

ANÁLISIS DE RIESGO ANTE LA VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO DE LA CADENA DE VALOR CORRESPONDIENTE A LA PRODUCCIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN A DIVERSAS ESCALAS EN REGIONES PRIORIZADAS DEL PAÍS, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LOS PASOS CORRESPONDIENTES DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE RIESGOS ASOCIADOS A LA VARIABILIDAD Y EL CAMBIO CLIMÁTICO, DESARROLLADA POR UPME/MINENERGIA.

Producto 1. Diagnóstico de los componentes de la cadena de valor del subsistema de producción de materiales de construcción y de su entorno



Elaborado para:



Elaborado por:



Bogotá, D. C.,  
Noviembre de 2020

**ANÁLISIS DE RIESGO ANTE LA VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO DE LA CADENA DE VALOR CORRESPONDIENTE A LA PRODUCCIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN A DIVERSAS ESCALAS EN REGIONES PRIORIZADAS DEL PAÍS, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LOS PASOS CORRESPONDIENTES DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE RIESGOS ASOCIADOS A LA VARIABILIDAD Y EL CAMBIO CLIMÁTICO, DESARROLLADA POR UPME/MINENERGIA.**

**Entregable 1. Diagnóstico de los componentes de la cadena de valor del subsistema de producción de materiales de construcción y de su entorno**

Hoja de control

INERCO Consultoría Colombia

	<b>Elaboró</b>	<b>Revisó</b>	<b>Aprobó</b>	
<b>Versión:</b> 1	Área de Sostenibilidad, INERCO Consultoría Colombia	Yenny Mancera Coordinadora de proyecto	Jose Alejandro Bernal Director Área de Sostenibilidad	<b>Fecha de aprobación:</b>  Noviembre de 2020
		V.º B.º:	V.º B.º:	

Este Análisis de Riesgo ante la Variabilidad y Cambio Climático de la Cadena de Valor correspondiente a la Producción de Materiales de Construcción ha sido preparado por INERCO Consultoría Colombia con un conocimiento razonable y con el cuidado y la diligencia establecidos en los términos del contrato con UPME.

INERCO Consultoría Colombia niega alguna responsabilidad con UPME y con terceros respecto de cualquier materia fuera del alcance anterior. Este informe es confidencial e INERCO Consultoría Colombia no acepta ninguna responsabilidad en absoluto, si otros tienen acceso a parte o la totalidad del informe.

Anotaciones:

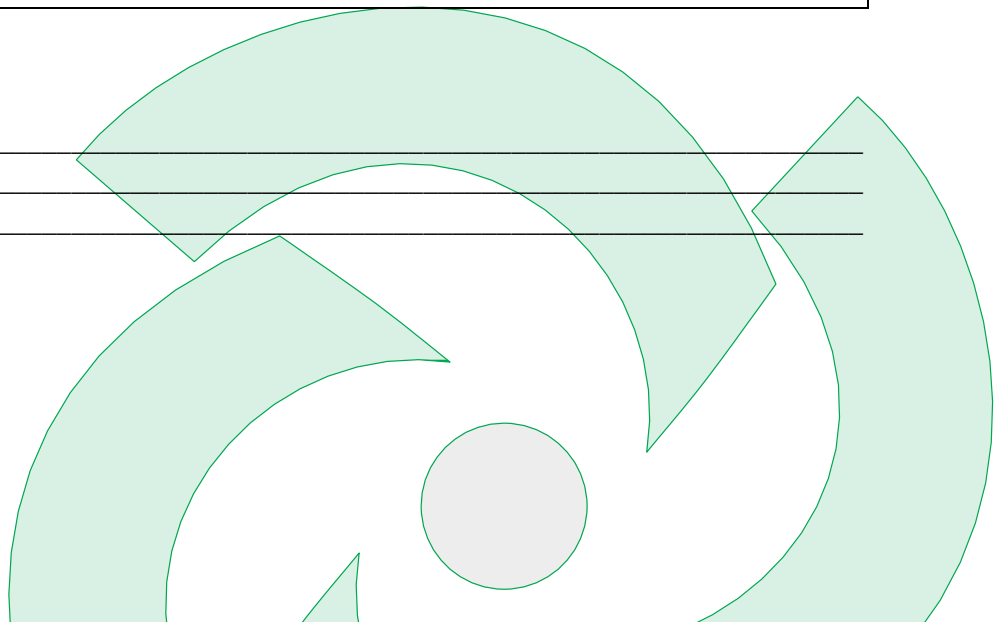
---



---




---



ANÁLISIS DE RIESGO ANTE LA VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO DE LA CADENA DE VALOR CORRESPONDIENTE A LA PRODUCCIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN A DIVERSAS ESCALAS EN REGIONES PRIORIZADAS DEL PAÍS, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LOS PASOS CORRESPONDIENTES DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE RIESGOS ASOCIADOS A LA VARIABILIDAD Y EL CAMBIO CLIMÁTICO, DESARROLLADA POR UPME/MINENERGIA.

Hoja de control

Unidad de Planeación Minero Energética UPME

Versión: 1	Elaboró	Revisó	Aprobó	Fecha de aprobación:  Noviembre de 2020
	 V.º B.º:	Wilson Sandoval  V.º B.º:	Wilson Sandoval  V.º B.º:	

En la preparación de este Análisis de Riesgo ante la Variabilidad y Cambio Climático de la Cadena de Valor correspondiente a la Producción de Materiales de Construcción, INERCO Consultoría Colombia y la UPME utilizaron la información provista por consultores especializados, autoridades nacionales y regionales, así como de otras fuentes no gubernamentales. UPME realizó la verificación de la información que su conocimiento y experiencia le permitió.

Este informe ha sido preparado por INERCO Consultoría Colombia, con un conocimiento razonable y con el cuidado y la diligencia establecidos en los términos del contrato con UPME.

Anotaciones:

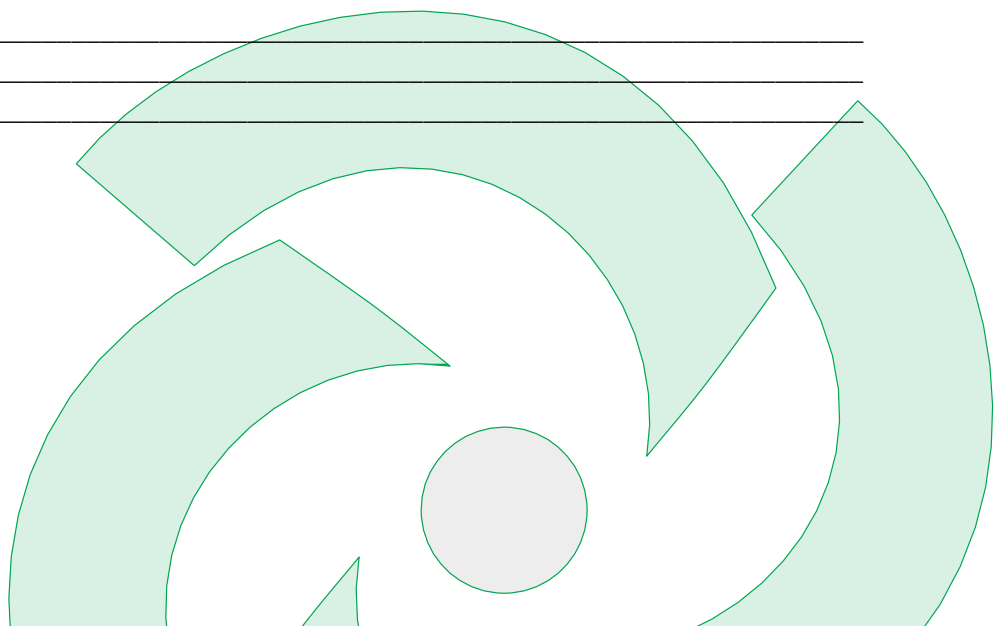
---



---



---



## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	1
1. Priorización y definición espacial de las áreas de análisis .....	3
1.1 Criterios para la priorización de las áreas de análisis .....	3
1.2 Priorización de las áreas de análisis .....	4
1.3 Definición espacial de las áreas de análisis.....	7
2. Caracterización de los componentes de la cadena de valor del subsector en las áreas priorizadas.....	10
2.1 Componentes de la cadena de valor.....	10
2.1.1 Componente administrativo y financiero .....	11
2.1.2 Componente recursos humanos.....	11
2.1.3 Componente de la cadena de suministros.....	12
2.1.4 Componente extractivo .....	12
2.1.5 Componente de beneficio .....	12
2.1.6 Componente de almacenamiento temporal.....	12
2.1.7 Componente de transporte y comercialización.....	12
2.1.8 Componente de gestión ambiental.....	13
2.1.9 Componente de cierre minero .....	13
2.1.10 Componente entorno ambiental, social y de gobernabilidad.....	13
2.2 Descripción de los componentes de la cadena de valor para las áreas priorizadas ..	13
2.2.1 Villavicencio – Acacías.....	14
2.2.2 Cali - Yumbo.....	35
2.2.3 Girardota.....	54
BIBLIOGRAFÍA .....	75



## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1-1. Matriz de priorización inicial de áreas .....	3
Tabla 1-2 Tamaño de la minería de las empresas entrevistadas .....	8
Tabla 1-3 Tamaño de la minería de las empresas entrevistadas que se ubican fuera de las áreas de estudio.....	8
Tabla 2-1 Velocidad media y máxima del viento media. ....	24
Tabla 2-2 Ciclo anual de las estaciones de evaporación (mm/mes) y (mm/año). ....	26
Tabla 2-3 Oferta hídrica río Guayuriba.....	29
Tabla 2-4 Rendimiento hídrico río Guayuriba .....	30
Tabla 2-5 Oferta hídrica río Aburrá – Medellín .....	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1-1. Ámbito geográfico de abastecimiento Bogotá .....	6
Figura 1-2. Ámbito geográfico de abastecimiento Medellín .....	6
Figura 1-3. Ámbito geográfico de abastecimiento Cali .....	7
Figura 1-4. Área de análisis Acacías-Villavicencio .....	9
Figura 1-5. Área de análisis Cali-Yumbo.....	9
Figura 1-6. Área de análisis Girardota.....	10
Figura 2-1. Componentes de la cadena de valor del subsector de materiales de construcción	11
Figura 2-2 Precipitación Acacías - Villavicencio.....	20
Figura 2-3 Temperatura Acacías - Villavicencio.....	21
Figura 2-4 Humedad relativa Acacías - Villavicencio .....	22
Figura 2-5 Velocidad del viento Acacías - Villavicencio .....	25
Figura 2-6 Evaporación Acacías - Villavicencio .....	26
Figura 2-7 Brillo solar Acacías - Villavicencio.....	28
Figura 2-8 Cobertura vegetal área de estudio.....	32
Figura 2-9 Geología área de estudio.....	33
Figura 2-10 Geomorfología área de estudio .....	34
Figura 2-11 Hidrogeología área de estudio.....	35
Figura 2-12 Precipitación Cali – Yumbo.....	43
Figura 2-13 Temperatura Cali - Yumbo .....	44
Figura 2-14 Humedad relativa .....	45
Figura 2-15 Velocidad el viento Cali - Yumbo .....	46
Figura 2-16 Evaporación Cali - Yumbo.....	47
Figura 2-17 Brillo solar Cali - Yumbo .....	48
Figura 2-18. Cobertura vegetal y uso del suelo área de estudio.....	50

Figura 2-19. Geología área de estudio.....	51
Figura 2-20. Geomorfología área de estudio .....	52
Figura 2-21. Hidrogeología área de estudio.....	53
Figura 2-22 Precipitación Girardota .....	60
Figura 2-23 Temperatura Girardota .....	61
Figura 2-24 Humedad relativa Girardota .....	62
Figura 2-25 Velocidad del viento Girardota.....	63
Figura 2-26 Evaporación Girardota.....	65
Figura 2-27 Brillo solar - Girardota .....	67
Figura 2-28. Cobertura vegetal área de estudio.....	70
Figura 2-29. Geología del área de estudio .....	71
Figura 2-30. Geomorfología de área de estudio.....	72
Figura 2-31. Hidrogeología del área de estudio .....	73

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 2-1 Ciclo anual velocidad máxima del viento, estación aeropuerto Vanguardia .....	23
Gráfico 2-2 Ciclo anual velocidad media del viento, estación aeropuerto Vanguardia .....	24
Gráfico 2-3 Brillo solar mensual promedio – estación aeropuerto Vanguardia.....	27
Gráfico 2-4 Valores medios mensuales de evaporación (mm) estación Tulio Ospina.....	64
Gráfico 2-5 Valores medios mensuales de brillo solar (horas/mes) estación –Tulio Ospina ....	66
Gráfico 2-6 promedios mensuales multianuales de la precipitación según fase del ENSO (niño, niña, neutro) .....	69

## LISTADO DE ANEXOS

- Anexo 1-1 Relatoría de entrevistas
- Anexo 1-2 Caracterización socioeconómica de las áreas de estudio



## INTRODUCCIÓN

El Ministerio de Minas y Energía formuló el Plan integral de gestión de cambio climático del sector minero energético (PIGCCme) con la participación activa de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), el cual fue adoptado por el Ministerio de Minas y Energía mediante la Resolución 40807 del 2 de agosto de 2018, con un horizonte de aplicación de 12 años; cuyo objetivo es reducir la vulnerabilidad ante el cambio climático y promover un desarrollo bajo en carbono, con el ánimo de fortalecer y proteger la competitividad y sostenibilidad del sector. Dicho plan busca la incorporación de estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático desde la planeación sectorial, contemplando las condiciones climáticas cambiantes y la coordinación con los territorios desde tres componentes: mitigación, adaptación y gobernanza<sup>1</sup>. Para el componente de adaptación, el PIGCCme contempla la implementación de estrategias y medidas que tienen el propósito de incrementar la capacidad adaptativa y disminuir la sensibilidad, para responder oportunamente a las condiciones climáticas adversas proyectadas a temporalidades futuras<sup>2</sup>.

En el marco de la implementación de los compromisos del PIGCCme a cargo de la UPME y como insumo para el proceso de actualización del mismo que adelanta el Minenergía, así como en línea con los compromisos nacionales de cambio climático en temas de adaptación, se ha identificado la necesidad de aplicar la metodología de análisis de riesgo al cambio climático al subsector de materiales de construcción. Dadas sus características de explotación y por los macroproyectos de construcción de infraestructura en curso, que aumentarán la demanda en los próximos años y seguramente el aporte de este subsector al PIB nacional (para el primer trimestre de 2020 el aporte de la actividad de extracción de otras minas y canteras, en donde se incluye la actividad de explotación de agregados pétreos, fue de 697 mil millones de pesos<sup>3</sup>), se ha determinado como un subsector que debe incorporar de manera urgente los análisis de riesgo asociados con la variabilidad y el cambio climático<sup>4</sup>.

En concordancia con lo anterior, la UPME suscribió con INERCO Consultoría Colombia el contrato de consultoría C - 046 de 2020 para realizar un «Análisis de riesgo ante la variabilidad y cambio climático de la cadena de valor correspondiente a la producción de materiales de construcción a diversas escalas en regiones priorizadas del país, mediante la aplicación de los pasos correspondientes de la metodología de análisis de riesgos asociados con la variabilidad y el cambio climático desarrollada por UPME/Minenergía».

Con el desarrollo de esta consultoría se espera también contribuir con el fortalecimiento de las bases metodológicas y nuevas experiencias orientadas a la incorporación de las variables de cambio climático por parte de la industria minera en la formulación de los estudios de impacto

<sup>1</sup> COLOMBIA. UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA UPME. Estudios previos simplificada y/o pública de ofertas. Radicado 20201400010293. 6 ed. Bogotá: UPME, 2020. p. 2.

<sup>2</sup> *Ibid.*

<sup>3</sup> UPME y MINENERGIA. Sistema de información minero colombiano. [Sitio web]. Bogotá: UPME y MINENERGIA. [Consultado en: 2021-01-04]. Disponible en: <https://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/Paginas/IndicadoresEconomicos.aspx>

<sup>4</sup> *Ibid.*, p. 3.



ambiental, en el marco de los procesos de licenciamiento ambiental, tal como se propone en el *Plan nacional de desarrollo* vigente, así como en la elaboración de los planes de trabajos y obras que las empresas mineras presentan ante la Agencia Nacional de Minería<sup>5</sup>.

