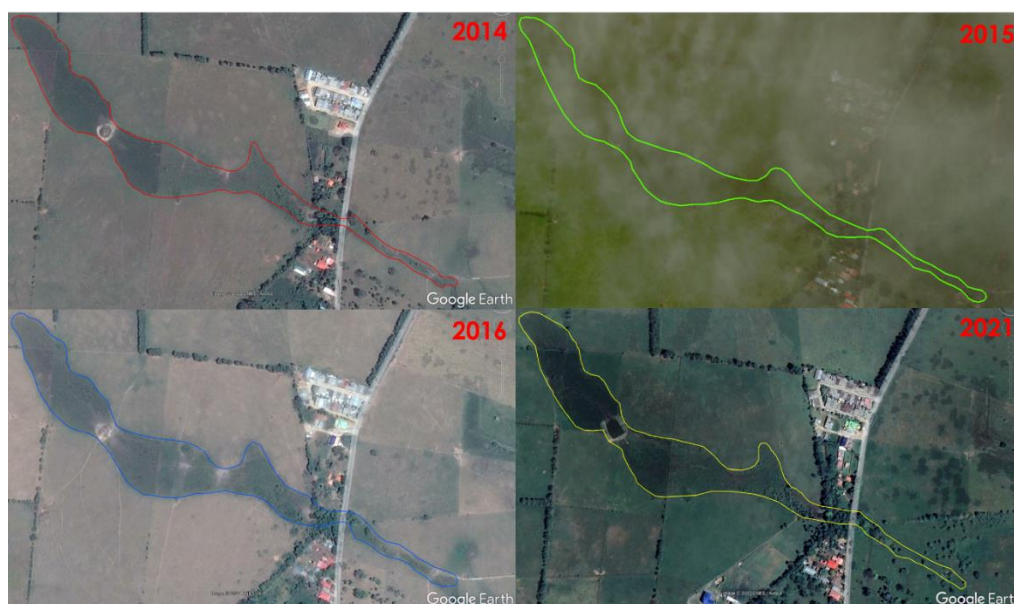
#### **Zonificación de la Amenaza por Inundación del centro poblado de Santa Rosa**

El nivel de amenaza por inundación tiene por finalidad reconocer las áreas que son afectadas por el desborde de los drenajes producto de un aumento del nivel de agua sobre las llanuras aluviales, con esto se obliga a reconocer el comportamiento de las áreas que aportan los caudales a las corrientes principales, ocasionando un desbordamiento y dispersión de las aguas sobre las llanuras de inundación y zonas aledañas a los cursos de agua normalmente no sumergidas (IDEAM, 2010).

#### **Análisis multitemporal de imágenes satelitales**

Con el fin de conocer la dinámica fluvial del caño que atraviesa el centro poblado de Santa Rosa, y su migración lateral, se realizó análisis multitemporal de imágenes satelitales, con las cuales se determinaron los principales cambios morfológicos de pequeña magnitud. En la siguiente figura se muestra la cantidad y fecha de las imágenes analizadas.

Figura 177. Análisis multitemporal de imágenes satelitales de Google Earth y Esri de 2014 a 2021.



Fuente: Elaboración propia.

Para poder determinar la migración lateral del caño y dinámica actual, se realizó una superposición de las diferentes interpretaciones de ronda hídrica, desde el año 2014 hasta el año 2021, con un periodo de 7 años de análisis, en las que se evidencio leves variaciones en la morfología del cauce sobre la llanura aluvial, generando pocos procesos de erosión y depositación de sedimentos.

Figura 178. Superposición de Análisis multitemporal 2014 a 2021.



Fuente: Elaboración propia.

Debido a lo juvenil del drenaje que atraviesa el centro poblado de Santa Rosa, no presenta variaciones significativas en su dinámica fluvial. A continuación, se presenta un análisis de la amenaza por inundación a través del análisis geomorfológico histórico, e interpretación de imágenes satelitales.



Figura 179. Superposición de Análisis multitemporal 2014 a 2021.



Fuente: Elaboración propia.

### Generación del Mapa de Amenaza por Inundaciones

Con la ayuda de software tipo SIG y se ejecutaron las respectivas operaciones topológicas de la información vectorial de las variables y se generó la suma ponderada de cada una de las variables, para posteriormente definir los rangos de clasificación de la amenaza (baja, media, y alta), que mejor se ajuste a las condiciones del centro poblado de Santa Rosa. Los rangos se clasificaron de la siguiente manera:

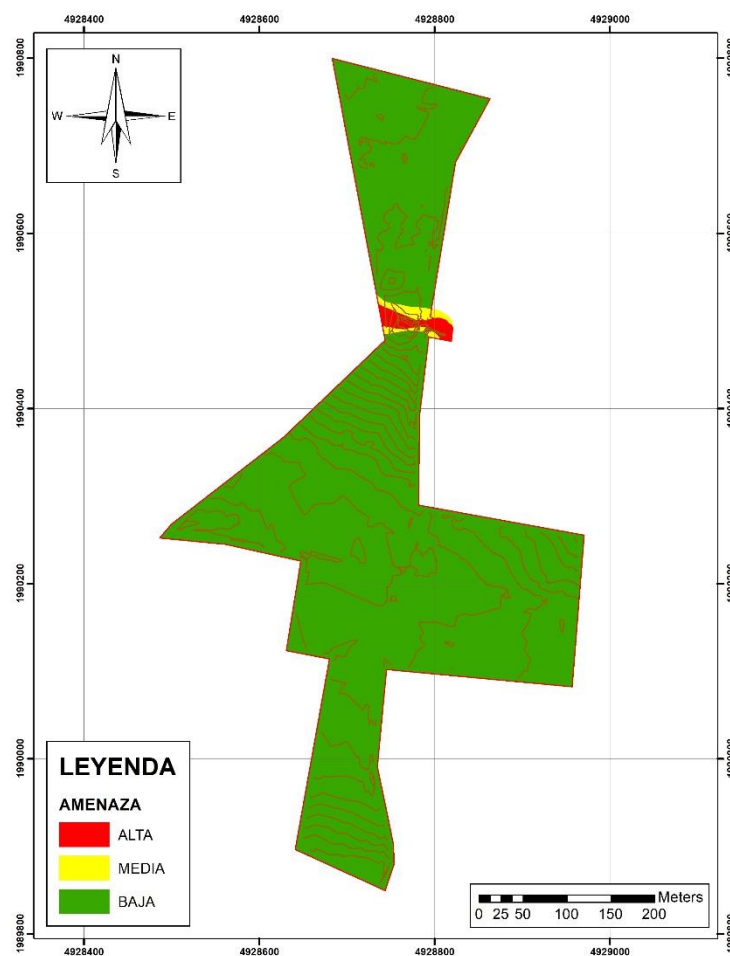
Tabla 59 Rangos estimados para la zonificación de la amenaza por inundación.

AMENAZA	RANGOS
Amenaza Alta	70-100%
Amenaza Media	45-70%
Amenaza Baja	0-45%

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se muestra el mapa de la zonificación de amenaza por fenómenos de inundación, el cual es el resultado del análisis de la susceptibilidad, junto con las geoformas asociadas a inundación, modelos de elevación, recurrencia de eventos históricos, e interpretación de imágenes satelitales, en las que se delimitaron las áreas de divagación del caño que atraviesa el centro poblado Santa Rosa.

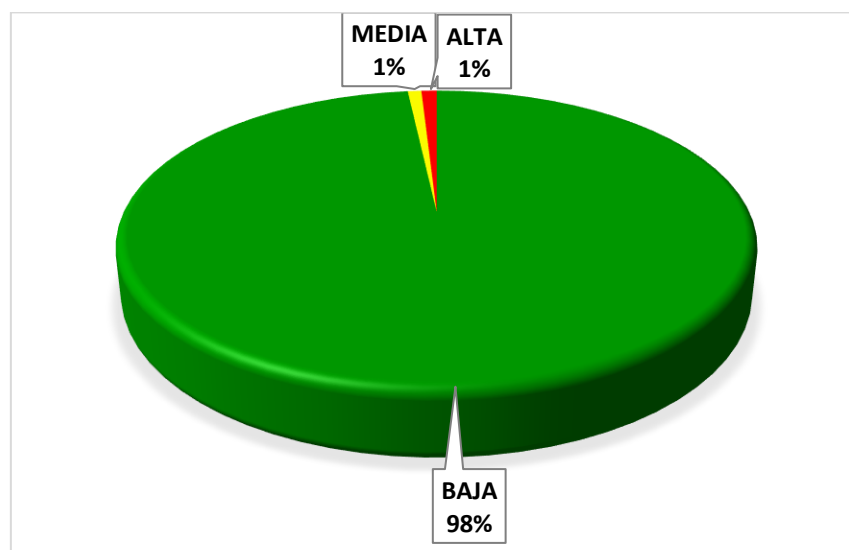
Figura 180 Mapa de amenaza por inundación del centro poblado Santa Rosa.



Fuente: Elaboración propia.

El centro poblado de Santa Rosa presenta un 1% del territorio en amenaza por inundación alta (ver Figura 181), y corresponde principalmente al modelado fluvial del caño que atraviesa la vía secundaria hacia el norte. El 1% del municipio presenta amenaza media a inundación y corresponde a la zona aledaña al drenaje, donde hay poca recurrencia de eventos históricos (Figura 180), y el 98% del municipio presenta amenaza baja debido a que su morfología es principalmente ondulada y elevadas.

Figura 181 Porcentaje de cada nivel de amenaza por inundaciones en el centro poblado Santa Rosa.



Fuente: Elaboración propia.

**Niveles de amenaza baja:** El 98% del centro poblado se encuentra en amenaza baja por fenómenos de inundación, y se localiza hacia la parte distal de los cauces, de morfología ondulada, asociada a geoformas fluviales de terraza, ver Figura 180. Estas áreas no presentan registros de eventos de inundación.

**Niveles de amenaza media:** Se encuentra distribuida en un 1% del área de estudio (Figura 181). La mayor parte de este nivel se localiza en cercanías del caño que atraviesa la vía hacia la salida norte del centro poblado, y se presenta en geoformas aluviales como los planos de inundación reciente. Además, estas áreas presentan procesos morfodinámicos asociados a inundación.

**Niveles de amenaza alta:** Pertenece al 1% del área de estudio (Figura 181). Corresponde a áreas donde predominan las pendientes bajas, cauces aluviales, cuerpos de agua, planos de inundación etc.

Como puede observarse este centro poblado presenta amenaza baja por Inundación, movimientos en masa y avenidas torrenciales.

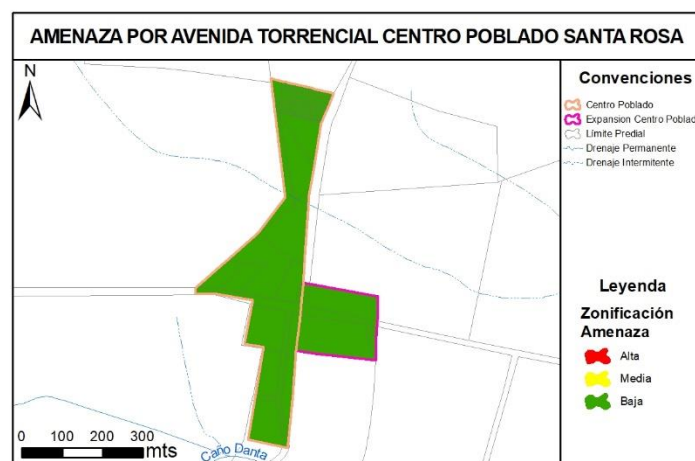




Figura 182. Mapas de Amenaza Centro Poblado Santa Rosa

### Centro Poblado El Diamante

#### Zonificación de amenaza por inundaciones centro poblado el diamante

El análisis de amenaza por inundación descrito a continuación fue realizado por la administración municipal en el año 2019 por lo que se retoma este resultado para el Plan básico de Ordenamiento Territorial

#### DESCRIPCIÓN GENERAL

Según Escuder, et al (2010), el riesgo se define como la combinación de una probabilidad de presentación de un determinado evento, llamado peligro, y las potenciales consecuencias adversas que tendría este evento para la salud humana, el medio ambiente, el patrimonio cultural o las actividades económicas. Estas consecuencias se denominan vulnerabilidad. Por lo tanto, el riesgo tiene dos componentes principales, la amenaza y la vulnerabilidad. (p.11)

La amenaza representa un evento físico, fenómeno o actividad humana potencialmente dañina, ya que puede causar pérdida de vidas, heridos, daño a la propiedad, trastornos sociales y económicos, o degradación medioambiental. La amenaza es comúnmente definida por el riesgo individual, que es la probabilidad de que una persona media, presente permanentemente en una localización, muera debido a que se presente la amenaza. El análisis de la amenaza incluye la identificación, estudio y monitorización de la misma, para determinar su origen, características y comportamiento. El principal resultado de dicho análisis es la probabilidad de ocurrencia de la amenaza considerada. Por lo tanto, el riesgo individual se fundamenta en la probabilidad de que la persona más expuesta fallezca por causa de dicha amenaza. Las unidades del riesgo individual son número de víctimas por unidad de tiempo (generalmente, años). (Escuder, et al, 2010, p.11)

Por otro lado, la vulnerabilidad se define como las condiciones, determinadas por factores o procesos físicos, sociales, económicos y medioambientales, que causan la susceptibilidad de una comunidad al impacto de una amenaza. Por ello, el análisis de vulnerabilidad se centra en la descripción de las potenciales consecuencias producidas por la amenaza considerada. (Escuder, et al, 2010, p.12)

Normalmente, el riesgo se expresa como  $\text{Riesgo} = \text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad}$ . En general, sus unidades son las usadas para medir las consecuencias divididas por unidad de tiempo (por ejemplo, una unidad monetaria o número de víctimas por año, dado que la probabilidad de la amenaza presenta unidades de tiempo). Cuando las consecuencias están expresadas en número de víctimas, el riesgo resultante se denomina riesgo social, definido como la relación entre la frecuencia y el número de víctimas en una

población dada por la consecución de unas amenazas específicas. Generalmente, el riesgo social se expresa en unidades de número de víctimas por año. Por tanto, el riesgo social incluye vulnerabilidad, no solamente características de la amenaza. (Escuder, et al, 2010, p.12)

El análisis del riesgo de inundación consiste en determinar la naturaleza y extensión del riesgo existente mediante el análisis de las amenazas potenciales y evaluación de las condiciones de vulnerabilidad que pueden derivarse de la amenaza potencial, causando daños personales, a la propiedad y al medio ambiente. (Escuder, et al, 2010, p.12)

Analizar el riesgo de inundación existente para la vida humana y la propiedad es fundamental como primer paso para conseguir su reducción. El riesgo puede calcularse mediante el cálculo de la probabilidad de ocurrencia de un evento y el impacto producido en el receptor. (Escuder, et al, 2010, p.12)

Existen numerosas medidas de reducción del riesgo de inundación. En general, se dividen en dos grupos: medidas estructurales y medidas no estructurales. Las medidas estructurales engloban todas aquellas construcciones que reducen o evitan el posible impacto de la inundación, incluyendo un amplio rango de obras de ingeniería civil, como, por ejemplo, la construcción de infraestructuras de protección y resistencia a la acción del agua, tales como diques o presas. Las medidas no estructurales incluyen políticas, concienciación, desarrollo del conocimiento, reglas de operación, así como mecanismos de participación pública e información a la población, de modo que puede reducirse el riesgo existente y los impactos derivados de la inundación. (Escuder, et al, 2010, p.12)