Este documento, que corresponde al Producto 1 que INERCO entrega a la UPME para dar alcance al primer entregable de la consultoría que corresponde al «Diagnóstico de los componentes de la cadena de valor del subsistema de producción de materiales de construcción y de su entorno en diversas escalas para tres regiones priorizadas del país».

El documento se divide en dos capítulos, el primero corresponde a la priorización y definición espacial de las áreas de análisis, y en el segundo capítulo se presenta la definición y caracterización de los componentes de la cadena de valor del subsector de materiales de construcción.

---

<sup>5</sup> *Ibíd.*



## 1. PRIORIZACIÓN Y DEFINICIÓN ESPACIAL DE LAS ÁREAS DE ANÁLISIS

### 1.1 Criterios para la priorización de las áreas de análisis

El ejercicio inicial de priorización de áreas se desarrolló a través de la matriz que se presenta en la tabla 1-1, allí se incluyen ocho ciudades que se eligieron a partir del volumen de producción que representan a escala nacional (Bogotá, Cali, Cúcuta, Medellín, Montería, Pasto, Santa Marta y Villavicencio); y los criterios propuestos por la UPME y Minenergía para llevar a cabo la priorización (disponibilidad de información, diversidad de escalas y métodos de explotación, diversidad de zonas climáticas, representatividad de la oferta de materiales de construcción en el país). Se incluyó un criterio adicional denominado «facilidad de diálogo con los actores».

Tabla 1-1. Matriz de priorización inicial de áreas

CIUDAD	CRITERIO	DISPONIBILIDAD DE INFORMACIÓN	FACILIDAD DIÁLOGO CON ACTORES	DIVERSIDAD DE ESCALAS Y MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN	DIVERSIDAD DE ZONAS CLIMÁTICAS	REPRESENTATIVIDAD DE LA OFERTA DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EN EL PAÍS	PRIORIZACIÓN	OBSERVACIONES
BOGOTÁ		Alta	Alta	Canteras Graveras Arcillas	Muy frío semihúmedo Frío Semihúmedo Muy frío semiárido Frío semiárido	Muy alta	1	Tener en cuenta Resolución 1499 de 2018 del MADs sobre zonas compatibles con minería. Opciones: polígono 4 Ciudad Bolívar-Soacha, polígono 7 Mosquera-Bojacá. <b>Son canteras.</b>
CALI		Moderada	Moderada	Cantera Gravera Arrastre	Templado semihúmedo Templado semiárido Cálido semiárido	Moderada	4	<b>Explotación en canteras.</b> Se localizan en las estribaciones del flanco oriental de la Cordillera Occidental al oeste de Cali y Yumbo. Facilidad moderada diálogo con actores.
CÚCUTA		Baja	Baja	Cantera Gravera Arrastre	Cálido semiárido Cálido árido	Baja	6	Al occidente del sector urbano de Cúcuta se presenta una concentración alta de explotaciones <b>en canteras.</b> Se anticipa dificultad de diálogos con actores.
MEDELLÍN		Alta	Alta	Cantera Gravera	Templado semihúmedo	Alta	3	Opciones: Copacabana-Girardota-Barbosa. <b>Son graveras sobre el río Medellín.</b>
MONTERÍA		Moderada	Moderada	Cantera Arrastre	Cálido semiárido	Moderada	5	Al sur de Montería se presentan <b>canteras y explotaciones de material de arrastre</b> en el cauce del río Sinú. Por



CRITERIO CIUDAD	DISPONIBILIDAD DE INFORMACIÓN	FACILIDAD DIÁLOGO CON ACTORES	DIVERSIDAD DE ESCALAS Y MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN	DIVERSIDAD DE ZONAS CLIMÁTICAS	REPRESENTATIVIDAD DE LA OFERTA DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EN EL PAÍS	PRIORIZACIÓN	OBSERVACIONES
							establecer facilidad de diálogo con actores.
PASTO	Baja	Baja	Cantera Gravera	Frío húmedo Frío semihúmedo	Baja	8	Al superponer los títulos mineros no coinciden con la información de plantas de trituración ni minas. No se considera fácil conseguir contacto con actores.
SANTA MARTA	Baja	Baja	Cantera Arcilla	Cálido árido	Baja	7	Explotaciones en <b>canteras con poca densidad</b> en inmediaciones del perímetro urbano de Santa Marta. No es representativo.
VILLAVICENCIO	Moderada	Moderada	Arrastre	Cálido superhúmedo Cálido húmedo	Alta	2	A lo largo del cauce del río Guayuriba se presenta explotación de <b>material de arrastre</b> . Facilidad moderada diálogo con actores.

Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020.

Como resultado de la priorización inicial se contempló la Sabana de Bogotá (Ciudad Bolívar-Soacha o Mosquera-Bojacá, para elegir uno de estos dos polígonos), seguida de Villavicencio y por último Medellín.

Las áreas definidas para el desarrollo del análisis de riesgos climáticos corresponderán a un conjunto de operaciones representativas de la oferta de materiales de construcción en el país de tal forma que se pueda tener un diálogo con representantes de algunas de las empresas que realicen allí sus actividades.

## 1.2 Priorización de las áreas de análisis

Posteriormente, se llevó a cabo una reunión con la Asociación Colombiana de Productores de Agregados Pétreos (ASOGRAVAS) para recibir su retroalimentación frente a las áreas priorizadas, se recogieron los comentarios de la asociación y, en atención a dichos comentarios, se realizó una modificación a los criterios utilizados para la priorización de las áreas de estudio, quedando finalmente definidos de la siguiente manera:



Las áreas de estudio deben:

- Representar el abastecimiento de tres ciudades principales del país: Bogotá, Medellín y Cali.
- Tener diversidad de escalas y métodos de explotación.
- Tener diversidad de zonas climáticas en las que se puedan evidenciar los diferentes eventos y subeventos derivados del cambio climático que se puedan traducir en amenazas para el subsector.
- Contar con disponibilidad de información.
- Debe existir facilidad de diálogo con los actores (empresa, instituciones, etc.).

Siguiendo los criterios anteriores, se identificaron cuatro sectores geográficos representativos de tipologías de explotación de materiales de construcción (canteras, graveras, material de arrastre), los cuales se presentan de la figura 1-1 a figura 1-3. A partir de estos sectores se delimitaron de manera preliminar las tres áreas en las que se desarrollaría el análisis de riesgos, teniendo en cuenta que existan allí empresas que voluntariamente deseen participar en la consultoría, de manera que sea posible tener un diálogo con sus representantes.

Para Bogotá, las áreas de estudio por elegir estaban entre Tabio, Cogua, Tocancipá, El Rosal, Mosquera, Bojacá y Soacha en el caso de explotaciones de cantera localizadas en la Sabana, mientras que para material de arrastre se encuentran los municipios de Guamo en Tolima y Acacías-Villavicencio en el Meta.

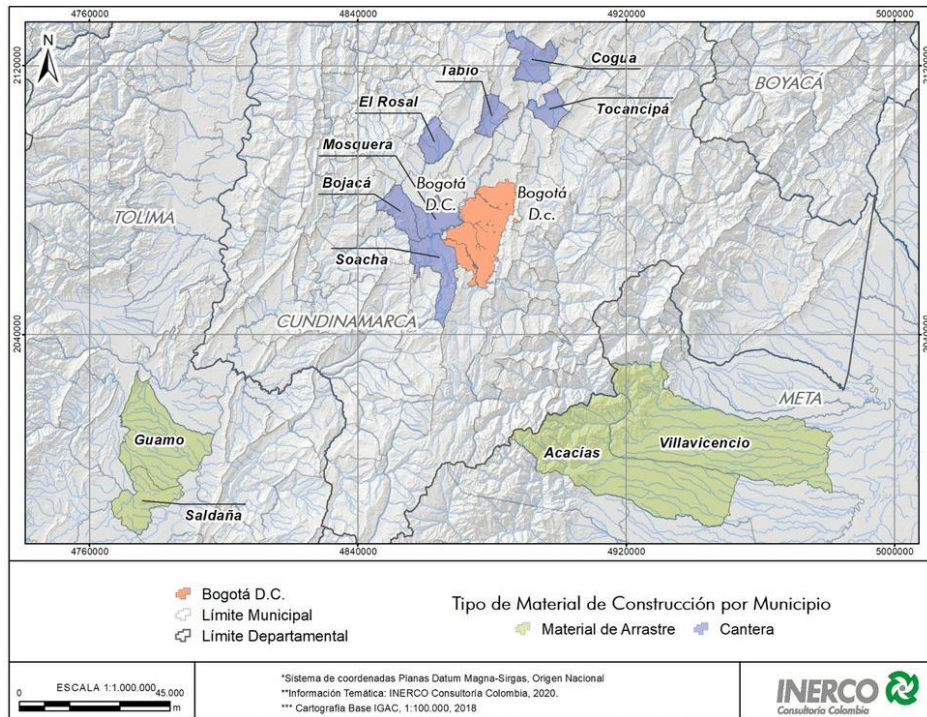
Para Medellín se cuenta con Barbosa, Girardota y Copacabana, en donde se ubican graveras y Bello, Sabaneta, Caldas, La Estrella y la zona rural de Medellín para el caso de canteras.

Cali tiene posibilidades de abastecimiento de material proveniente de canteras en su zona rural, también de material de arrastré proveniente de Jamundí, Villa Rica y Puerto Tejada y finalmente Yumbo tiene la capacidad de proveer tanto material proveniente de canteras como material de arrastre.



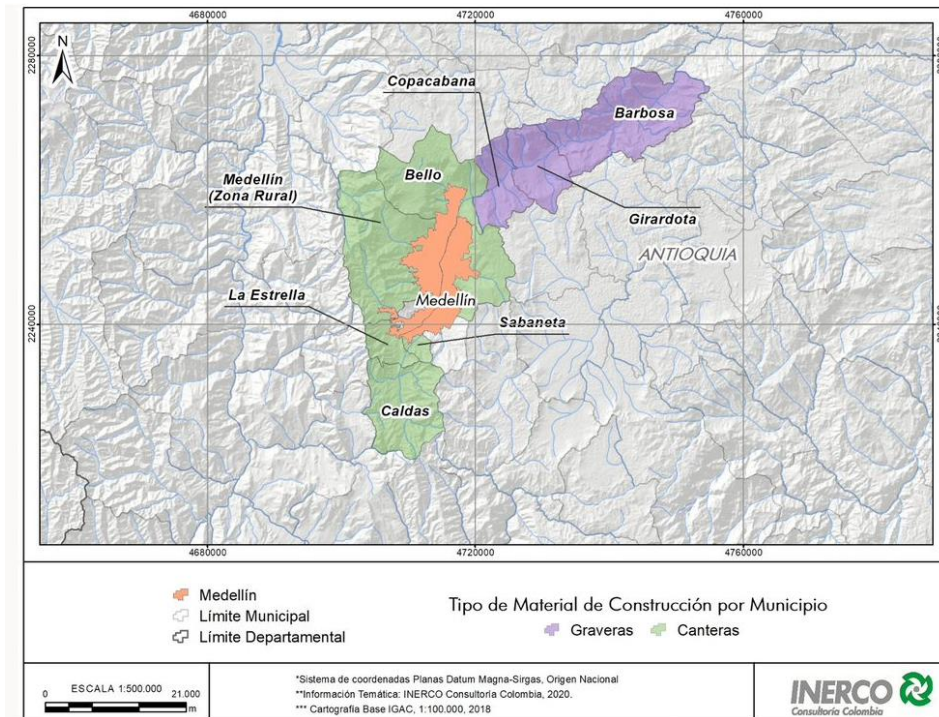


Figura 1-1. Ámbito geográfico de abastecimiento Bogotá



Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020.

Figura 1-2. Ámbito geográfico de abastecimiento Medellín

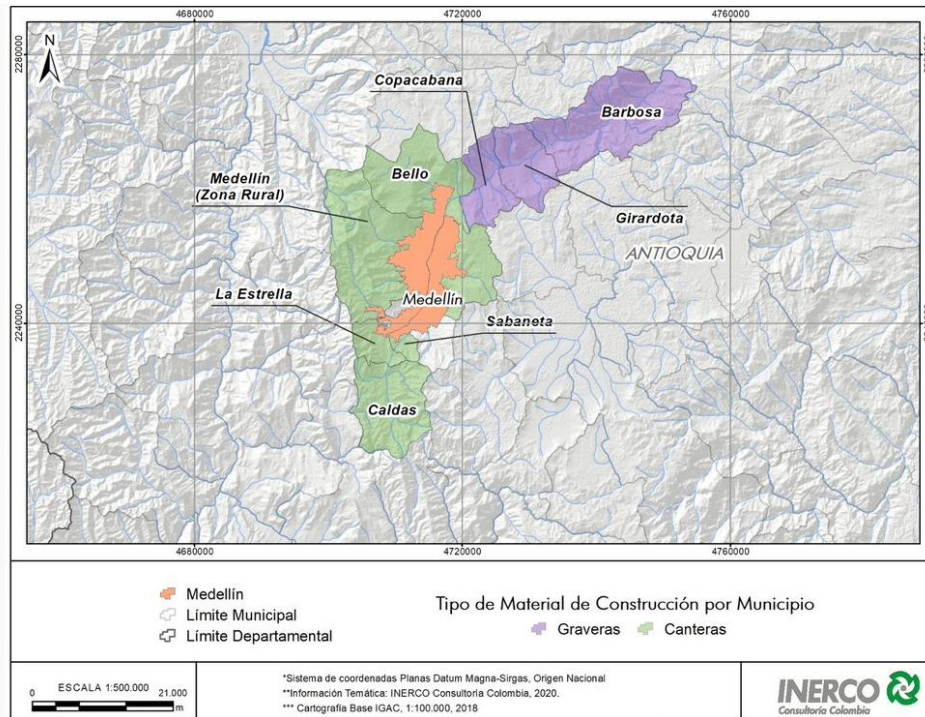


Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020.





Figura 1-3. Ámbito geográfico de abastecimiento Cali



Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020.

### 1.3 Definición espacial de las áreas de análisis

Con la definición preliminar de las áreas, se procedió a contactar a través de la UPME a varias empresas localizadas allí dedicadas a la explotación de materiales de construcción, para coordinar una entrevista (anexo 1 – 1) con el objeto de conocer su visión sobre los componentes de la cadena de valor que permita complementar la respectiva caracterización, y así mismo, conocer su posición frente al tema del cambio de patrones climáticos, así como la ocurrencia de eventos climáticos en sus operaciones.

Se concretaron entrevistas con las empresas Cemex Colombia S.A y Gravicon S.A. en Acacías-Villavicencio, Rocales y Concretos S.A.S en Cali, Perea y CIA S.A.S e Ingeocc S.A. en Yumbo, y Procopal S.A. e Industrial Concreto S.A.S. en Girardota, de manera que, al contar con fuentes de información primaria y cumplir con los criterios de priorización inicialmente establecidos, se definieron estas tres áreas como de estudio (figura 1-4 a figura 1-6).

Adicionalmente, se sostuvieron entrevistas con otras empresas mineras como Cementos San Marcos S.A. (localizada en Yumbo), Arisol Gravas y Arenas (localizada en Caicedonia) y Holcim Colombia S.A. (localizada en Mosquera) que fueron útiles para complementar el análisis del subsector.

De acuerdo con el objetivo de la consultoría, el análisis de riesgo ante el cambio y la variabilidad climática debe realizarse para diferentes tipos y tamaños de explotación de materiales de



construcción, en el caso de las empresas que voluntariamente participaron en las entrevistas se trata de gran minería y mediana minería como se muestra en la tabla 1-2.

**Tabla 1-2** Tamaño de la minería de las empresas entrevistadas

ÁREA DE ESTUDIO	EMPRESA	TAMAÑO DE LA MINERÍA
Acacias - Villavicencio	Cemex Colombia S.A	Grande
	Gravicon S.A.	Mediana
Cali - Yumbo	Rocales y Concretos S.A.S	Mediana
	Perea y CIA S.A.S	Mediana
	Ingeocc S.A	Mediana
Girardota	Procopal S.A.	Mediana
	Industrial Conconcreto S.A.S	Mediana

Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020

En la tabla 1-3 se presenta el tamaño de las explotaciones de las empresas que no se ubican en las áreas de estudio pero que participaron en las entrevistas (Arisol Gravas y Arenas, Holcim Colombia S.A) y, por tanto, la información que aportaron se tuvo en cuenta en el análisis del subsector. Particularmente, Cementos San Marcos se ubica en una de las áreas de estudio (Yumbo); sin embargo, su operación se basa en la explotación de caliza y no de agregados pétreos que es el énfasis principal de este análisis de riesgo, no obstante, la información proporcionada por esta empresa durante la entrevista virtual aportó datos relevantes en cuanto a las dinámicas del área de análisis Cali – Yumbo.