La aplicación de medidas estructurales puede evitar las consecuencias de inundación hasta un determinado evento, denominado evento de diseño. Dado que siempre puede producirse un evento superior al de diseño para un determinado valor de probabilidad, existe siempre un nivel de riesgo residual, aun cuando la infraestructura se comportase perfectamente. Por otra parte, las medidas no estructurales también ayudan en la reducción de dicho riesgo residual. Sin embargo, éste no puede ser completamente eliminado. Por tanto, el riesgo residual se compone de las consecuencias que no pueden ser evitadas mediante medidas estructurales ni por medidas no estructurales. (Escuder, et al, 2010, p.12)

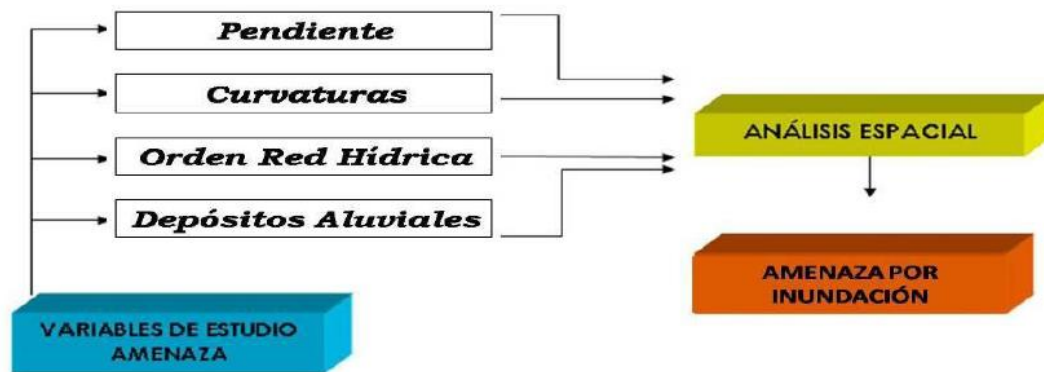
## **METODOLOGÍA**

El reconocimiento del nivel de amenaza por inundación tiene por finalidad identificar las áreas que son afectadas por el aumento del nivel de agua en las corrientes y sobre las llanuras aluviales, también obliga a reconocer el comportamiento de las áreas que aportan los caudales que descargan en las corrientes de las cuencas. (Cornare, 2012, p.22)

Para la identificación de las zonas de inundación, básicamente se utilizaron tres criterios, el primero relacionado con la ubicación e identificación de las corrientes principales y las planicies aluviales, el segundo la poca inclinación del terreno, identificada en los bajos valores de la pendiente que propicia la concentración de agua en ella y el tercero con la morfología de las llanuras la cual se caracteriza con las curvaturas del terreno. La intercepción de estos mapas da como resultado la susceptibilidad a inundación de las principales corrientes. En la siguiente figura se muestra los temáticos utilizados para este análisis. (Cornare, 2012, p.24)

*Ilustración 1 Metodología para el análisis de la amenaza por Inundación.*





**Fuente:** Zonificación de Riesgo por Movimientos en Masa, Inundación y avenidas Torrenciales.  
Atención de Áreas Afectadas por Eventos Desastrosos.

#### **Orden Red Hídrica, pendiente y curvaturas**

Este aspecto hace referencia a las relaciones existentes entre la red hidrográfica, pendientes y curvaturas presentes dentro del área de estudio y su relación con los parámetros hidrológicos e hidráulicos, los cuales son fundamentales para la obtención de manchas de inundación a escala detallada.

A continuación, se presenta el análisis hidrológico e hidráulico, partiendo de los datos de topografía y batimetría detallada con el fin de obtener el mapa de susceptibilidad a la inundación por niveles y velocidad.

### **Susceptibilidad de la inundación por velocidad y altura de lámina de agua**

Para realizar la ZONIFICACION DE AMENAZA EN TÉRMINOS DE VELOCIDAD Y ALTURA DE LÁMINA DE AGUA SECTOR EL DIAMANTE – ACÁCIAS, se toma como línea base la metodología establecida por LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA – IDEAM proyecto denominado “Zonificación de Amenazas por inundación a escala 1:2.000 y 1:5.000 en áreas urbanas para diez municipios del territorio colombiano” la cual utilizó la categorización en función de los tipos de daño por combinación de la profundidad y la velocidad el flujo.

#### **Metodología específica**

La Guía formulada por la Universidad Nacional de Colombia y el IDEAM describe la información, procesamiento, análisis y aplicación de metodologías empleadas para la estimación de la extensión de las inundaciones. Las zonas de inundación están expresadas en mapas de amenaza, así como la caracterización de la dinámica de las inundaciones en términos de profundidad y velocidad asociadas a la misma. Para la estimación realizaron una tipificación preliminar de las condiciones de susceptibilidad del territorio frente a la ocurrencia de estos eventos mediante la asimilación de datos LIDAR de alta resolución que permiten una aproximación suficiente a las condiciones del entorno cercano a los núcleos urbanos seleccionados.

El documento esta constituido por un equipo de profesionales de la subdirección de hidrología del IDEAM y del Departamento de Geociencias y Medio Ambiente de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional sede Medellín, para la concepción del documento se seleccionaron 10 municipios, los cuales fueron priorizados como zonas críticas, para la elaboración de los mapas de amenaza por inundación en sus zonas urbanas. Cinco de estos sitios seleccionados corresponden a inundaciones debidas a crecientes súbitas y los otros cinco sitios, a inundaciones ocasionadas por el desbordamiento de grandes ríos.

La metodología aplicada para la elaboración de los mapas de amenaza por inundación consistió en la estimación de la extensión de las inundaciones y el cálculo de la profundidad y velocidad asociadas, así como su representación en mapas a escala 1:2.000 y 1:5.000, para diferentes periodos de retorno.

Estos periodos de retorno se evaluaron a partir de las series de datos hidrológicos disponibles en los registros históricos de IDEAM y/o con la implementación del algoritmo HAND en aquellas zonas sin información hidrometeorológica soportada en mediciones de estación. Finalmente se caracteriza la amenaza de inundación en tres categorías baja, media y alta, las cuales están dadas por una función que relaciona velocidad y la profundidad del agua para el evento de inundación bajo análisis.

#### **Modelo Hidrológico**

El HEC-HMS es un modelo lluvia-escorrentía, desarrollado por el Hydrologic Engineering Center (HEC) del U.S. Army Corps of Engineers (USACE), que está diseñado para simular el hidrograma de escorrentía que se produce en un determinado punto de la red fluvial como consecuencia de un periodo de lluvia. Para los trabajos particulares relacionados con el presente estudio, se utilizó la versión de este modelo hidrológico HEC-HMS 4.0.

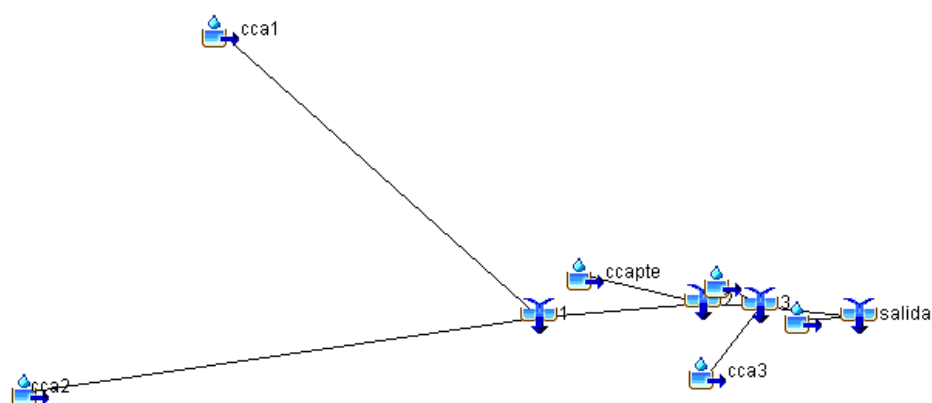
Los componentes del modelo se basan en relaciones matemáticas simples que tratan de representar los procesos que intervienen en la generación y circulación de los hidrogramas de escorrentía: pérdidas, transformación del exceso de lluvia en caudal de salida de la cuenca, adición del flujo base, circulación del hidrograma por el cauce, etc. En este caso, hay una serie de condicionantes o limitaciones que por distintos motivos tiene el modelo aplicado:

- La simulación se limita a eventos de lluvia (modelo de eventos), consecuencia de la propia aplicación del modelo a la simulación de avenidas.
- En la modelación no se incluye la escorrentía subsuperficial al no disponer de valores de los parámetros que caracterizan el mismo.

#### Modelo conceptual HEC-HMS

A partir de la información procesada y generada mediante el software ArcGIS, se ha utilizado la extensión HEC-GeoHMS para exportar dicha información al HEC-HMS y construir el modelo hidrológico conceptual. La Ilustración 2 muestra el modelo hidrológico HEC-HMS para la evaluación de caudales pico para la vereda El Diamante. Los resultados del modelo se encuentran en el anexo

*Ilustración 2 Modelo conceptual hidrológico.*



**Fuente:** UT HMS EL DIEMANTE

Definido el modelo conceptual morfológico de la cuenca es preciso determinar los hietogramas de diseño de cada una de las estaciones localizadas en el área de estudio, siendo estos presentados en el Anexo 2 del presente estudio. La metodología para la determinación de la tormenta de diseño corresponde a la del bloque alterno. Introducidas todas las estaciones, las áreas de influencia de cada estación se han obtenido con el método de los Polígonos de Thiessen.

De acuerdo con la modelación realizada en el HEC-HMS para el presente estudio, los caudales de diseño calculados para la modelación hidráulica, de las diversas corrientes que circundan, es como se presentan en

Tabla 60.

Tabla 60 Resultado hidrológico para el área de estudio

Project: SARDINITA Simulation Run: tr 500				
Start of Run: 05may2000, 00:00		Basin Model: ccas		
End of Run: 05may2000, 01:45		Meteorologic Model: Met 1		
Compute Time: 29sep2019, 22:58:16		Control Specifications: Control 5		
Show Elements: All Elements	Volume Units: <input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3		Sorting:	
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
cca1	38,86	329,2	05may2000, 01:30	22,66
cca2	37,19	295,8	05may2000, 01:30	20,37
1	76,05	625,0	05may2000, 01:30	21,54
ccapte	2,62	18,5	05may2000, 01:45	16,58
2	78,67	642,0	05may2000, 01:30	21,38
cca3	1,88	33,9	05may2000, 01:00	39,14
cca4	1,18	7,7	05may2000, 01:45	14,26
3	81,73	655,9	05may2000, 01:30	21,68
CcaTotal	0,62	3,8	05may2000, 01:45	12,95
salida	82,35	659,2	05may2000, 01:30	21,62

Fuente: UT HMS EL DIAMANTE

#### Modelo Hidráulico

Con base en el caudal de diseño calculado en el modelo hidrológico para los distintos períodos de retorno, mediante el programa HEC-RAS, alimentado por la topografía de la zona de estudio y la determinación en campo del coeficiente de Manning, se determinaron los niveles de inundación de la zona de estudio.

El HEC-RAS es un software computacional de dominio público, que modela el flujo de agua a través de canales simulando cauces naturales o ríos. El programa fue desarrollado por Hydrologic Engineering Center (HEC) del U.S. Army Corps of Engineers (USACE), con el fin de gestionar los ríos, puertos y otras obras públicas de su administración o interés. El procedimiento básico de cálculo de HEC-RAS para el flujo continuo se basa en la solución de la ecuación de energía unidimensional. Las pérdidas de energía son evaluadas por la fricción y la contracción/expansión del canal. La ecuación de momento se puede utilizar en situaciones donde el perfil de flujo es rápidamente variado. Estas situaciones incluyen resaltos hidráulicos, hidráulica de puentes y los perfiles en las confluencias del río.

El cálculo hidráulico del tramo seleccionado, pretende determinar la elevación del nivel provocado por el evento de creciente. Para esto se realizó un modelo basado en el método del paso estándar, conociendo las secciones del río aguas abajo y aguas arriba del sector dispuesto para el estudio. El método del paso estándar se realizó mediante pasos de abscisa a abscisa, en las cuales es conocida la sección transversal y características hidráulicas para determinar las profundidades de flujo a través de un proceso iterativo con el software HEC-RAS.

Para esto es necesario definir la posición de la superficie con respecto a un nivel horizontal (datum) para la sección del extremo aguas abajo (condiciones de frontera), de acuerdo a las ecuaciones:

$$Z = S_0 \Delta_0 + Y_1 + Z_2$$

$$Z_2 = Y_2 + Z_2$$

Teniendo en cuenta además las pérdidas por fricción en el tramo se obtiene:

$$h_f = S_f \Delta x = \frac{1}{2} (S_1 + S_2) \Delta x$$

En donde,  $S_f$  (pendiente de fricción) se asume como el promedio de las pendientes en las secciones del cauce.

Teniendo en cuenta las consideraciones de energía y haciendo sustitución tenemos que:

$$Z_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + h_f$$

Las alturas totales en las dos secciones transversales están dadas por las ecuaciones:

$$H_1 = Z_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g}$$

$$H_2 = Z_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g}$$

De esta forma la ecuación se reduce a:

$$H_1 = H_2 + h_f$$

En donde las pérdidas por remolinos, que en este caso, se encuentran involucradas en las pérdidas por fricción ( $h_f$ ), aumentan el factor de rugosidad del canal.

Para establecer los niveles de inundación y respuesta del cauce a los eventos extremos de precipitación no faltan las incertidumbres, como pueden ser la rugosidad del cauce o la posición de la sección de contorno. Adicionalmente, las condiciones de contorno para un periodo de diseño considerable tienen grandes variaciones que pueden ser de largo plazo o estacionales; por lo que el nivel del agua más que un cálculo exacto es una estimación, lo cual se supondría trabajar en lo posible con niveles históricos de lecturas en estaciones limnimétricas.

En este trabajo para la topobatimetría se tomó cada uno de los bordes del río así como su lámina de agua junto con sus profundidades e igualmente con los accidentes que se presentan del tramo en estudio, el método que utilizamos fue posicionar el equipo GPS directamente sobre cada punto del río ya que este no presenta profundidades mayores, cada punto fue referenciado y se generó una nube la cual se pudo plasmar para la posterior generación del modelo digital. En el anexo 3 se presenta el documento metodológico para la obtención de la topobatimetría de detalle.

✚ Resultados de la susceptibilidad por hidrología e hidráulica.