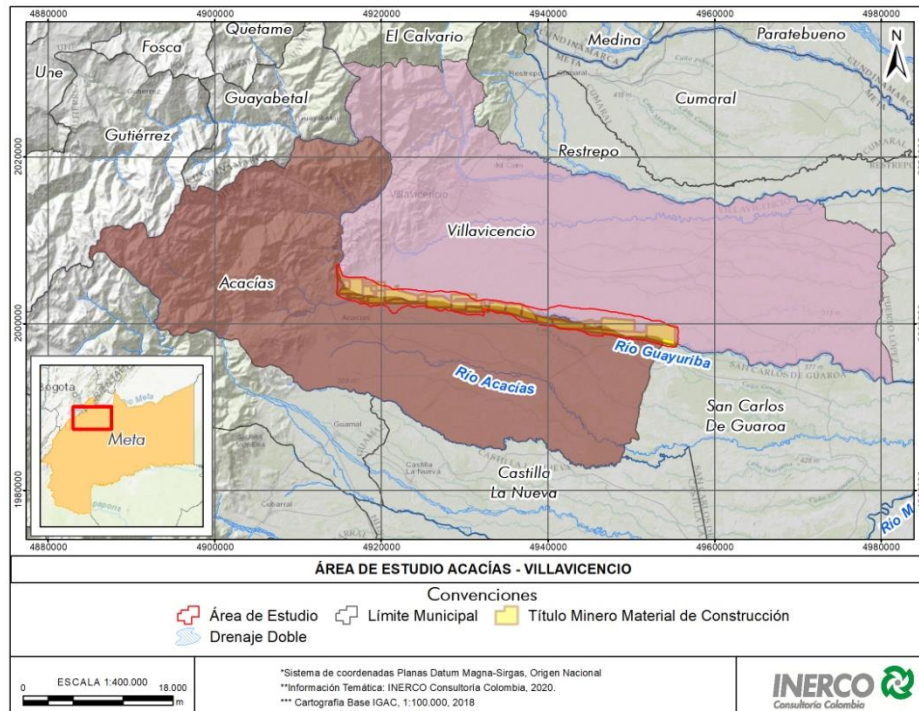
**Tabla 1-3** Tamaño de la minería de las empresas entrevistadas que se ubican fuera de las áreas de estudio

ÁREA DE ESTUDIO	EMPRESA	TAMAÑO DE LA MINERÍA
Yumbo	Cementos San Marcos S.A.	Mediana
Caicedonia	Arisol Gravas y Arenas	Mediana
Mosquera	Holcim Colombia S.A.	Grande

Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020

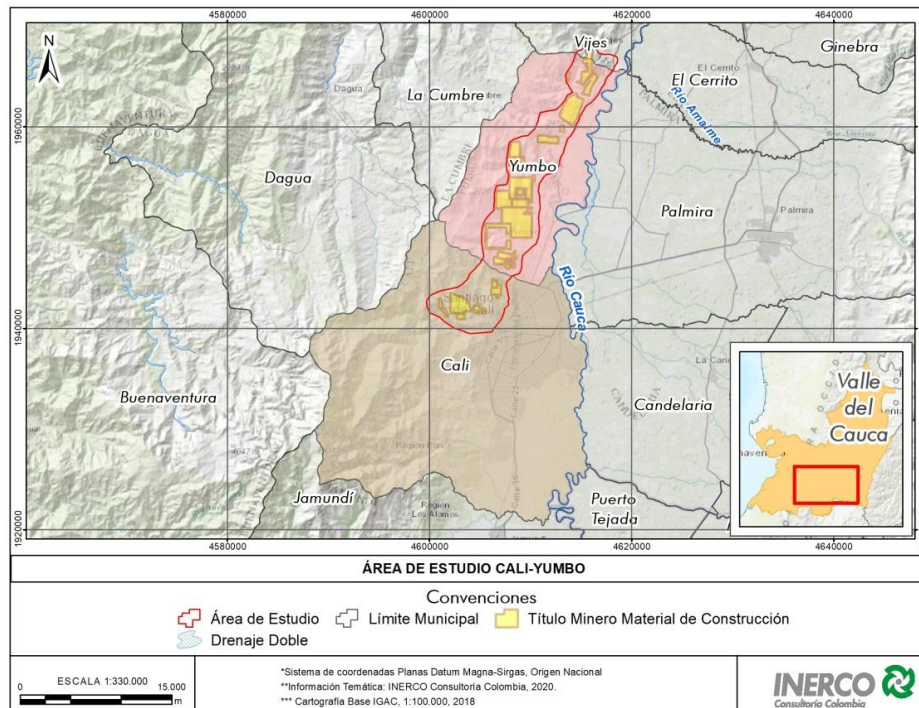


Figura 1-4. Área de análisis Acacías-Villavicencio



Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020.

Figura 1-5. Área de análisis Cali-Yumbo

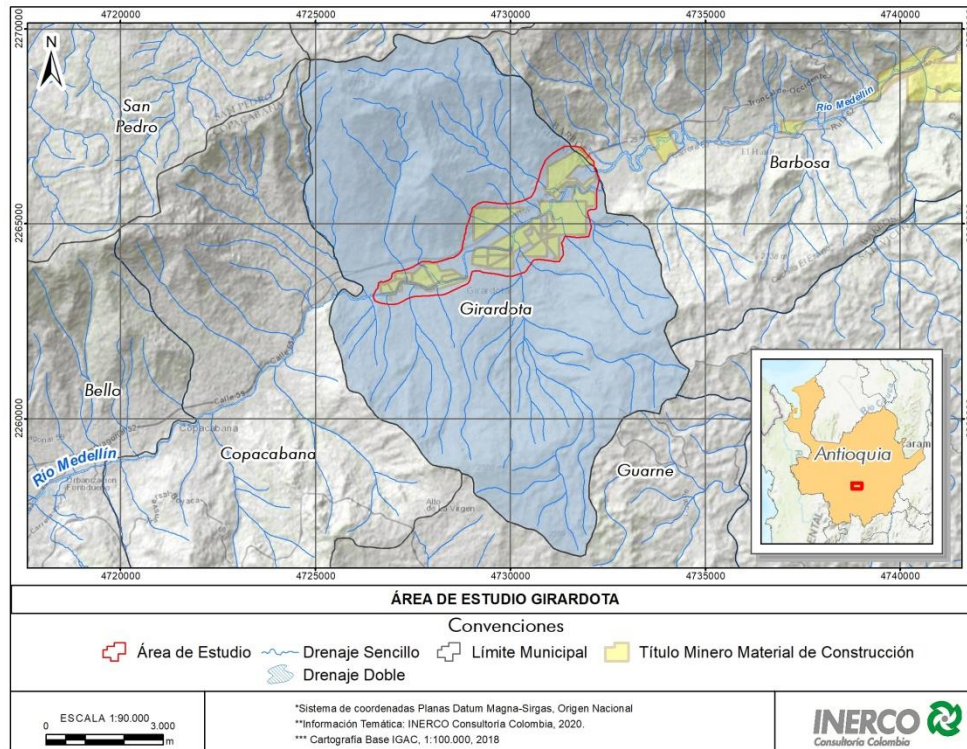


Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020.





Figura 1-6. Área de análisis Girardota



Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020.