Con los resultados de las modelaciones hidrológicas e hidráulicas para los diferentes escenarios de modelación y el trabajo de campo, se generan los diferentes mapas con las manchas de inundación correspondientes a cada periodo de retorno. Como ha expuesto en este documento existen varias metodologías o técnicas para realizar la zonificación de la amenaza, aunque el común denominador de las distintas técnicas expuestas son los parámetros de altura y velocidad, siguiendo esta línea base se aplicara la metodología del IDEAM y del Departamento de Geociencias y Medio Ambiente de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia las cuales relacionan la velocidad y la profundidad del agua para establecer el criterio de amenaza. Ver tabla

*Tabla 61 Categorías de susceptibilidad a la inundación combinado de la profundidad y la velocidad.*

PROFUNDIDAD (m)	NIVEL DE AMENAZA PARA LA PROFUNDIDAD	NIVELES DE AMENAZA		
$z < 0,5$	BAJA	BAJA	MEDIA	ALTA
$0,5 > z < 1,0$	MEDIA	MEDIA	MEDIA	ALTA
$z > 1,0$	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
NIVEL DE AMENAZA PARA LA VELOCIDAD		BAJA	MEDIA	ALTA
VELOCIDAD (m/s)		$v < 1,5$	$1,5 > v < 2$	$v > 2$

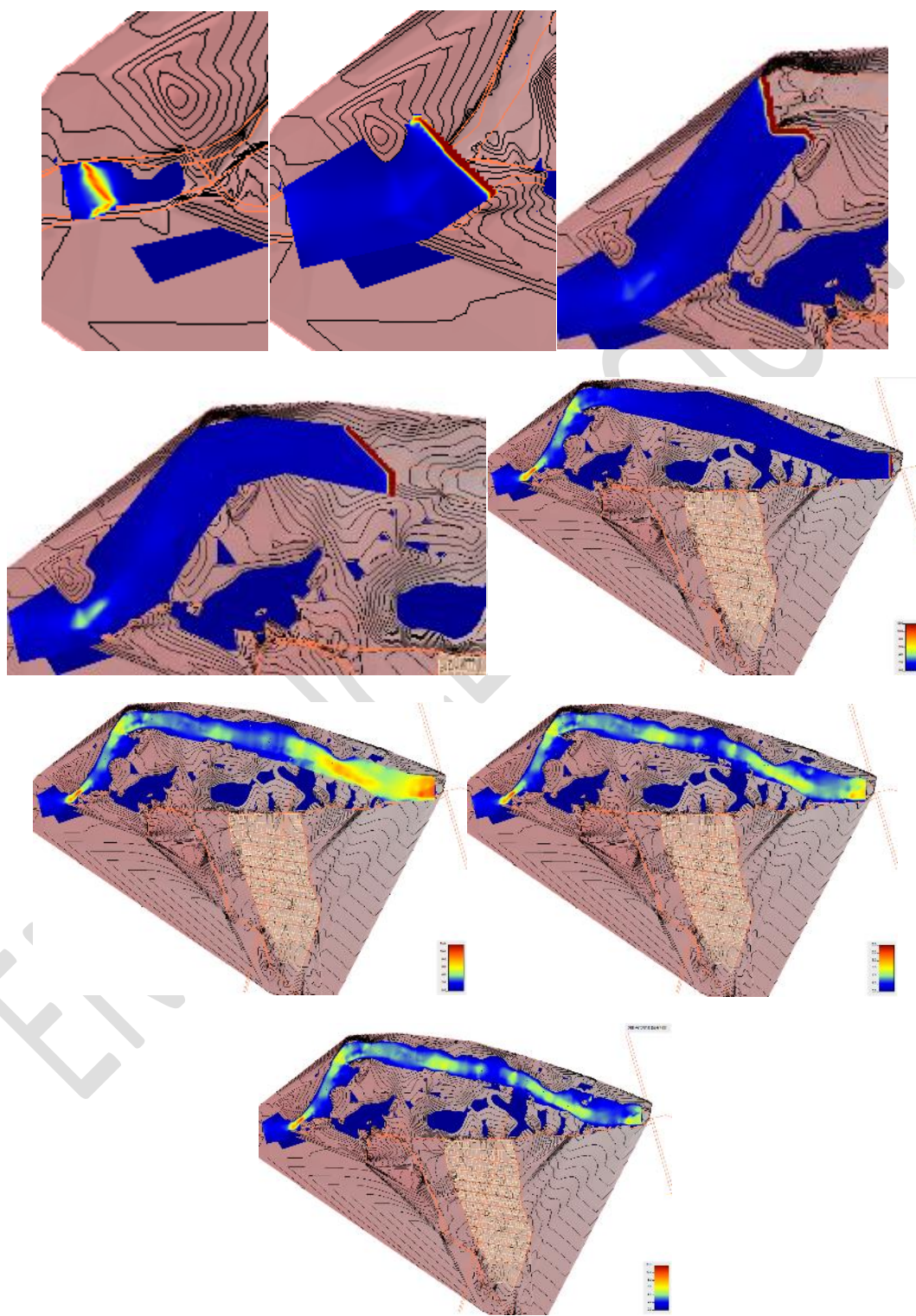
**Fuente:** UT HMS EL DIAMANTE

Debido a las condiciones de irregularidad predial del asentamiento humano en la vereda el Diamante para establecer la zonificación de amenaza en términos de velocidad y altura de lámina de agua, se utilizan las manchas de inundación y demás resultados de las modelaciones para el periodo de retorno  $TR=100$  años con un mayoramiento del 40%, se tiene en cuenta las manchas de inundación del fenómeno de la niña del 2012 y se realiza un trabajo estadístico con los habitantes riverseños con el fin de obtener la zonificación representativa de este sector del río Sardinata, en cuanto al caudal de modelación es un valor conservador establecido por las condiciones del asentamiento humano, las características y el uso en la cuenca. En la

e **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presenta la variación de los niveles y la inundación para un periodo de retorno de 500 años y la variación del esfuerzo cortante del flujo contra las paredes del cauce durante la Inundación para un periodo de retorno de 500 años.

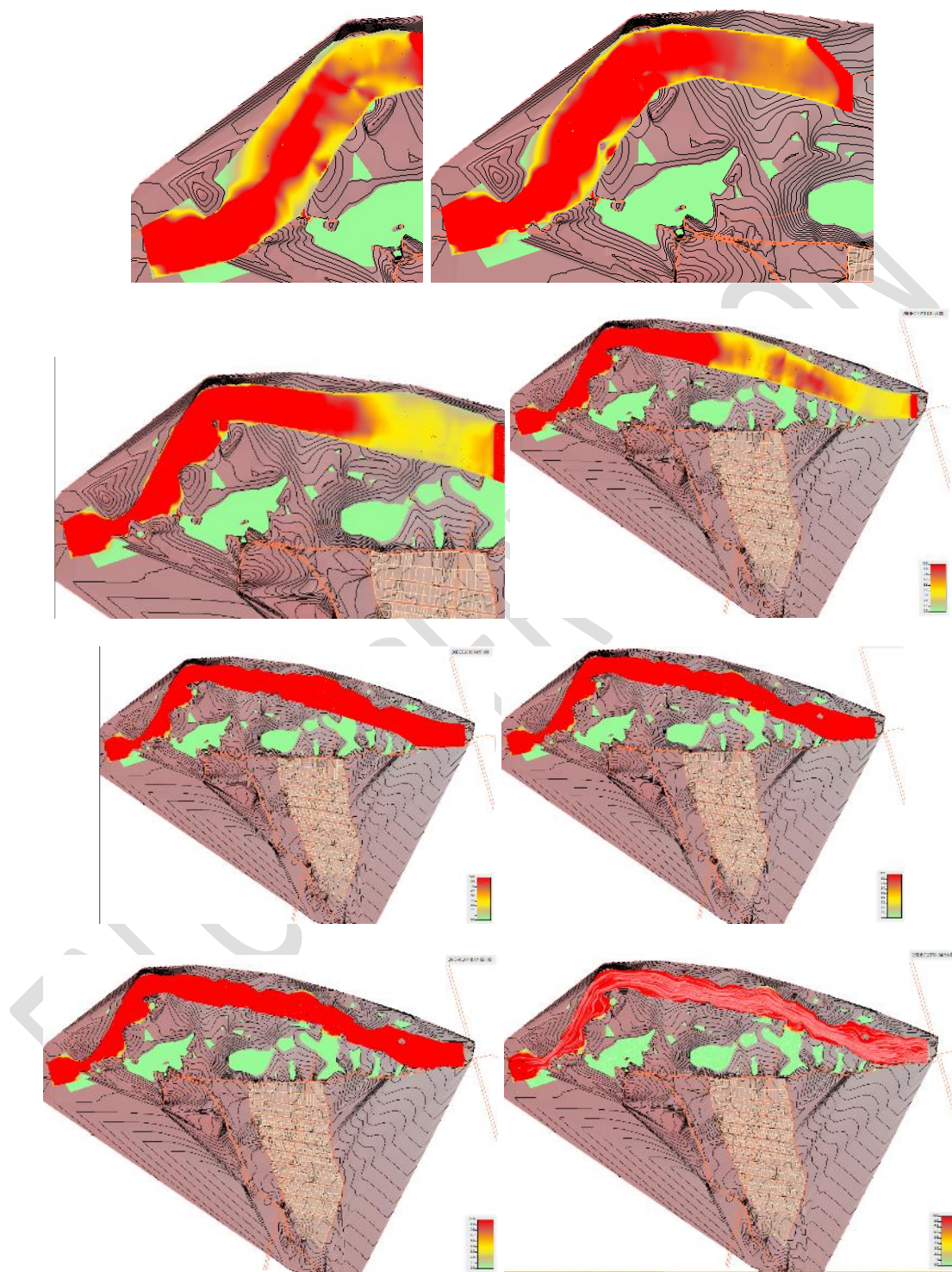
EN CONCERTACIÓN

Figura 183 Variación de los Niveles y la Inundación para un periodo de retorno de 500 años en la simulación en 2D con HEC-RAS.



Fuente: UT HMS EL DIEMANTE

Figura 184 Variación del esfuerzo cortante del flujo contra las paredes del cauce durante la Inundación para un periodo de retorno de 500 años en la simulación en 2D con HEC-RAS



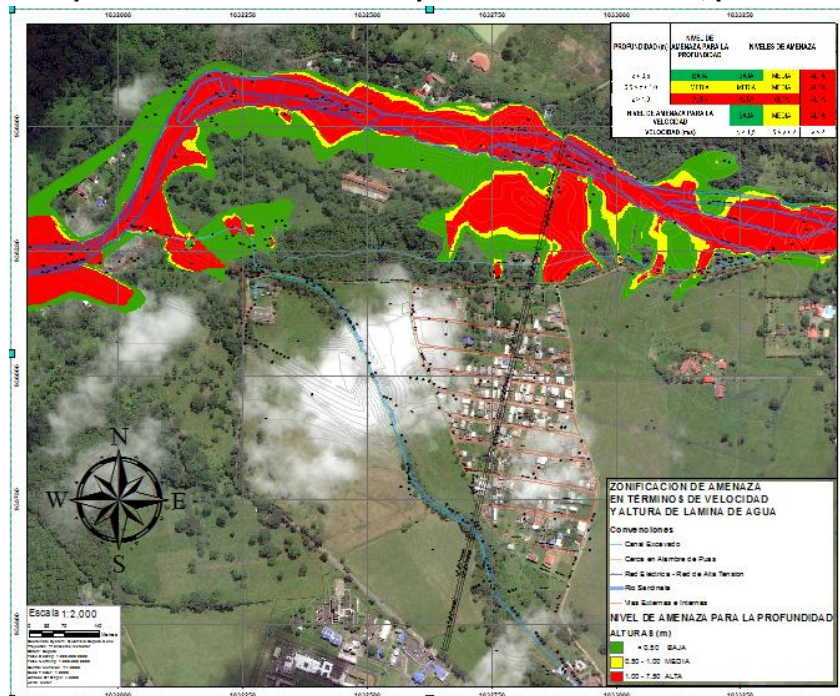
Fuente: UT HMS EL DIAMANTE



## Resultados de la susceptibilidad por hidrología e hidráulica.

La zonificación de la susceptibilidad de la inundación por variables hidrológicas, hidráulicas consistió en la estimación de la extensión de la inundación para el periodo de retorno de 100 años + 40%Q, considerados como eventos de amenaza baja, media, y alta, respectivamente. A continuación, se aprecia el mapa generado para las condiciones expuestas en este escrito.

**Figura 185 Susceptibilidad de la inundación por Orden Red Hídrica, pendiente y curvaturas**



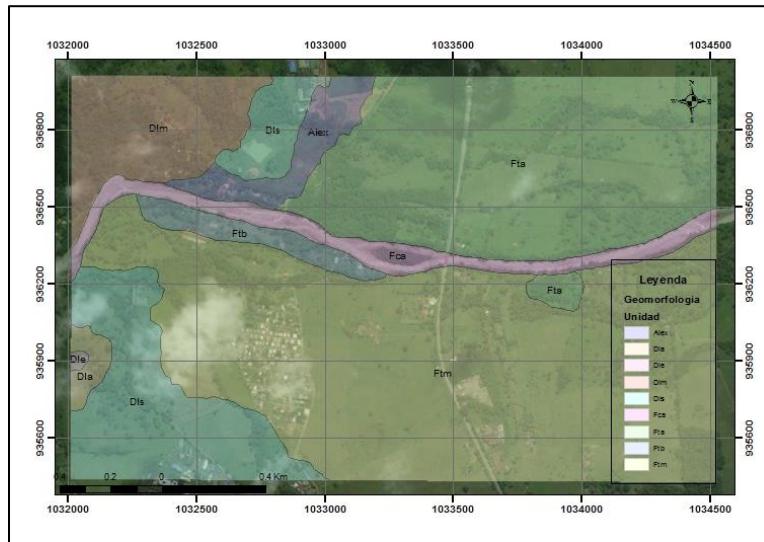
Fuente: UT HMS EL DIAMANTE

## Susceptibilidad de la inundación por Geomorfología

Para la vereda El Diamante la cartografía geomorfológica se hizo a nivel de Componente o Elemento Geomorfológico que aplica para escalas 1.2000, esta subdivisión representa el máximo nivel de detalle en la jerarquización y determina los rasgos del relieve (escarpes naturales o antrópicos, relieves internos de laderas o flancos, crestas, formas de valle, etc) definidos en sitios puntuales y determinados por la morfometría detallada del terreno en una subunidad geomorfológica. Igualmente puede estar definida por micro relieves asociados con una característica litológica. La descripción de las geoformas se fundamenta en la expresión morfológica o de relieve y la morfometría. Se describen los elementos geomorfológicos identificados en la vereda El Diamante.



**Figura 186 Unidades Geomorfológicas El Diamante**



**Fuente:** Elaboración propia.

### **Unidades de Origen Fluvial**

Se incluye en ésta categoría a las geoformas originadas por procesos debidos y/o asociados a los distintos procesos de origen fluvial antiguos y actuales, ocasionados principalmente por procesos de erosión y socavación lateral de orillas y causados por las principales corrientes de ríos y quebradas que drenan el área y acorde con los procesos de acumulación antigua y actual de sedimentos y materiales coluviales en las áreas aledañas a dichas corrientes, tanto en épocas de grandes avenidas torrenciales que ocasionan procesos de socavación lateral de orillas, junto con desborde e inundación, tal como se evidencia a todo lo largo del cauce de los ríos y las quebradas y que presentan su propia dinámica fluvial de las corrientes actuales tanto durante los períodos húmedos como durante las épocas secas. De esta manera y con la ayuda de las imágenes y el modelo de sombras fue posible interpretar las distintas unidades geomorfológicas de acumulación en su lecho activo y la erosión en las áreas aledañas a los cauces de los ríos y quebradas y en el propio fondo de los cauces actuales, cuyos depósitos fueron transportados y acumulados cuando estas corrientes perdieron su capacidad de arrastre de los materiales y los depositaron en su lecho activo actual.

#### **Fluvial de cauce activo (Fca)**






Corresponde al área ocupada por los cauces activos actuales que tienen formas irregulares excavadas por efecto de la acción de erosión de las corrientes permanentes o intermitentes que cruzan por la región y cortan a las secuencias de rocas sedimentarias del Cretácico expuestas en las partes altas de la zona montañosa y la acumulación de los distintos depósitos de sedimentos no consolidados del cuaternario de origen hidro-gravitacional y fluvial. De acuerdo con las características litológicas (rocas duras y blandas) y otros factores como: la pendiente, resistencia de los materiales expuestos en el propio lecho de los ríos y quebradas, dónde la carga de sedimentos y el tipo de caudal se van incrementando y pueden persistir por grandes distancias.

### **Fluvial de terraza alta (Fta), Fluvial de terraza media (Ftm), Fluvial de terraza baja (Ftb)**

Se trata de superficies planas a levemente ondulada, modeladas sobre depósitos de sedimentos de origen fluvial y que se encuentran asociados sobre ambos márgenes del cauce principal actual y en forma pareada y limitadas por escarpes de altura variable a todo lo largo del cauce de los ríos mayores actuales. El origen de estos depósitos está directamente relacionado con procesos de erosión, transporte y acumulación de depósitos producto de la dinámica fluvial actual; y en algunos otros casos se interpretaron otros depósitos que representan los acumulados en posiciones más altas y lejos de la posición del cauce activo actual; sobre todo aquellos depósitos localizados sobre las laderas cuyas áreas en otra época pertenecieron a las antiguas llanuras de inundación. Dentro de las terrazas se pueden observar diferentes niveles, dependiendo de los procesos de acumulación de los cauces, siendo las terrazas más antiguas las de mayor altura sobre el nivel del cauce.

### **Unidades de Origen Denudacional**

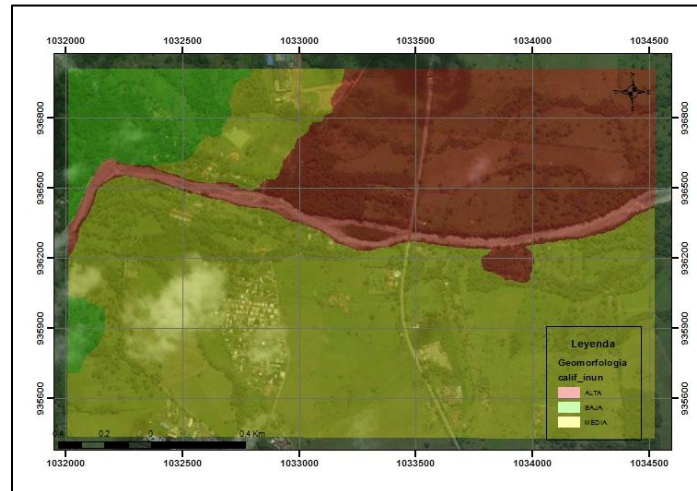
Las unidades de origen denudacional están desarrolladas sobre las diferentes secuencias de rocas sedimentarias del Cretácico. Se incluyen en esta categoría las geoformas cuya expresión morfológica está definida por la acción combinada de procesos denudativos que han actuado sobre las rocas plegadas y posteriormente falladas del Cretácico y que también han sido afectadas por procesos de alteración por meteorización y erosión en diferentes grados, como también procesos pluviales que han modelado dichas geoformas. En algunos casos particulares se observan relictos o remanentes de unidades de origen denudacional sobre rocas preexistentes y de igual manera, se han creado nuevas geoformas debido a la acción de la acumulación de depósitos de sedimentos derivados de procesos geomorfológicos antiguos y actuales.

-  Denudacional de ladera moderada (Dlm)
-  Denudacional de ladera suave (Dis)
-  Denudacional de ladera escarpada (Dle)
-  Denudacional de ladera abrupta (Dla)
-  Laderas explanadas (Alex)

### **Resultados de la susceptibilidad por Geomorfología**

Teniendo en cuenta las unidades geomorfológicas de la zona de estudio se realiza la zonificación de la susceptibilidad de la geomorfología clasificándolos como alta, media o baja según las características intrínsecas que puedan generar procesos de inundación por desbordamientos y/o cambio en el patrón de drenaje debido a las condiciones naturales de los suelos.

**Figura 187 Susceptibilidad geomorfológica El Diamante**



**Fuente:** Elaboración propia.

### **ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA POR INUNDACIÓN PARA EL SUELO URBANO A ESCALA 1:2.000**

Para la zonificación de la amenaza por inundación El Diamante, en primera instancia se investigó las metodologías aplicables teniendo en cuenta la información disponible, la magnitud de los eventos e información de la comunidad, para posteriormente generar resultados que fueran consecuentes con la realidad de territorio.

Producto de la investigación preliminar y de los insumos a escala 1:2000 con que se dispone, se propuso la siguiente calificación para la zonificación de la amenaza por inundación:

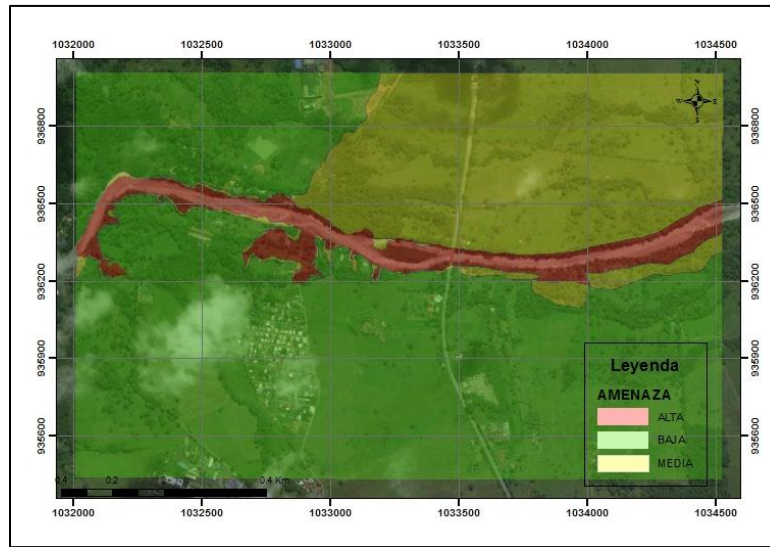
*Tabla 62 Calificación de la amenaza por inundación El Diamante (1:2000)*

	DESBORDAMIENTO	GEOMORFOLOGIA	CALIFICACIÓN
<b>AMENAZA</b>	ALTA	ALTA	ALTA
	ALTA	MEDIA	ALTA
	ALTA	BAJA	MEDIA
	MEDIA	ALTA	ALTA
	MEDIA	MEDIA	MEDIA
	MEDIA	BAJA	MEDIA
	BAJA	ALTA	MEDIA
	BAJA	MEDIA	BAJA
	BAJA	BAJA	BAJA

**Fuente:** Elaboración propia.

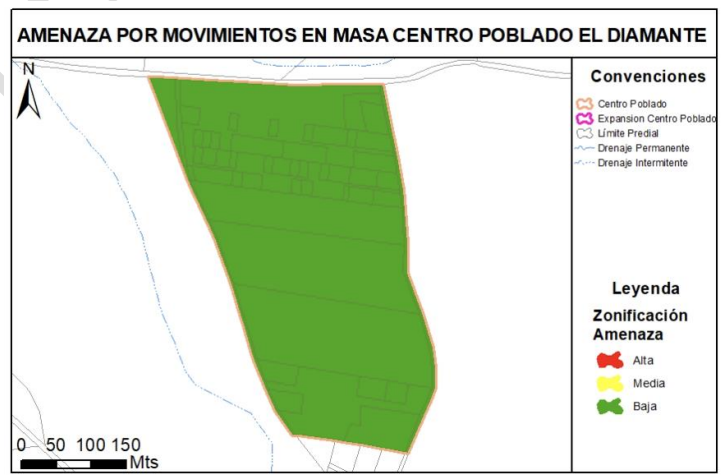
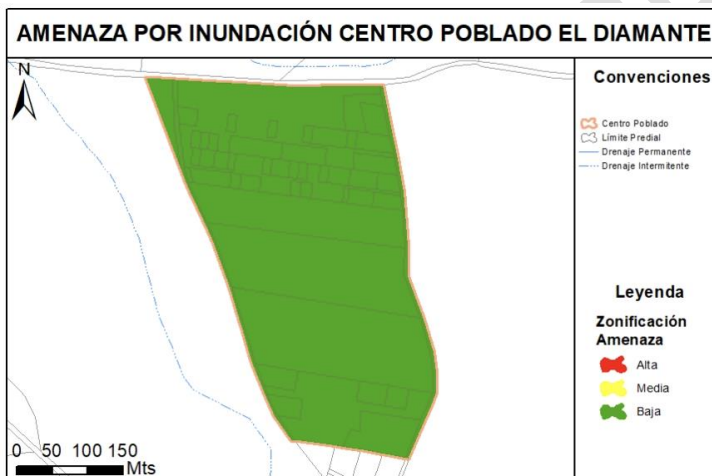
La zonificación final corresponde a la delimitación de la amenaza por inundación. En esta etapa, una vez delimitada la planicie de inundación con ayuda de HecRAS y por geomorfología se realiza el cruce cartográfico y se cataloga como amenaza alta, media o baja según corresponda. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presenta el mapa de amenaza por inundación.

Figura 188 Zonificación de la amenaza por inundación.



Fuente: Elaboración propia.

Como puede observarse este centro poblado presenta amenaza baja por Inundación, movimientos en masa y avenidas torrenciales.



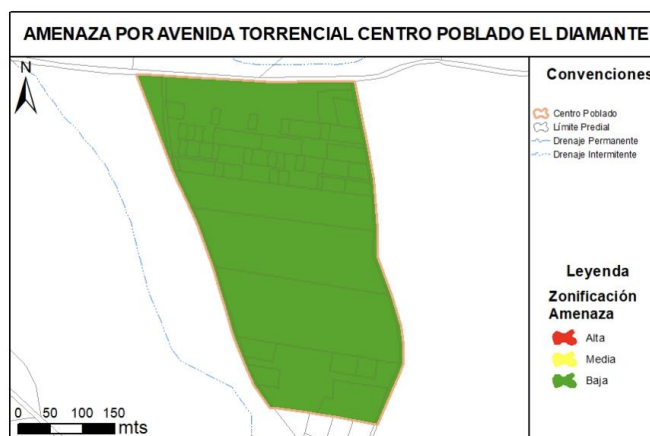


Figura 189. Mapas de Amenaza Centro Poblado El Diamante

## 10. AREAS CON CONDICION DE AMENAZA Y CONDICION DE RIESGO

### ÁREAS EN CONDICIÓN DE AMENAZA

De acuerdo con el Decreto 1807 de 2014 (compilado por el Decreto 1077 de 2015) las áreas con condición de amenaza son las zonas o áreas del territorio municipal zonificadas como de amenaza alta y media en las que se establezca en la revisión o expedición de un nuevo POT la necesidad de clasificarlas como suelo urbano, de expansión urbana, rural suburbano o centros poblados rurales para permitir su desarrollo.

Para el municipio de Acacias con el fin de determinar las áreas con condición de amenaza se realiza el cruce de las áreas que se encuentran localizadas en el suelo urbano en los polígonos propuestos como suelo expansión urbana y las áreas propuesta con tratamiento de desarrollo, así como las localizadas en Centros Poblados, mientras que en el suelo rural fueron tenidas en cuenta las áreas propuestas como polígonos de vivienda campestre, suelo industrial suburbano, suelo residencial suburbano y el corredor vial suburbano, con las áreas categorizadas como de amenaza alta y media por movimientos en masa e inundación y avenidas torrenciales.

Estas zonas serán de especial atención ya que solo pueden desarrollarse cuando sean realizados los estudios de riesgo detallados que determinen la categoría de riesgo en la que se encuentran y las medidas de intervención que permitan reducirlo.

Las áreas con condición de amenaza fueron espacializadas en los mapas que se presentan a continuación:

### Suelo Rural

Para la identificación de las áreas con condición de amenaza en el suelo rural, se generan los cruces cartográficos entre las áreas que se encuentran dentro los centros poblados rurales y corredores suburbanos las cuales se encuentran sin ocupar, las áreas propuestas como polígonos de vivienda campestre, suelo industrial suburbano, suelo residencial suburbano y el corredor vial suburbano y las áreas categorizadas como amenaza alta y media por inundación y movimientos en masa y avenidas torrenciales.



A continuación, se presentan las áreas con condición de amenaza del suelo rural para movimientos en masa, inundaciones, avenidas torrenciales.

#### Condición de amenaza por movimiento en masa:

Las áreas con condición de amenaza por movimiento en masa rural fueron espacializadas en el Mapa MFR-21 Condición de amenaza por movimientos en masa Rural.



Fuente: Elaboración propia

ÁREAS CON CONDICIÓN DE AMENAZA MOVIMIENTOS EN MASA RURAL		
Simbología	Descripción	Área (Has)
	Zonas o áreas sin ocupar del suelo urbano, de expansión urbana, rural suburbano o centros poblados rurales en las que en la revisión o en la expedición de un nuevo POT se proponga su desarrollo, y que hayan sido zonificadas como de amenaza alta y media.	44.96

#### Condición de amenaza por Inundación Rural:

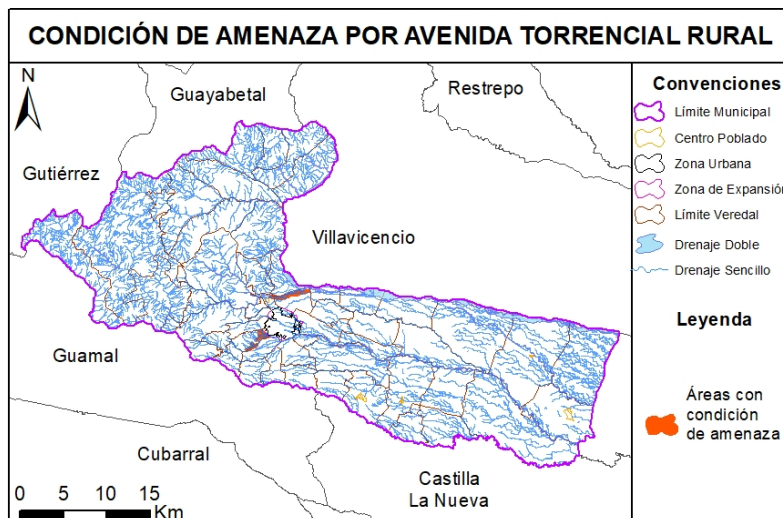
Las áreas con condición de amenaza por Inundación rural fueron espacializadas en el Mapa MFR-20 Condición de amenaza por Inundación Rural.



Fuente: Elaboración propia

ÁREAS CON CONDICIÓN DE AMENAZA INUNDACIÓN RURAL		
Simbología	Descripción	Área (Has)
	Zonas o áreas sin ocupar del suelo urbano, de expansión urbana, rural suburbano o centros poblados rurales en las que en la revisión o en la expedición de un nuevo POT se proponga su desarrollo, y que hayan sido zonificadas como de amenaza alta y media.	565.37

**Condición de amenaza por Avenida Torrencial:** las áreas con condición de amenaza por Avenida Torrencial fueron espacializadas en el Mapa MFR-22 Condición de amenaza por Inundación Rural.