## 2. CARACTERIZACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA CADENA DE VALOR DEL SUBSECTOR EN LAS ÁREAS PRIORIZADAS

### 2.1 Componentes de la cadena de valor

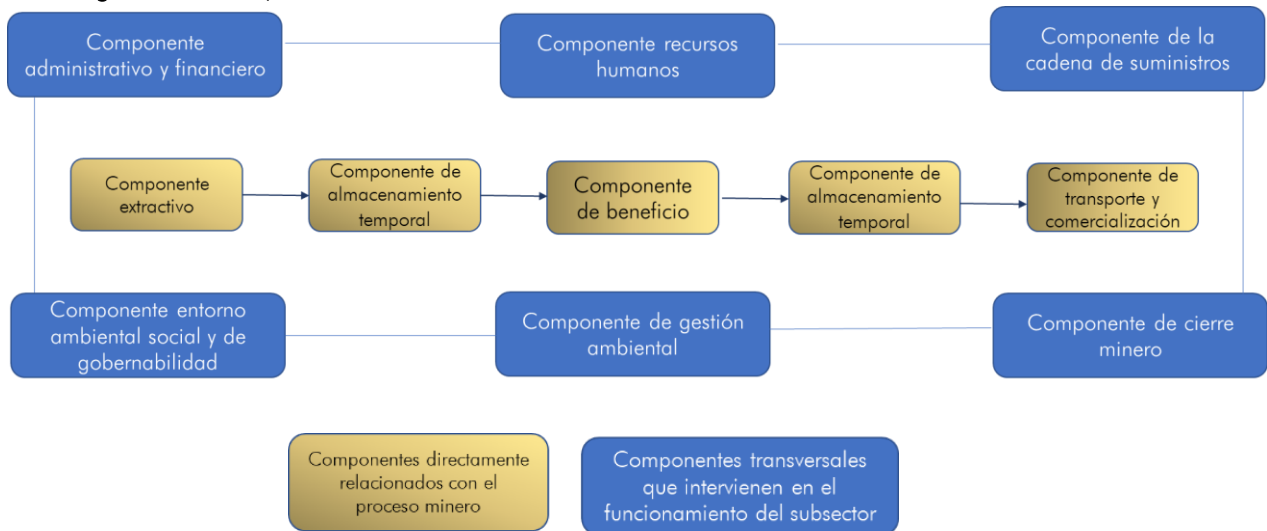
Los componentes de la cadena de valor que serán abordados en el análisis de riesgos corresponden a los propuestos en la metodología desarrollada en 2015<sup>6</sup> y considera los componentes analizados en el documento de formulación del PIGCCme<sup>7</sup>, más el componente de cierre minero como se presenta en la figura 2-1. Se tienen en cuenta tanto los componentes relacionados directamente con el proceso minero, como aquellos componentes que intervienen transversalmente en el funcionamiento del subsector.

<sup>6</sup> INERCO CONSULTORÍA COLOMBIA. Implementación del mapa de ruta para la adaptación del sector energético al cambio climático (incluyendo el uso de la herramienta de servicios ecosistémicos) e identificación de factores de vulnerabilidad del sector minero y líneas gruesas de medidas de adaptación: Metodología para estimar la vulnerabilidad y los riesgos al cambio climático para los tipos de minería analizados. Bogotá. 2015.

<sup>7</sup> INERCO CONSULTORÍA COLOMBIA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Plan Integral de Gestión de Cambio Climático. Sector Minero Energético. Bogotá. 2017.



**Figura 2-1.** Componentes de la cadena de valor del subsector de materiales de construcción



Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020.

A continuación, se presenta la descripción general de cada uno de los componentes de la cadena de valor del subsector de materiales de construcción que se abordarán en el análisis de riesgos climáticos. Estas descripciones han sido tomadas de la metodología para estimar la vulnerabilidad y los riesgos al cambio climático desarrollada en 2015<sup>8</sup>.

### 2.1.1 Componente administrativo y financiero

El componente administrativo y financiero comprende los aspectos que conforman el sistema administrativo de la empresa, tales como dirección, planeación y procesos de toma de decisiones, identificación de objetivos y metas de producción y financieras, distribución de responsabilidades y labores, ejecución de los objetivos y las metas, y control y verificación del correcto seguimiento a los planes trazados.

### 2.1.2 Componente recursos humanos

Este componente incluye al personal operativo y administrativo vinculado de manera directa o indirecta con las diferentes etapas de la operación. De manera general se describe la organización del subsector de materiales de construcción en torno a los recursos humanos con los que cuenta y su gestión.

<sup>8</sup> Ibid.



### 2.1.3 Componente de la cadena de suministros

El concepto de cadena de suministros incluye a los proveedores que satisfacen las diferentes necesidades del subsector de materiales de construcción en cada una de sus actividades<sup>9</sup>. Incluye maquinaria, equipos, repuestos, combustibles, abastecimiento de agua potable, servicios de alimentación, salud, seguridad y gestión ambiental, entre otros.

### 2.1.4 Componente extractivo

En este componente se identifican los métodos que generalmente emplean las empresas para extraer los materiales de construcción. Por su visibilidad, este es el componente más conocido y, por ser el núcleo del negocio, sus actividades son esenciales en el análisis de riesgos asociados al cambio climático.

### 2.1.5 Componente de beneficio

Comprende el conjunto de procesos a los que se somete un material extraído con el objeto de garantizar su comercialización e incrementar su valor agregado. En el caso de los materiales de construcción, el beneficio corresponde a las labores de transformación física del material minado requeridas para permitir su uso. Algunos subcomponentes del beneficio son lavado, trituración y clasificación.

### 2.1.6 Componente de almacenamiento temporal

Corresponde a los métodos de acopio del material en patios cuyas características están en función de la calidad del material, las vías internas, el volumen, el tiempo de almacenamiento, las especificaciones del terreno, el equipo de cargue y descargue disponible, el control de emisiones de polvo, el sistema de drenaje y la infraestructura (oficinas, talleres y otros), etc.

### 2.1.7 Componente de transporte y comercialización

En este componente se describen el modo o combinación de modos por utilizar para el transporte de los materiales de construcción, los cuales se definen teniendo en cuenta las necesidades de capacidad de transporte, velocidad de viaje, seguridad, continuidad y costos unitarios, así como la ubicación geográfica de las operaciones mineras con respecto a los centros de consumo.

La disponibilidad de infraestructura y servicios de transporte representa un aspecto básico para la productividad y la competitividad de las industrias que comercializan grandes volúmenes de materiales de bajo valor unitario, como es el caso de los materiales de construcción.

---

<sup>9</sup> ARANGO, Martín; ZAPATA, Julián y GÓMEZ, Rodrigo. Estrategias en la cadena de suministro para el distrito minero de Amagá. Boletín de Ciencias de la Tierra. [En línea]. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Junio-noviembre, 2010. Nro. 28. pp. 27-38. [Consultado en: 2020-10-05]. Disponible en: [http://intranet.minas.medellin.unal.edu.co/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_download&gid=1730&Itemid=57](http://intranet.minas.medellin.unal.edu.co/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=1730&Itemid=57).



### **2.1.8 Componente de gestión ambiental**

Se denomina gestión ambiental al conjunto de acciones que permiten un manejo integral del medio ambiente. En el caso específico de la minería, se trata del conjunto de procesos cuyo propósito es el cumplimiento de la normativa ambiental vigente para la actividad, así como el cumplimiento de los estándares de calidad ambiental que hayan sido fijados por las autoridades ambientales (ANLA y Corporaciones Autónomas Regionales), a través de herramientas como la licencia ambiental o los planes de manejo ambiental. Además, se incluyen en este componente los lineamientos corporativos que en materia ambiental deben cumplir las empresas pertenecientes al subsector.

Se trata de un componente muy importante, no solo en términos del cumplimiento de la normativa establecida, sino también porque permite el desarrollo de la actividad minimizando los conflictos con poblaciones vecinas debido al deterioro del ambiente.

### **2.1.9 Componente de cierre minero**

Comprende todas las actividades planeadas para ser ejecutadas durante la fase de cierre de la operación minera. La planificación del cierre es un proceso que debe extenderse a lo largo del ciclo de vida de la mina y culminar con la obtención de un plan de cierre definitivo para ser implementado en el momento en que la operación cesa sus actividades extractivas. Este incluye la definición de uso del suelo posminería, el desmantelamiento de la infraestructura que lo requiere y la rehabilitación de las áreas que han estado en uso<sup>10</sup>. El cierre minero comprende, además, la fase de poscierre, en la que se ejecutan actividades de mantenimiento, seguimiento y monitoreo.

### **2.1.10 Componente entorno ambiental, social y de gobernabilidad**

Presenta la descripción del entorno social, territorial institucional y de gobernabilidad en el cual tienen lugar las actividades mineras y con los cuales tiene innumerables relaciones. Se trata, por tanto, de un componente constitutivo de la actividad que no se puede excluir. En ocasiones, el entorno puede facilitar o hacer más complejo la gestión de amenazas, o bien, por el contrario, la gestión de amenazas por el sistema minero puede tener efectos de diverso tipo en ese entorno.