Fuente: Elaboración propia

ÁREAS CON CONDICIÓN DE AMENAZA AVENIDA TORRENCIAL RURAL		
Simbología	Descripción	Área (Has)
	Zonas o áreas sin ocupar del suelo urbano, de expansión urbana, rural suburbano o centros poblados rurales en las que en la revisión o en la expedición de un nuevo POT se proponga su desarrollo, y que hayan sido zonificadas como de amenaza alta y media.	47.67

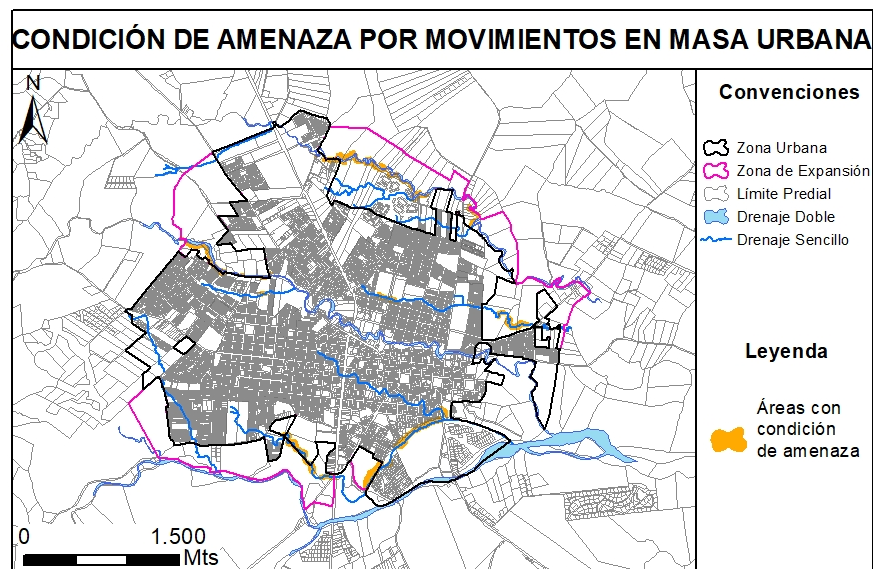
#### Suelo urbano:

Para la identificación de las zonas con condición de amenaza en el suelo urbano, se generan los cruces cartográficos entre las áreas de expansión y las que se proponen dentro el tratamiento de desarrollo del casco urbano y las áreas categorizadas como amenaza alta y media por inundación movimientos en masa y avenidas torrenciales.

A continuación, se presentan las áreas con condición de amenaza del suelo urbano para movimientos en masa, inundaciones, avenidas torrenciales e incendios forestales

#### Condición de amenaza por movimiento en masa:

Las áreas con condición de amenaza por movimiento en masa fueron espacializadas en el Mapa MFU-16 Condición de amenaza por movimientos en masa urbano.



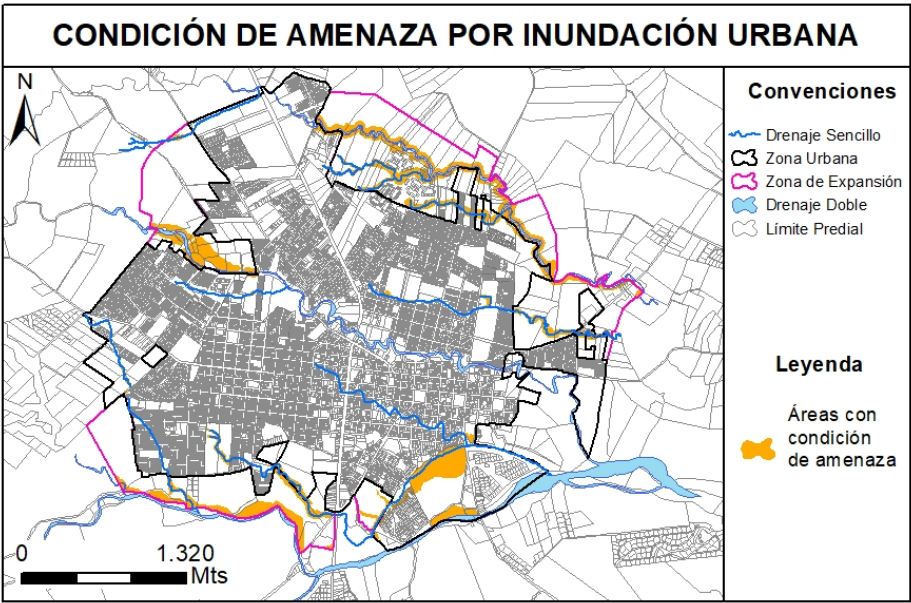
Fuente: Elaboración propia

ÁREAS CON CONDICIÓN DE AMENAZA - MOVIMIENTOS EN MASA		
Simbología	Descripción	Área (Has)

	Zonas o áreas sin ocupar del suelo urbano, de expansión urbana, rural suburbano o centros poblados rurales en las que en la revisión o en la expedición de un nuevo POT se proponga su desarrollo, y que hayan sido zonificadas como de amenaza alta y media.	8.67
--	---	------

**Condición de amenaza por Inundación:**

Las áreas con condición de amenaza por Inundación urbano fueron espacializadas en el Mapa MFU-15 Condición de amenaza por Inundación urbano.



Fuente: Elaboración propia

ÁREAS CON CONDICIÓN DE AMENAZA - INUNDACIÓN		
Simbología	Descripción	Área (Has)
	Zonas o áreas sin ocupar del suelo urbano, de expansión urbana, rural suburbano o centros poblados rurales en las que en la revisión o en la expedición de un nuevo POT se proponga su desarrollo, y que hayan sido zonificadas como de amenaza alta y media.	85.33

**Condición de amenaza por Avenida Torrencial:**

No fueron identificadas áreas con condición de amenaza por Avenida Torrencial pues el área urbana y de expansión urbana se encuentran en amenaza baja por este tipo de evento.

## CENTROS POBLADOS

Luego de realizar los cruces correspondientes para los centros poblados fue posible determinar que los centros poblados no tienen áreas con condición de amenaza pues en la zonificación de amenazas todos se encuentran en amenaza baja.

## ÁREAS CON CONDICIÓN DE RIESGO

Según lo define el Decreto 1807 de 2014 las áreas con condición de riesgo corresponden a las áreas del territorio municipal clasificadas como de amenaza alta que estén urbanizadas, ocupadas o edificadas, así como en las que se encuentren elementos del sistema vial, equipamientos (salud, educación, otros) e infraestructura de servicios públicos. Teniendo en cuenta lo anterior y luego de realizar la zonificación de las amenazas por remoción en masa, inundación, avenidas torrenciales e incendios forestales, fueron elaborados los mapas de áreas con condición de riesgo. Estas zonas serán de especial atención en todos contenidos del documento técnico de soporte del Esquema de Ordenamiento Territorial y su respectivo acuerdo, ya que es necesario priorizar la realización de estudios de riesgo detallados con el fin determinar las medidas de mitigación que permitan la reducción del riesgo.

Las áreas con condición de riesgo fueron espacializadas en los mapas que se presentan a continuación:

### Suelo Rural

A continuación, se presentan las áreas con condición de riesgo del suelo rural para movimientos en masa, inundaciones, avenidas torrenciales.

### Condición de Riesgo por movimiento en masa:

Las áreas con condición de Riesgo por movimiento en masa fueron espacializadas en el Mapa MFR-24 Condición de riesgo por movimiento en masa Rural.



Fuente: Elaboración propia



ÁREAS CON CONDICIÓN DE RIESGO MOVIMIENTOS EN MASA RURAL		
Simbología	Descripción	Área (Has)
	Zonas o áreas con existencia de elementos expuestos, de áreas urbanizadas, ocupadas o edificadas así como de aquellas en las que se encuentren edificaciones indispensables y líneas vitales, y que hayan sido zonificadas como de amenaza alta.	58,34

#### Condición de Riesgo por Inundación:

Las áreas con condición de Riesgo por inundación fueron espacializadas en el Mapa MFR-23 Condición de riesgo por Inundación.

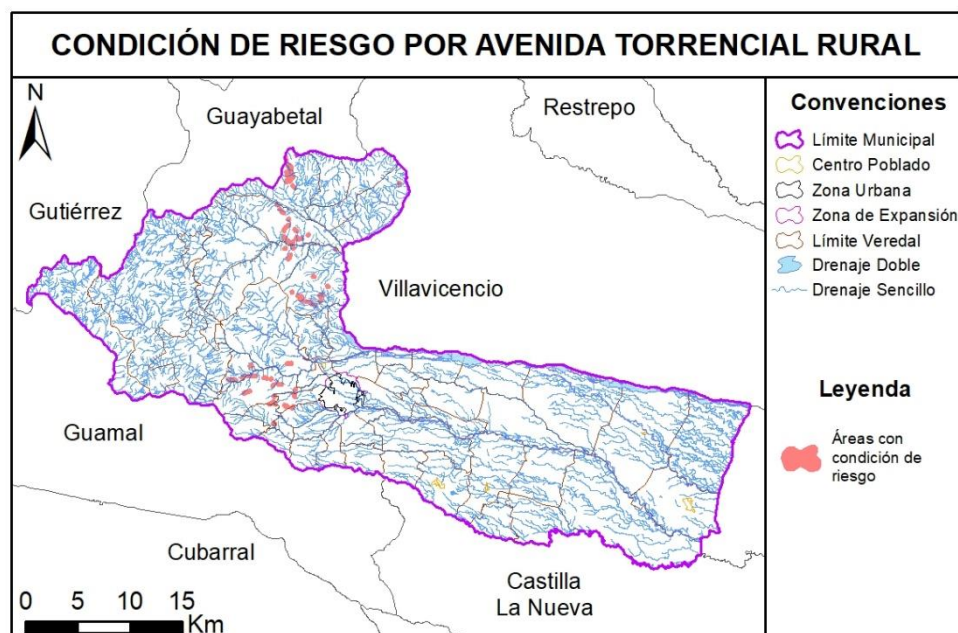


Fuente: Elaboración propia

ÁREAS CON CONDICIÓN DE RIESGO INUNDACIÓN RURAL		
Simbología	Descripción	Área (Has)
	Zonas o áreas con existencia de elementos expuestos, de áreas urbanizadas, ocupadas o edificadas así como de aquellas en las que se encuentren edificaciones indispensables y líneas vitales, y que hayan sido zonificadas como de amenaza alta.	7,50

### Condición de Riesgo por Avenida Torrencial Rural:

Las áreas con condición de Riesgo por Avenida Torrencial Rural fueron espacializadas en el Mapa MFR-25 Condición de riesgo por Avenida Torrencial Rural.



Fuente: Elaboración propia

ÁREAS CON CONDICIÓN DE RIESGO AVENIDA TORRENCIAL RURAL		
Simbología	Descripción	Área (Has)
	Zonas o áreas con existencia de elementos expuestos, de áreas urbanizadas, ocupadas o edificadas así como de aquellas en las que se encuentren edificaciones indispensables y líneas vitales, y que hayan sido zonificadas como de amenaza alta.	22,69

### Suelo Urbano

A continuación, se presentan las áreas con condición de Riesgo Urbano para Inundación, Movimientos en masa y Avenida Torrencial.

### Condición de Riesgo por Inundación:

Las áreas con condición de Riesgo por Inundación fueron espacializadas en el Mapa MFU-17 Condición de riesgo por Inundación urbano,

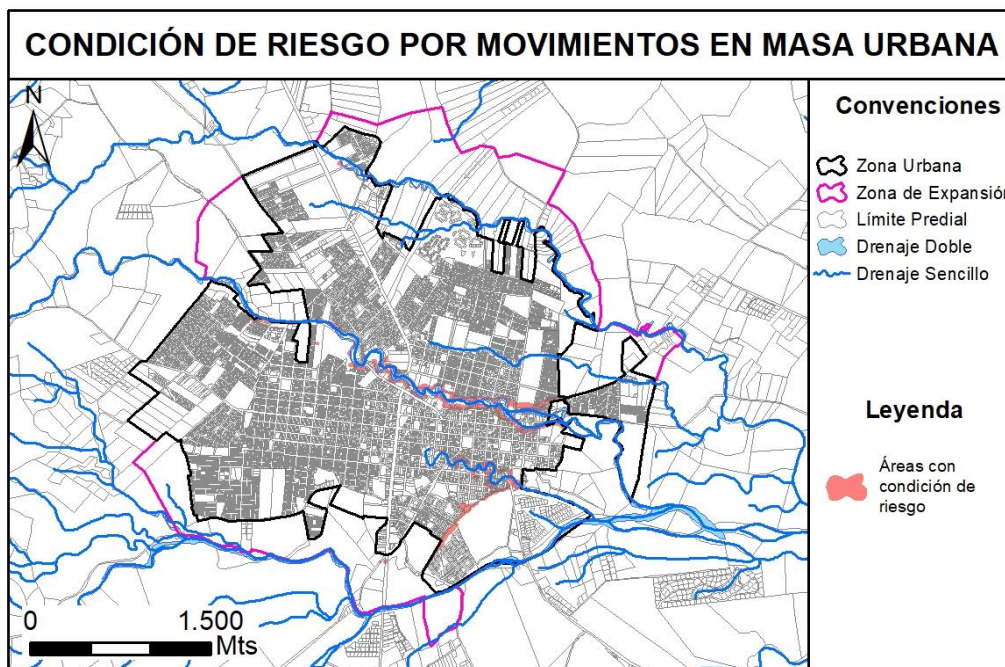


Fuente: Elaboración propia

ÁREAS CON CONDICIÓN DE RIESGO - INUNDACIÓN		
Simbología	Descripción	Área (Has)
	Zonas o áreas con existencia de elementos expuestos, de áreas urbanizadas, ocupadas o edificadas así como de aquellas en las que se encuentren edificaciones indispensables y líneas vitales, y que hayan sido zonificadas como de amenaza alta.	17.78

#### Condición de Riesgo por Movimientos en Masa Urbano:

Las áreas con condición de Riesgo por Movimientos en Masa Urbano fueron espacializadas en el Mapa MFU-18 Condición de riesgo por Movimientos en Masa Urbano



Fuente: Elaboración propia

ÁREAS CON CONDICIÓN DE RIESGO - MOVIMIENTOS EN MASA		
Simbología	Descripción	Área (Has)
	Zonas o áreas con existencia de elementos expuestos, de áreas urbanizadas, ocupadas o edificadas así como de aquellas en las que se encuentren edificaciones indispensables y líneas vitales, y que hayan sido zonificadas como de amenaza alta.	2.83

#### 11. ÁREAS PRIORIZADAS PARA LA REALIZACIÓN DE ESTUDIOS DETALLADOS

Según lo señalado en el artículo 12 del Decreto 1807 de 2014 compilado en el decreto 1077 de 2015, con base en la delimitación y zonificación de amenazas, se delimitan y zonifican las áreas con condición de riesgo, a fin de priorizar las áreas en las cuales se deben realizar estudios detallados. La identificación de las áreas con condición de riesgo se realizará a partir del análisis de las áreas zonificadas como de amenaza alta en los estudios básicos, con la información cartográfica (predial o catastral, entre otras) disponible que permita identificar la existencia de elementos expuestos, de áreas urbanizadas, ocupadas o edificadas, así como de aquellas en las que se encuentren edificaciones indispensables y líneas vitales.

Teniendo en cuenta lo anterior, se elaboraron los mapas con la delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo y se establecen los criterios para la caracterización y delimitación de las unidades de análisis para cada uno de los eventos estudiados y la priorización para la realización de los estudios detallados que permitirán categorizar el riesgo.

#### Priorización de áreas para estudios detallados en el suelo rural

A continuación, se presentan los criterios definidos para la priorización de estudios detallados por movimientos en masa, inundación y avenida torrencial para el corto, mediano y largo plazo.

Tabla 63. Criterios para la priorización de estudios detallados

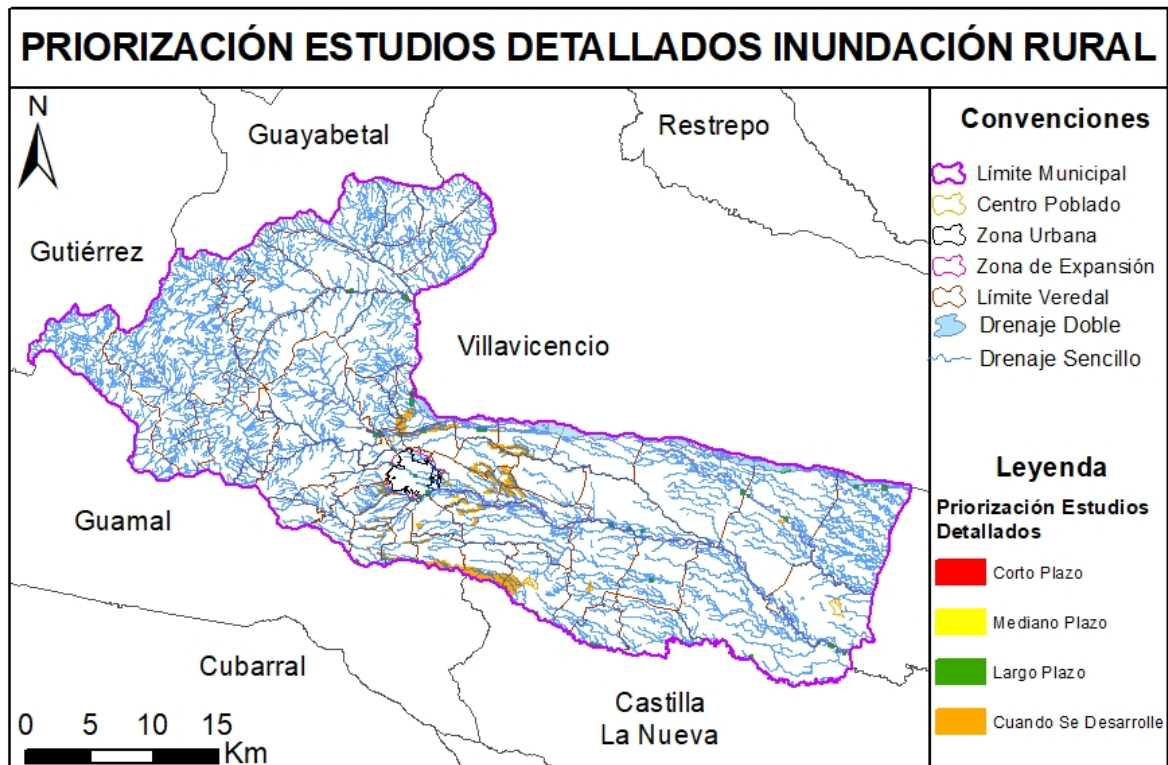
CLASIFICACIÓN PARA EL SUELO RURAL		
INDICADOR	PRIORIZACIÓN	PLAZO
URBANIZACIONES, ÁREAS OCUPADAS O EDIFICADAS (No. De CONSTRUCCIONES)	Mayor a 25	Corto
	15 a 25	Mediano
	1 a 15	Largo
EQUIPAMIENTOS	Todos	Corto
ELEMENTOS DEL SISTEMA VIAL	Más de 13.000 m2	Corto
	De 6.500 m2 a 13.000m2	Mediano
	Menos de 6.500 m2	Largo
INFRAESTRUCTURA DE SERVICIOS PÚBLICOS	Todas las construcciones	Corto
	Res de infraestructura	Mediano
	Acueductos Veredales	Corto
	Red de alta tensión 0 a 1 km	Mediano

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura es posible observar los sitios priorizados para realizar estudios detallados por inundación rural.

Figura 190. Priorización estudios detallados por inundación rural





Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se observan los indicadores utilizados para las priorizaciones realizadas por vereda por inundación rural.

Tabla 64. *Priorización de estudios detallados por inundación rural*

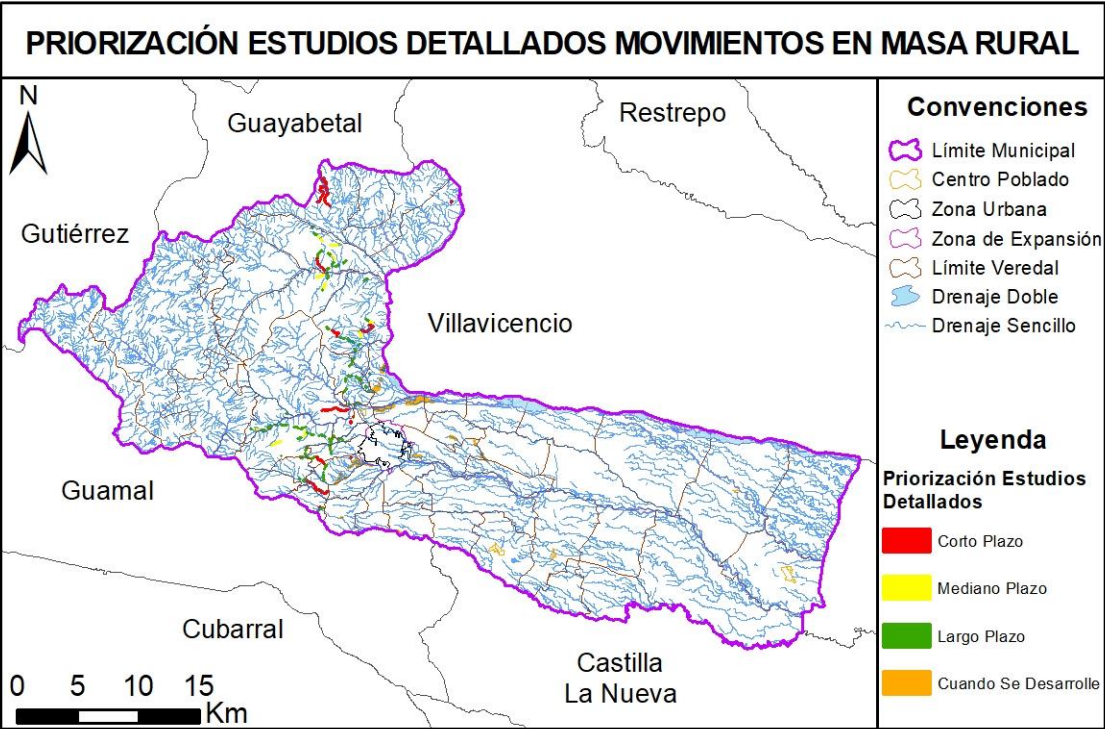
Fenómeno	Indicador	No.	Vereda	Priorización / Plazo
Inundación	Equipamiento educativo	1	Brisas del Guayuriba	Corto Plazo
	Indicador	m2	vereda	Priorización / Plazo
	Sistema Vial	9352,5	Brisas del Guayuriba	Largo Plazo
		1657,2	Diamante	Largo Plazo
		1032,0	El Centro	Largo Plazo
		759,2	La Cecilita	Largo Plazo
		47,7	Rancho Grande	Largo Plazo
		946,9	Cruce de San José	Largo Plazo
		2115,6	Patio Bonito	Largo Plazo
		2492,8	Caño Hondo	Largo Plazo
		2626,4	Colonia Penal de Oriente	Largo Plazo
		84,2	Dinamarca	Largo Plazo
		1755,7	El Rosario	Largo Plazo
		7867,5	El Triunfo	Largo Plazo

Fenómeno	Indicador	No.	Vereda	Priorización / Plazo
		153,5	La Palma	Largo Plazo
		1371,8	La Loma	Largo Plazo
		1705,2	La Primavera	Largo Plazo
		544,99	La Union	Largo Plazo
		1.398,78	Laberinto	Largo Plazo
		3.263,77	Las Blancas	Largo Plazo
		5.397,87	Loma de San Juan	Largo Plazo
		2126,8	Manzanares	Largo Plazo
		11422,5	Quebraditas	Largo Plazo
		446,1	San Cayetano	Largo Plazo
		1182,8	San Isidro de Chichimene	Largo Plazo
		7042,8	San José de las Palomas	Largo Plazo
		855,4	San Nicolas	Largo Plazo
		5649	Santa Rosa	Largo Plazo
		1.081,78	Sardinata	Largo Plazo
	Indicador	Has	vereda	Priorización / Plazo
	AREAS A DESARROLLAR	115,8	Brisas del Guayuriba	Cuando se Desarrolle
		9,1	Cruce de San José	Cuando se Desarrolle
		6,7	Diamante	Cuando se Desarrolle
		4,59	El Centro	Cuando se Desarrolle
		23,39	El Playon	Cuando se Desarrolle
		41,06	El Resguardo	Cuando se Desarrolle
		22,5	El Rosario	Cuando se Desarrolle
		23,7	La Cecilita	Cuando se Desarrolle
		30,4	La Esmeralda	Cuando se Desarrolle
		1,12	La Pradera	Cuando se Desarrolle
		5,81	Las Margaritas	Cuando se Desarrolle
		72,1	Loma de Tigre	Cuando se Desarrolle
		177,5	Montebello	Cuando se Desarrolle
		11,7	Montelíbano	Cuando se Desarrolle
		19,53	Montelíbano Bajo	Cuando se Desarrolle
		16,6	Rancho Grande	Cuando se Desarrolle
		0,44	San Pablo	Cuando se Desarrolle
		102,5	San Isidro de Chichimene	Cuando se Desarrolle
		3,94	San Nicolas	Cuando se Desarrolle
		82,1	Santa Teresita	Cuando se Desarrolle
		161,9	Sardinata	Cuando se Desarrolle

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura es posible observar los sitios priorizados para realizar estudios detallados por movimiento en masa rural.

Figura 191. Priorización estudios detallados por movimiento en masa rural



En la siguiente tabla se observan los indicadores utilizados para las priorizaciones realizadas por vereda para movimientos en masa rural.

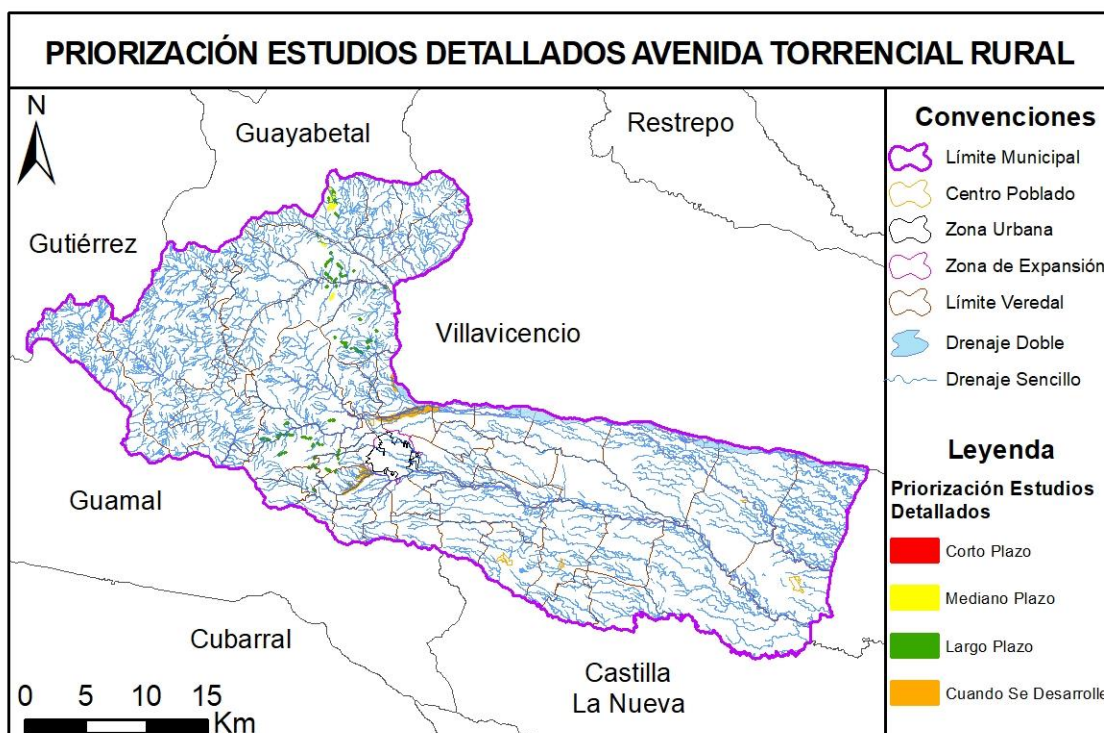
Tabla 65. *Priorización de estudios detallados por movimiento en masa rural*

Fenómeno	Indicador	No.	Vereda	Priorización / Plazo
Movimientos en masa	Urbanizaciones, Áreas ocupadas o Edificaciones (No. De Construcciones)	1	Brisas del Guayuriba	Corto Plazo
		1	Colonia Penal de Oriente	Corto Plazo
		1	Laberinto	Corto Plazo
		1	Portachuelo	Corto Plazo
		1	San Juanito	Corto Plazo
	Indicador	m2	vereda	Priorización / Plazo
	Sistema Vial	4.761,00	Brisas del Guayuriba	Largo Plazo
		33.002,41	Alto Acaciás	Largo Plazo
		49.181,51	Alto Acaciás	Largo Plazo
		19.179,39	Alto Acaciás	Mediano Plazo
		0,22	Colonia Penal de Oriente	Largo Plazo
		34.568,33	Colonia Penal de Oriente	Corto Plazo
		6.614,25	Diamante	Largo Plazo
		6.930,93	El Carmen	Largo Plazo
		11.068,23	El Playon	Largo Plazo

Fenómeno	Indicador	No.	Vereda	Priorización / Plazo
		9.179,13	Fresco Valle	Largo Plazo
		15.617,26	La Palma	Largo Plazo
		10.612,46	La Palma	Mediano Plazo
		3.893,38	La Pradera	Largo Plazo
		1.393,72	Las Blancas	Largo Plazo
		29.952,49	Loma de San Juan	Largo Plazo
		16.346,47	Loma de San Juan	Mediano Plazo
		40.076,07	Loma de San Juan	Corto Plazo
		3.584,14	Loma del Pañuelo	Largo Plazo
		38.997,06	Manzanares	Largo Plazo
		27.915,28	Manzanares	Mediano Plazo
		18.190,04	Manzanares	Corto Plazo
		902,86	Portachuelo	Largo Plazo
		91.658,80	Portachuelo	Corto Plazo
		16.061,08	San Cristobal	Largo Plazo
		17.946,22	San Pablo	Largo Plazo
		8.803,89	San Juanito	Largo Plazo
		7.579,65	Vista Hermosa	Largo Plazo
		20.879,68	Vista Hermosa	Mediano Plazo
	<b>Indicador</b>	<b>m2</b>	<b>vereda</b>	<b>Priorización / Plazo</b>
	Infraestructura Servicios Públicos	616,84	El Playon	Corto Plazo
		320,48	Las Blancas	Corto Plazo
	<b>Indicador</b>	<b>Has</b>	<b>vereda</b>	<b>Priorización / Plazo</b>
	AREAS A DESARROLLAR	2116,08	Brisas del Guayuriba	Cuando se Desarrolle
		827,42	Cruce de San José	Cuando se Desarrolle
		616,85	El Playon	Cuando se Desarrolle
		930,54	El Resguardo	Cuando se Desarrolle
		584,16	El Rosario	Cuando se Desarrolle
		69,62	La Pradera	Cuando se Desarrolle
		926,54	Loma de Tigre	Cuando se Desarrolle
		1541,42	Montelíbano	Cuando se Desarrolle
		936,82	Montelíbano Bajo	Cuando se Desarrolle
		683,32	Rancho Grande	Cuando se Desarrolle
		1242,14	Santa Teresita	Cuando se Desarrolle
		1714,99	Sardinata	Cuando se Desarrolle

En la siguiente figura es posible observar los sitios priorizados para realizar estudios detallados por avenida torrencial rural.