## **2.2 Descripción de los componentes de la cadena de valor para las áreas prioritizadas**

A continuación, se presenta la descripción de cada uno de los componentes de la cadena de valor del subsector de materiales de construcción que se abordan en el análisis de riesgos climáticos. Estas descripciones se realizan con base en las entrevistas que se realizaron con empresas localizadas en las áreas de estudio complementada con información de la metodología

---

<sup>10</sup> CONCEJO INTERNACIONAL DE MINERÍA Y METALES. Planificación del cierre integrado de minas: Equipo de herramientas. Londres, 2018. p. 13.



para estimar la vulnerabilidad y los riesgos al cambio climático desarrollada en 2015<sup>11</sup>, y los conceptos trabajados en el documento de formulación del PIGCCme<sup>12</sup>. Las áreas definidas en esta consultoría son Acacías-Villavicencio que ocupa una extensión de 9.760 ha y se localiza en la cuenca baja del río Guayuriba como una franja en el límite de estos dos municipios; Cali-Yumbo que ocupa una extensión de 13.200 ha y se localiza en una franja que cubre desde el norte de Cali atravesando Yumbo y, por último, Girardota con una extensión de 860 ha y se localiza en la cuenca media del río Aburrá - Medellín en jurisdicción del mencionado municipio.

### 2.2.1 Villavicencio – Acacías

Para la zona del piedemonte llanero del departamento del Meta, según la información del Código de Registro Minero-CRM, hay reportados 47 títulos mineros; los minerales que se explotan son: arena silíceas, material de arrastre, material de construcción, arenas, gravas, arcilla. La producción de materiales de construcción en el departamento del Meta proviene principalmente de los municipios de Villavicencio, Acacías, Castilla La Nueva, Granada y San Carlos de Guaroa; siendo los dos primeros los municipios donde hay más presencia de esta actividad. Entre 2012 y primer trimestre de 2017 la participación del Meta en la producción de materiales de construcción fue de 9,19%<sup>13</sup>. Los ríos en los que se realizan estas actividades son el Guaitiquía sólo sobre su margen izquierda por restricción legal y el Guayuriba sobre ambos márgenes, en cercanías del área urbana de Villavicencio. Ambos ríos tienen historial de desbordamiento e incluso en algunos tramos se han considerado con riesgo alto en los documentos de planificación municipal puesto que en sus cabeceras se registran precipitaciones anuales promedio de 6000 mm<sup>14</sup>.

En el caso de la zona baja de la cuenca del río Guayuriba, la minería se hace presente en los municipios de Villavicencio y Acacías, donde los materiales de arrastre son el resultado del proceso de selección natural que sufre el material pétreo al ser transportado por las corrientes de agua. Entre los materiales de construcción de arrastre más comunes están la arena, la arcilla y la piedra. Su explotación por lo general es a cielo abierto y su proceso requiere de la utilización de equipo pesado, tanto para la explotación como para el cargue y transporte<sup>15</sup>.

Actualmente existen conflictos con las comunidades quienes consideran que en la minería de los materiales de construcción está el origen de las inundaciones y los daños en acueductos e infraestructura rural y urbana por la tendencia creciente en los desbordamientos registrada en la

---

<sup>11</sup> *Ibid.*

<sup>12</sup> INERCO CONSULTORÍA COLOMBIA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Plan Integral de Gestión de Cambio Climático. Sector Minero Energético. Bogotá. 2017.

<sup>13</sup> AGENCIA NACIONAL DE MINERÍA. Caracterización de la actividad minera departamental. [En línea]. Meta. 2017. Disponible en: <[https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/bullets\\_meta\\_01-06-2017.pdf](https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/bullets_meta_01-06-2017.pdf)>

<sup>14</sup> ALCALDÍA DE VILLAVICENCIO. Documento técnico de soporte al plan de ordenamiento territorial del municipio de Villavicencio: Norte 2000 - 2007. Informe técnico, Alcaldía Municipal de Villavicencio, Villavicencio. Obtenido de: [http://www.curaduria2villavicencio.com/wp-content/uploads/documento\\_tecnico.pdf](http://www.curaduria2villavicencio.com/wp-content/uploads/documento_tecnico.pdf).

<sup>15</sup> SILVA MATEUS, Nathalie. Análisis de impactos ambientales asociados a la explotación de materiales de construcción de arrastre en la zona media de la cuenca del río guayuriba. Tesis de Especialista en Ordenamiento y Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas. Universidad Santo Tomás, 2019. Disponible en: <<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/21330/2020nathaliesilva.pdf?sequence=2&isAllowed=y>>





última década. A lo anterior se suma la emisión de ruido y de material particulado y la afectación de las vías<sup>16</sup>.

### 2.2.1.1 Componente administrativo y financiero

En el área de estudio se presentan fundamentalmente empresas medianas de capital privado y una de capital público enfocadas en la comercialización regional dirigida a compañías de exploración y explotación petrolera del departamento y con tendencia creciente a surtir el mercado de la ciudad de Bogotá. A estas empresas se suma la existencia de mineros de subsistencia que contribuyen a abastecer el mercado local. El crecimiento fuerte de la producción registrado en los últimos años y reportado oficialmente por la Agencia Nacional de Minería indica solidez en las empresas presentes en esta área en cuanto a sus sistemas administrativos y a su fortaleza financiera. Sin ignorar la debilidad en estos mismos esquemas expuesta por los mineros de subsistencia, puede señalarse que existen empresas cuyos sistemas de planificación han contribuido a crear un distrito minero en donde se cumplen las normas de seguridad e higiene minera, que cuenta con personal capacitado para las tareas relacionadas y equipos técnicos acordes con las condiciones del yacimiento explotado<sup>17</sup>. De igual manera, estas empresas cuentan con un proceso de planeación que considera el plan de trabajo de obras y la licencia ambiental.

### 2.2.1.2 Componente recursos humanos

De acuerdo con cifras del año 2013 y 2014 que corresponden a Villavicencio, los empleos directos generados en 144 sitios fueron 1.531<sup>18</sup>. Aunque las actividades extractivas se realizan en las márgenes y dentro de los canales activos de ríos trenzados con tendencia a crecientes asociadas con fuertes precipitaciones en las cabeceras de sus cuencas, no se considera que el personal operativo esté en condición de riesgo puesto que dichas crecientes son de tipo lento permitiendo a los operadores de las excavadoras y las volquetas retirarse del cauce con tiempo suficiente para evitar accidentes<sup>19</sup>.

En general la fuerza de trabajo del subsector se encuentra afiliada a seguridad social y se consideran las normas y estándares de seguridad y salud en el trabajo.

---

<sup>16</sup> UPME, & Proyección IB2. Evaluar la situación actual y los escenarios futuros del mercado de los materiales de construcción y arcillas de las ciudades de Cali, Cúcuta, Villavicencio, Cartagena, Sincelejo, Yopal, Valledupar y Montería: Villavicencio. Informe de consultoría, Informe de consultoría elaborado por el Consorcio Proyección IB2 para la Unidad de Planeación Minero Energética - UPME, Bogotá, D.C. 2014

<sup>17</sup> INERCO CONSULTORÍA COLOMBIA. Implementación del mapa de ruta para la adaptación del sector energético al cambio climático (incluyendo el uso de la herramienta de servicios ecosistémicos) e identificación de factores de vulnerabilidad del sector minero y líneas gruesas de medidas de adaptación: Documento de factores de vulnerabilidad y riesgo relacionados con la variabilidad climática y el cambio climático del sector minero. Bogotá. 2015.

<sup>18</sup> COLOMBIA. UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA UPME, CONSORCIO PROYECCIÓN IB2. Evaluación de la situación actual y futura del mercado de los materiales de construcción y arcillas en las ciudades de Bogotá, Medellín, Bucaramanga, Barranquilla, Santa Marta y Eje Cafetero. Bogotá: UPME, 2013.

<sup>19</sup> INERCO CONSULTORÍA COLOMBIA. Implementación del mapa de ruta para la adaptación del sector energético al cambio climático (incluyendo el uso de la herramienta de servicios ecosistémicos) e identificación de factores de vulnerabilidad del sector minero y líneas gruesas de medidas de adaptación: Documento de factores de vulnerabilidad y riesgo relacionados con la variabilidad climática y el cambio climático del sector minero. Bogotá. 2015.