Figura 192. Priorización estudios detallados por movimiento en masa rural



En la siguiente tabla se observan los indicadores utilizados para las priorizaciones realizadas por vereda para avenida torrencial rural.

Tabla 66. *Priorización de estudios detallados por movimiento en masa rural*

Fenómeno	Indicador	No.	Vereda	Priorización / Plazo
Avenida Torrencial	Urbanizaciones, Áreas ocupadas o Edificaciones (No. De Construcciones)	1	Laberinto	Corto Plazo
		1	Portachuelo	Corto Plazo
	Indicador	m2	vereda	Priorización / Plazo
	Sistema Vial	34322,1	Alto Acaciñas	Largo Plazo
		3787,7	Colonia Penal de Oriente	Largo Plazo
		2021,6	El Playon	Largo Plazo
		4294,7	Fresco Valle	Largo Plazo
		8258,1	La Palma	Largo Plazo
		32581,2	Loma de San Juan	Largo Plazo
		36280,4	Manzanares	Largo Plazo
		19163,1	Portachuelo	Largo Plazo
		15169,3	San Cristobal	Largo Plazo
		4749,6	Vista Hermosa	Largo Plazo
		43025,7	Portachuelo	Mediano Plazo
		6.664,32	Manzanares	Mediano Plazo
		8.458,00	Vista Hermosa	Mediano Plazo



Fenómeno	Indicador	No.	Vereda	Priorización / Plazo
	Indicador	Has	vereda	Priorización / Plazo
	AREAS A DESARROLLAR	16,8	Brisas del Guayuriba	Cuando se Desarrolle
		5,14	Diamante	Cuando se Desarrolle
		24,90	El Playon	Cuando se Desarrolle
		12,92	El Rosario	Cuando se Desarrolle
		2,67	Rancho Grande	Cuando se Desarrolle
		147,25	Sardinata	Cuando se Desarrolle

### Priorización de áreas para estudios detallados en el suelo Urbano

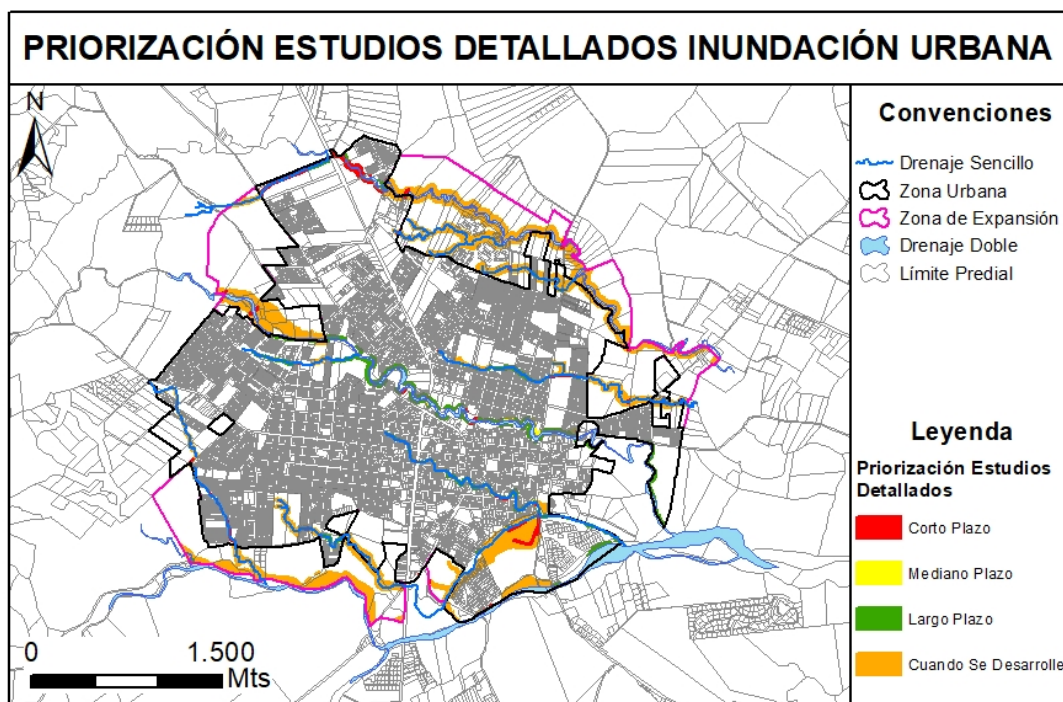
A continuación, se presentan los criterios definidos para la priorización de estudios detallados por movimientos en masa e inundación corto, mediano y largo plazo para el suelo urbano.

Tabla 67. *Criterios para la priorización de estudios detallados en el suelo urbano*

CALIFICACIÓN PARA SUELO URBANO Y DE EXPANSIÓN URBANA		
INDICADOR	PRIORIZACIÓN	PLAZO
URBANIZACIONES, ÁREAS OCUPADAS O EDIFICADAS (No. DE CONSTRUCCIONES)	más de 10	Corto
	1 a 10	Mediano
EQUIPAMIENTOS	Todos los equipamientos	Corto
ELEMENTOS DEL SISTEMA VIAL	más de 30 m <sup>2</sup>	Corto
	11 a 30 m <sup>2</sup>	Mediano
	1 a 10 m <sup>2</sup>	Largo
INFRAESTRUCTURA DE SERVICIOS PÚBLICOS	Todas las construcciones	Corto
	Red de infraestructura (ml)	Mediano

En la siguiente figura es posible observar los sitios priorizados para realizar estudios detallados por inundación urbana.

Figura 193. Priorización estudios detallados por inundación urbana



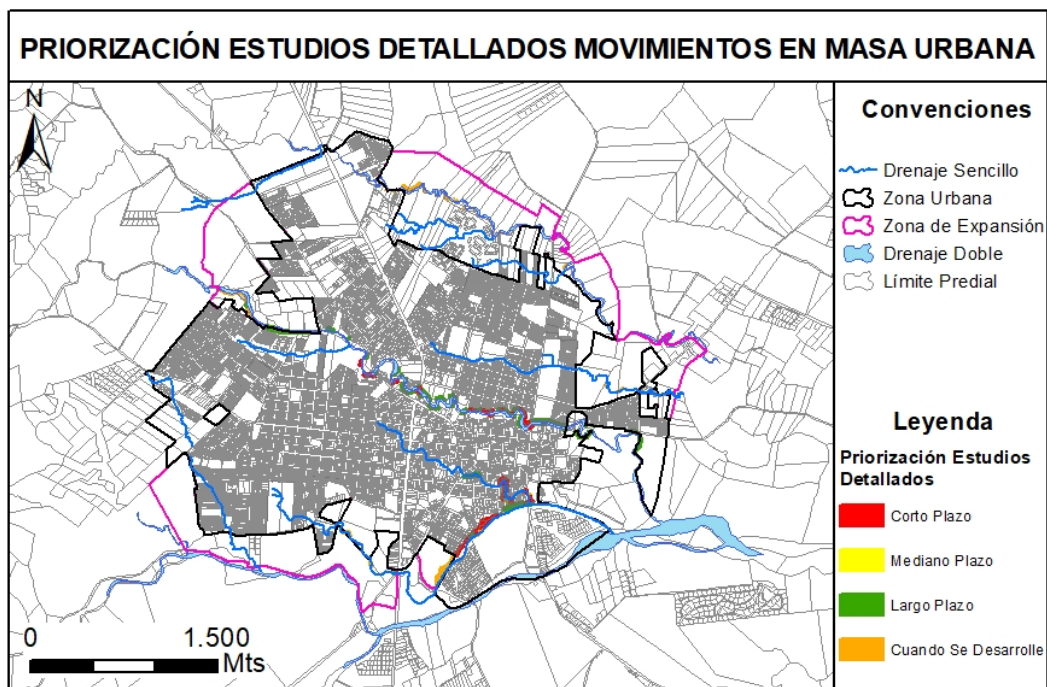
En la siguiente tabla se observan los indicadores utilizados para las priorizaciones realizadas en el suelo urbano.

Tabla 68. *Priorización de estudios detallados por inundación urbana*

Fenómeno	Indicador	M2	Suelo	Priorización / Plazo
Inundación	Urbanizaciones, Áreas ocupadas o Edificaciones	302,11	Urbano	Corto Plazo
		20.512,74	Urbano	Mediano Plazo
		128.495,04	Urbano	Largo Plazo
	Indicador	m2	Suelo	Priorización / Plazo
	Sistema Vial	70004,5	Urbano	Corto Plazo
		162,0	Urbano	Mediano Plazo
		12,5	Urbano	Largo Plazo
		10146,3	Expansión	Corto Plazo
		61,8	Expansión	Mediano Plazo
	Indicador	m2	Suelo	Priorización / Plazo
	AREAS A DESARROLLAR	311916,7	Urbano	Cuando se Desarrolle
		634302,2	Expansión	Cuando se Desarrolle
	Indicador	m2	Suelo	Priorización / Plazo
	Equipamientos	20.391,91	Urbano	Corto Plazo

En la siguiente figura es posible observar los sitios priorizados para realizar estudios detallados por movimientos en masa urbana.

Figura 194. Priorización estudios detallados por inundación urbana



Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se observan los indicadores utilizados para las priorizaciones realizadas en el suelo urbano.

Tabla 69. Priorización de estudios detallados por inundación urbana

Fenómeno	Indicador	M2	Suelo	Priorización / Plazo
Movimientos en Masa	Urbanizaciones, Áreas ocupadas o Edificaciones	14795,9	Urbano	Mediano Plazo
		30229,5	Urbano	Largo Plazo
	Indicador	m2	Suelo	Priorización / Plazo
	Sistema Vial	17221,2	Urbano	Corto Plazo
		165,1	Urbano	Mediano Plazo
		117,3	Urbano	Largo Plazo
		112,2	Expansión	Corto Plazo
		4,1	Expansión	Largo Plazo
	Indicador	m2	Suelo	Priorización / Plazo
	AREAS A DESARROLLAR	29303,8	Urbano	Cuando se Desarrolle
		98510,1	Expansión	Cuando se Desarrolle
	Indicador	m2	Suelo	Priorización / Plazo
	Equipamientos	2.490,96	Urbano	Corto Plazo

## **CENTROS POBLADOS**

En los centros Poblados no se tienen áreas priorizadas para la realización de estudios detallados puesto que la mayoría de los centros poblados se encuentran en amenaza baja y el centro poblado Santa Rosa tampoco tiene áreas con condiciones.

## **12. RECOMENDACIONES PARA ESTUDIOS DETALLADOS**

### **Lineamientos para elaboración de estudios detallados por remoción en masa en el área rural**

De acuerdo con el decreto 1077 de 2015, Artículo 2.2.2.1.3.2.2 Análisis detallado de amenaza por movimientos en masa, las siguientes son las especificaciones mínimas para la elaboración de dichos estudios:

1. Área de estudio. Se referirá a las áreas con condiciones de riesgo y amenaza, por movimientos en masa delimitadas en el plan de ordenamiento territorial, a partir de los estudios básicos. Estas áreas podrán ser precisadas con base en la geoforma de la zona objeto de análisis.
2. Insumos. Se consideran como insumos mínimos que se elaboran y evalúan a la escala de trabajo, los siguientes:
  - 2.1 Geología para ingeniería.
  - 2.2 Geomorfología a nivel de elementos.
  - 2.3 Hidrogeología, con énfasis en comportamiento de los niveles freáticos.
  - 2.4 Evaluación del drenaje superficial.
  - 2.5 Sismología.
  - 2.6 Uso del Suelo.
  - 2.7 Exploración del subsuelo.
  - 2.8 Levantamiento topográfico, incluyendo la información predial o catastral.
3. Alcance. El análisis de la amenaza a nivel detallado se realiza empleando por lo menos métodos determinísticos y modelos matemáticos, en función de la dinámica del movimiento en masa objeto de análisis.

Como parte del análisis de amenaza se debe tener en cuenta las causas de la inestabilidad del terreno, considerando dentro de los agentes detonantes los siguientes factores: agua, sismo y procesos antrópicos (cortes, excavaciones, rellenos y construcciones en general), mediante el análisis mínimo de tres escenarios.

4. Productos: Mapas de zonificación de amenaza por movimientos en masa. Se debe elaborar un documento técnico que contenga la metodología empleada y los resultados obtenidos. (Decreto 1807 de 2014, art. 15)

Evaluación de vulnerabilidad (Artículo 2.2.2.1.3.2.2.4 ). Para evaluar la vulnerabilidad se consideran los siguientes aspectos:

1. De acuerdo con los resultados del estudio detallado de amenazas para cada fenómeno analizado, se deben identificar y localizar en la cartografía correspondiente los elementos expuestos.

2. Se debe establecer las características de los elementos expuestos a las amenazas identificadas, en cuanto al tipo de elemento, grado de exposición, resistencia que ofrece el elemento y distribución espacial.

3. Se deben identificar los diferentes tipos de daño o efecto esperado sobre los elementos expuestos que se pueden presentar como resultado del fenómeno natural.

4. Esta información debe zonificarse en un mapa a la misma escala del mapa de amenazas detallados estableciendo categorías de vulnerabilidad alta, media y baja, de acuerdo con las características de los elementos expuestos. (Decreto 1807 de 2014, art. 17)

Evaluación del riesgo (Artículo 2.2.2.1.3.2.2.5). La evaluación de riesgo es el resultado de relacionar la zonificación detallada de amenaza y la evaluación de la vulnerabilidad. Con base en ello, se categorizará el riesgo en alto, medio y bajo, en función del nivel de afectación esperada.

Para las zonas en alto riesgo se definirá la mitigabilidad o no mitigabilidad, a partir de las alternativas de intervención física para reducir y evitar el incremento de la amenaza y/o vulnerabilidad.

Para estas alternativas se deberá evaluar su viabilidad de ejecución desde el punto de vista técnico, financiero y urbanístico. Bajo estas evaluaciones se obtendrá la definición del riesgo alto mitigable o riesgo alto no mitigable. (Decreto 1807 de 2014, art. 18)

Contenidos de la evaluación del riesgo (Artículo 2.2.2.1.3.2.2.6). Los estudios de evaluación de riesgo deben acompañarse de los siguientes documentos por cada fenómeno analizado:

1. Documento técnico que contenga metodología de evaluación empleada y los resultados.
2. Fichas de evaluación de vulnerabilidad.
3. Mapa de vulnerabilidad categorizada en alta, media y baja.
4. Mapa de riesgo, categorizado en alto, medio y bajo, señalando para el riesgo alto si es mitigable o no mitigable.
5. Mapas de localización y dimensionamiento de las medidas de intervención propuestas.
6. Presupuestos estimados de costos de las alternativas planteadas.
7. Inventario de viviendas en alto riesgo no mitigable (Decreto 1807 de 2014, art. 19)

Medidas de Intervención (Artículo 2.2.2.1.3.2.2.7). Para la prevención, mitigación del riesgo y/o reducción de la amenaza y/o vulnerabilidad, el estudio de evaluación de riesgo planteará medidas que podrán ser estructurales y no estructurales.

1. Las medidas estructurales, son medidas físicas encaminadas a la realización de acciones y obras para atender las condiciones de riesgo ya existentes. Entre otras se consideran las siguientes: obras de estabilización y de reforzamiento de edificaciones e infraestructura, las cuales deben ser predimensionadas sobre la cartografía a nivel de prediseño, con el estimativo de costos correspondiente.

En la determinación de este tipo de medidas se deben considerar los potenciales efectos que producirán aguas abajo.



En las zonas donde se define que el riesgo es no mitigable se deben identificar en detalle las viviendas y construcciones que serán objeto de reasentamiento, además de las obras de estabilización necesarias para evitar que aumente la influencia del fenómeno en estudio.

2. Las medidas no estructurales, orientadas a regular el uso, la ocupación y el aprovechamiento del suelo mediante la determinación de normas urbanísticas, proyectos para la implementación de sistemas de alertas tempranas en los casos que aplique, así como la socialización y apropiación cultural de los principios de responsabilidad y precaución. (Decreto 1807 de 2014, art. 20)

#### **Lineamientos para elaboración de estudios detallados por inundación en el área rural**

De acuerdo con el decreto 1077 de 2015, Artículo 2.2.2.1.3.2.2.2 Análisis detallado de amenaza por inundación, las siguientes son las especificaciones mínimas para la elaboración de dichos estudios:

1. **Área de estudio.** Se referirá a las áreas con condiciones de riesgo y amenaza por inundación delimitadas en el plan de ordenamiento territorial, a partir de los estudios básicos con los análisis del Plan de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA) aprobado.

2. **Insumos:** Se deben utilizar como mínimo los siguientes insumos:

2.1 Información de hidrología e hidráulica.

2.2 Información topográfica y batimétrica detallada de los tramos de cauce analizados, incluyendo aquellos elementos o tramos que estén asociados con el origen de la inundación.

3. **Alcance:** El análisis de la amenaza a nivel detallado se realizará teniendo en cuenta criterios históricos, geomorfológicos, hidrológico-hidráulicos empleando métodos asistidos por sensores remotos y sistemas de información geográfica.

4. **Productos:** Mapa o mapas de zonificación de amenaza por inundación por desbordamiento, el cual delimita y caracteriza los diferentes niveles de amenaza que presenta el territorio estudiado. Se debe elaborar un documento técnico que contenga la metodología empleada y los resultados obtenidos. (Decreto 1807 de 2014, art. [16](#))

**Evaluación de vulnerabilidad (Artículo 2.2.2.1.3.2.2.4).** Para evaluar la vulnerabilidad se consideran los siguientes aspectos:

1. De acuerdo con los resultados del estudio detallado de amenazas para cada fenómeno analizado, se deben identificar y localizar en la cartografía correspondiente los elementos expuestos.

2. Se debe establecer las características de los elementos expuestos a las amenazas identificadas, en cuanto al tipo de elemento, grado de exposición, resistencia que ofrece el elemento y distribución espacial.

3. Se deben identificar los diferentes tipos de daño o efecto esperado sobre los elementos expuestos que se pueden presentar como resultado del fenómeno natural.

4. Esta información debe zonificarse en un mapa a la misma escala del mapa de amenazas detallados estableciendo categorías de vulnerabilidad alta, media y baja, de acuerdo con las características de los elementos expuestos. (*Decreto 1807 de 2014, art. 17*)

**Evaluación del riesgo (Artículo 2.2.2.1.3.2.2.5).** La evaluación de riesgo es el resultado de relacionar la zonificación detallada de amenaza y la evaluación de la vulnerabilidad. Con base en ello, se categorizará el riesgo en alto, medio y bajo, en función del nivel de afectación esperada.

Para las zonas en alto riesgo se definirá la mitigabilidad o no mitigabilidad, a partir de las alternativas de intervención física para reducir y evitar el incremento de la amenaza y/o vulnerabilidad.

Para estas alternativas se deberá evaluar su viabilidad de ejecución desde el punto de vista técnico, financiero y urbanístico. Bajo estas evaluaciones se obtendrá la definición del riesgo alto mitigable o riesgo alto no mitigable. (*Decreto 1807 de 2014, art. 18*)

**Contenidos de la evaluación del riesgo (Artículo 2.2.2.1.3.2.2.6).** Los estudios de evaluación de riesgo deben acompañarse de los siguientes documentos por cada fenómeno analizado:

1. Documento técnico que contenga metodología de evaluación empleada y los resultados.
2. Fichas de evaluación de vulnerabilidad.
3. Mapa de vulnerabilidad categorizada en alta, media y baja.
4. Mapa de riesgo, categorizado en alto, medio y bajo, señalando para el riesgo alto si es mitigable o no mitigable.
5. Mapas de localización y dimensionamiento de las medidas de intervención propuestas.
6. Presupuestos estimados de costos de las alternativas planteadas.

7. Inventario de viviendas en alto riesgo no mitigable (*Decreto 1807 de 2014, art. 19*)

**Medidas de Intervención (Artículo 2.2.2.1.3.2.2.7).** Para la prevención, mitigación del riesgo y/o reducción de la amenaza y/o vulnerabilidad, el estudio de evaluación de riesgo planteará medidas que podrán ser estructurales y no estructurales.

1. Las medidas estructurales, son medidas físicas encaminadas a la realización de acciones y obras para atender las condiciones de riesgo ya existentes. Entre otras se consideran las siguientes: obras de estabilización y de reforzamiento de edificaciones e infraestructura, las cuales deben ser predimensionadas sobre la cartografía a nivel de prediseño, con el estimativo de costos correspondiente.

En la determinación de este tipo de medidas se deben considerar los potenciales efectos que producirán aguas abajo.

En las zonas donde se define que el riesgo es no mitigable se deben identificar en detalle las viviendas y construcciones que serán objeto de reasentamiento, además de las obras de estabilización necesarias para evitar que aumente la influencia del fenómeno en estudio.

2. Las medidas no estructurales, orientadas a regular el uso, la ocupación y el aprovechamiento del suelo mediante la determinación de normas urbanísticas, proyectos para la implementación de sistemas de alertas tempranas en los casos que aplique, así como la socialización y apropiación cultural de los principios de responsabilidad y precaución. (*Decreto 1807 de 2014, art. 20*)

### 13. BIBLIOGRAFÍA

Álzate et al., (2012): Zonificación a escala grande de amenaza por fenómenos de remoción en masa, empleando la herramienta del SIG.

Cantillo, CARLOS. (1999). Fundamentos Conceptuales sobre Riesgos y Desastres. Universidad Francisco de Paula Santander. Cúcuta, Colombia.

Cardona A., Omar D. (1997 a). Los Desastres: Eventos Ambientales. Artículo Técnico. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia.

Carvajal, Jose Henry. (2008). Primeras aproximaciones a la estandarización de la geomorfología en Colombia. Documento INGEOMINAS, 30 P. Bogotá.

Carvajal, Jose Henry. (2011). Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia. Documento interno Ingeominas. 21-28p. Bogotá.

Congreso de la Republica de Colombia, (2014). Decreto 1807: Incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial y se dictan otras disposiciones.

Congreso de la Republica de Colombia, (2012). Ley 1523: Política nacional de gestión de riesgo de desastres. Bogotá, Colombia.

Etayo, F., Parra, E. y Rodríguez, G., (1982). Análisis Facial del "Grupo del Dagua" con base en secciones aflorantes al oeste de Toro (Meta). Geol. Norandina, Bogotá, No.5, p.3-12.

FAO. (2005). Sistema de clasificación de cobertura de la tierra. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Environment and Nature Resources Service.

Fondo Adaptación. (2014). Protocolo para la Incorporación de la Gestión del Riesgo en los POMCA de acuerdo con los alcances técnicos del proyecto. Bogotá D.C.

Gobernación Meta, (2018). Plan de Ordenamiento Territorial Departamental del Meta.

Hauser, A., 1995. Estudio de riesgos geológicos en sector de Lo Valdés, comuna de San José de Maipo, Región Metropolitana. SERNAGEOMIN, Santiago.

IDEAM. (2010). Estudio Nacional del Agua. Bogotá D.C.: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

INGEOMINAS, (2000). Zonificación regional de amenazas por fenómenos de remoción en masa, caracterización geotécnica y amenaza volcánica para los municipios del eje cafetero afectados por el sismo del 25 de enero de 1999.

Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales. IDEAM. Adaptación de la Metodología CORINE Land Cover ajustada para Colombia. 2007.  
[www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/metodologia-corine-land-cover](http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/metodologia-corine-land-cover)

- IDEAM. (2014). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Recuperado el Noviembre de 2016, de <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/coberturas-tierra>
- IDEAM, IGAC y CORMAGDALENA. 2008. Mapa de Cobertura de la Tierra Cuenca Magdalena-Cauca: Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia a escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi y Corporación Autónoma Regional del río Grande de La Magdalena. Bogotá, D.C., 200p. + 164 hojas cartográficas.
- MADS. (2013). Guía Técnica para la Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas. Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico.
- MADS. (2014). Criterios para la priorización de cuencas hidrográficas objeto de Ordenación y Manejo. Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Dirección de gestión integral del recurso hídrico.
- MADS. (2014a). Guía Técnica para la formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCAS). Anexo A: Diagnóstico. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico.
- MADS. (2014b). Guía Técnica para la formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCAS). Anexo B: Gestión del Riesgo. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- PNGIRH. (2010). Política Nacional para la Gestión Integral de Recurso Hídrico. Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Resolución 2753 de 2010. (s.f.). "Por la cual se prórroga una concesión de aguas superficiales y se adoptan otras determinaciones". Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Dirección de Licencias, Permisos y Trámites Ambientales.
- Servicio Geológico Colombiano (2015). Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa. Bogotá D.C. Imprenta Nacional de Colombia.
- CAR-. Bogotá D.C.: Unión temporal AVR-CAR. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.
- Servicio Geológico Colombiano (2018). Guía Metodológica para la Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa escala 1: 25.000. Bogotá D. C.
- Servicio Geológico Colombiano (2015). Guía Metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa. Bogotá D. C.
- Servicio Geológico Colombiano (2012). Propuesta Metodológica Sistemática para la Generación de Mapas geomorfológicos Analíticos aplicados a la Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa escala 1:100.000. Bogotá D. C.
- Unidad Nacional para la Gestión de Riesgos de Desastres - Colombia (2017). Terminología sobre gestión de desastres y fenómenos amenazantes. Bogotá D.C., Colombia, 39 p.
-

UT AVR.CAR. (2015). Consultoría Para Elaborar Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa, Inundación, Avenida Torrencial E Incendios Forestales en los municipios priorizados jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.

---

Álzate et al., (2012): Zonificación a escala grande de amenaza por fenómenos de remoción en masa, empleando la herramienta del SIG.

Cantillo, CARLOS. (1999). Fundamentos Conceptuales sobre Riesgos y Desastres. Universidad Francisco de Paula Santander. Cúcuta, Colombia.

Cardona A., Omar D. (1997 a). Los Desastres: Eventos Ambientales. Artículo Técnico. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia.

Carvajal, Jose Henry. (2008). Primeras aproximaciones a la estandarización de la geomorfología en Colombia. Documento INGEOMINAS, 30 P. Bogotá.

Carvajal, Jose Henry. (2011). Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia. Documento interno Ingeominas. 21-28p. Bogotá.

Congreso de la Republica de Colombia, (2014). Decreto 1807: Incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial y se dictan otras disposiciones.

Congreso de la Republica de Colombia, (2012). Ley 1523: Política nacional de gestión de riesgo de desastres. Bogotá, Colombia.

Etayo, F., Parra, E. y Rodríguez, G., (1982). Análisis Facial del "Grupo del Dagua" con base en secciones aflorantes al oeste de Toro (Meta). Geol. Norandina, Bogotá, No.5, p.3-12.

FAO. (2005). Sistema de clasificación de cobertura de la tierra. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Environment and Nature Resources Service.

Fondo Adaptación. (2014). Protocolo para la Incorporación de la Gestión del Riesgo en los POMCA de acuerdo con los alcances técnicos del proyecto. Bogotá D.C.

Gobernación Meta, (2018). Plan de Ordenamiento Territorial Departamental del Meta.

Hauser, A., 1995. Estudio de riesgos geológicos en sector de Lo Valdés, comuna de San José de Maipo, Región Metropolitana. SERNAGEOMIN, Santiago.

IDEAM. (2010). Estudio Nacional del Agua. Bogotá D.C.: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales. IDEAM. Adaptación de la Metodología CORINE Land Cover ajustada para Colombia. 2007. [www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/metodologia-corine-land-cover](http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/metodologia-corine-land-cover)

IDEAM. (2014). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Recuperado el Noviembre de 2016, de <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/coberturas-tierra>

IDEAM, IGAC y CORMAGDALENA. 2008. Mapa de Cobertura de la Tierra Cuenca Magdalena-Cauca: Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia a escala 1:100.000.



Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi y Corporación Autónoma Regional del río Grande de La Magdalena. Bogotá, D.C., 200p. + 164 hojas cartográficas.

- MADS. (2013). Guía Técnica para la Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas. Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico.
- MADS. (2014). Criterios para la priorización de cuencas hidrográficas objeto de Ordenación y Manejo. Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Dirección de gestión integral del recurso hídrico.
- MADS. (2014a). Guía Técnica para la formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCAS). Anexo A: Diagnóstico. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico.
- MADS. (2014b). Guía Técnica para la formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCAS). Anexo B: Gestión del Riesgo. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- PNGIRH. (2010). Política Nacional para la Gestión Integral de Recurso Hídrico. Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Resolución 2753 de 2010. (s.f.). "Por la cual se prórroga una concesión de aguas superficiales y se adoptan otras determinaciones". Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Dirección de Licencias, Permisos y Trámites Ambientales.
- Servicio Geológico Colombiano (2015). Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa. Bogotá D.C. Imprenta Nacional de Colombia.
- CAR-. Bogotá D.C.: Unión temporal AVR-CAR. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.
- Servicio Geológico Colombiano (2018). Guía Metodológica para la Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa escala 1: 25.000. Bogotá D. C.
- Servicio Geológico Colombiano (2015). Guía Metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa. Bogotá D. C.
- Servicio Geológico Colombiano (2012). Propuesta Metodológica Sistemática para la Generación de Mapas geomorfológicos Analíticos aplicados a la Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa escala 1:100.000. Bogotá D. C.
- Unidad Nacional para la Gestión de Riesgos de Desastres - Colombia (2017). Terminología sobre gestión de desastres y fenómenos amenazantes. Bogotá D.C., Colombia, 39 p.
- UT AVR.CAR. (2015). Consultoría Para Elaborar Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa, Inundación, Avenida Torrencial E Incendios Forestales en los municipios priorizados jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.
-

## ANEXOS

EN CONCERTACIÓN