### 2.2.1.3 Componente de la cadena de suministros

El Meta, y en especial Villavicencio, es el principal centro de abastecimiento de suministro comercial y de servicios en la Orinoquía colombiana. Los servicios que requieren mayor grado técnico o tecnológico son proveídos en Bogotá por empresas contratadas<sup>20</sup>.

### 2.2.1.4 Componente extractivo

El área de estudio corresponde a la cuenca baja del río Guayuriba donde existen 33 títulos mineros para la explotación de materiales de construcción cuyos titulares son empresas como Cemex Colombia S.A., Holcim Colombia S.A., Gravicon S.A., Murcia Construcciones S.A.S. entre otros. Las operaciones de pequeña y mediana minería que se desarrollan consisten en la explotación de material de arrastre, la cual es realizada en el lecho y en los playones (o barras) del mencionado cuerpo de agua. Los métodos de explotación empleados son dársenas y tajo lineal. La explotación en dársenas (trincheras transversales dentro del cauce) no ha funcionado muy bien dado que favorece la divagación de la corriente. El método del tajo lineal consiste en la excavación, en sentido paralelo a la corriente, de los materiales depositados en el banco aluvial, en dirección aguas abajo a aguas arriba. La maquinaria empleada en la operación minera comprende retroexcavadoras y cargadores que extraen el material de arrastre y lo cargan en volquetas sencillas y volquetas tipo doble troque que lo transportan a los sitios de acopio.

Unas de las condiciones a tener en cuenta en las explotaciones de material de arrastre en este sector es que el río Guayuriba es muy dinámico por lo cual las operaciones están sujetas a la divagación constante de su cauce. En el caso de la compañía Cemex Colombia S.A. la dinámica fluvial del río Guayuriba destruyó el área de operación y de beneficio según comentaron en entrevista sostenida el 4 de noviembre de 2020. En otros sectores el río ha destruido los jarillones que se han construido para controlar su cauce.

Las condiciones climáticas condicionan la explotación de los materiales de arrastre, es decir en periodo de verano se explota para mantener el cauce y el eje del río, y en invierno se trabaja en las franjas aluviales que así lo permitan. Las afectaciones por el desbordamiento del río Guayuriba también incluyen las vías de acceso a los frentes de las explotaciones, las cuales impiden el acceso a las áreas de trabajo.

La carga de sedimentos del río Guayuriba, según informa la empresa Gravicon S.A. en la entrevista sostenida el 12 de noviembre de 2020, fue calculada por Cormacarena obteniendo como resultado 123 millones de metros cúbicos por año, esto supera por mucho la cantidad que es explotada en todos los títulos del área.

---

<sup>20</sup> Ibíd.



### 2.2.1.5 Componente de beneficio

El proceso de beneficio consiste en transportar el material desde el frente de explotación para lavarlo, triturarlo y clasificarlo por tamaño en una o varias plantas trituradoras dependiendo de la capacidad económica de la empresa minera. En términos generales en el beneficio, que se realiza por vía húmeda, se tiene que los materiales dispuestos en el patio de acopio (o crudo) van a alimentar las tolvas para luego pasar a las trituradoras donde, por acción mecánica, el material demasiado grueso es reducido a los tamaños requeridos de acuerdo a sus especificaciones. En las diferentes fases de trituración se obtienen materiales de diversos tamaños que requieren ser clasificados, para lo cual son sometidos a cribado en zarandas hasta obtener la granulometría requerida para ser comercializados como arenas, gravas, gravillas, triturados, etc.

La capacidad de trituración de las plantas instaladas en la zona de estudio varía entre 12 m<sup>3</sup> y 35 m<sup>3</sup> por hora. En el caso de Gravicon S.A., la compañía cuenta con un propio laboratorio en donde realiza los estudios y ensayos para determinar si cumple con las especificaciones y requerimientos de sus clientes.

### 2.2.1.6 Componente de almacenamiento temporal

En general, el almacenamiento temporal comprende el patio de crudo donde se deposita el material extraído para ser beneficiado, y el sitio donde se almacenan, en pilas, los materiales triturados y clasificados que van a ser despachados de acuerdo con sus especificaciones.

### 2.2.1.7 Componente de transporte y comercialización

En Villavicencio, el sistema utilizado es el carretero con volquetas de dos y tres ejes que permiten la entrega directa en el sitio de consumo que en su mayoría corresponde a la zona urbana de Villavicencio y en una fracción menor a Bogotá y las instalaciones petroleras del departamento.

Para trayectos mayores como Bogotá y las instalaciones petroleras se utilizan vehículos de modelos más recientes y en mejores condiciones. El transporte de materiales de arrastre por los túneles de Buenavista y Bijagual está prohibido según la Resolución 2791 de 2004 del Ministerio de Transporte debido a la emisión de polvo que afectan los sistemas de ventilación. Por esta razón, los vehículos con grava y arena deben utilizar la vía antigua que tiene pendientes promedio superiores incrementando costos y tiempos de entrega. Estos materiales se comercializan en boca de mina de donde es retirado por el comprador en vehículos propios o rentados para tal fin y, en consecuencia, el flete está a cargo del comprador, aunque dicha modalidad se está revirtiendo dado que los productores mineros prefieren ofrecer el servicio de transporte<sup>21</sup>

---

<sup>21</sup> Ibid. p. 217.



En el caso de Gravicon S.A. gran parte del material que se produce es entregado en Bogotá para las respectivas obras; cuenta con clientes como Holcim, Cemex, y Argos. De igual manera, su producto se comercializa para el sistema de doble calzada Bogotá-Villavicencio; y una pequeña proporción para el mercado local. En temas de transporte la empresa no realiza el proceso de entrega del material, este proceso lo realizan empresas transportadoras especializadas.

Otro aspecto a resaltar del área de estudio, que tiene efectos sobre el componente de transporte y comercialización, es la ocurrencia de derrumbes en la vía Bogotá – Villavicencio que restringe la movilidad de los materiales de construcción.

### **2.2.1.8 Componente de gestión ambiental**

En el área de estudio las acciones ambientales del subsector van encaminadas al cumplimiento de lo establecido en la licencia ambiental, en el PTO y el PMA, haciendo seguimiento permanente para verificar el cumplimiento de la legislación y los diferentes requisitos de Cormacarena. Esta situación es confirmada por la empresa Gravicon S.A. en la entrevista desarrollada el 12 de noviembre de 2020, quienes incluso comentan que en su gestión ambiental ya están incluyendo la variable de cambio climático.

Es de resaltar que algunos eventos climáticos que se manifiestan en el área de estudio, como inundaciones, tormentas eléctricas o incrementos de temperatura, se consideran como un escenario natural en el proceso operativo y, en ese sentido, las empresas adoptan mecanismos para manejar los impactos que pueden desencadenar estos eventos. Lo anterior, demuestra que en alguna medida las empresas tienen nociones del manejo de este tipo de eventos que pueden exacerbarse por efecto del cambio y la variabilidad climática.

Adicionalmente, Cormacarena realizó un estudio de modelamiento del río Guayuriba con el objetivo de generar un sistema uniforme de explotación para todos los empresarios mineros que realizan sus actividades en esta zona; sin embargo, se evidencia que cuando se carece de control y seguimiento suficiente por parte de la autoridad ambiental competente, se da la extracción de material por fuera del polígono establecido en la licencia, lo cual afecta la fuente hídrica y en algunas ocasiones puede presentar cambios en el cauce del río.

En relación directa con la gestión de cambio climático, la administración municipal de Villavicencio busca una estrategia en la que tanto la oficina de gestión del riesgo como las empresas mineras hablen un mismo idioma para mitigar los riesgos que se generan por desbordamiento del río, con el fin de cumplir las obligaciones de los respectivos PMA y contribuir con el bienestar de las comunidades. Esta colaboración conjunta puede representar un factor positivo para las empresas, que contribuye a apoyar el cumplimiento de sus obligaciones ambientales en el marco del componente de gestión ambiental.



### 2.2.1.9 Componente de cierre

En general, las empresas del subsector de materiales de construcción incluyen en sus procesos de planeación el componente de cierre; el nivel de detalle de los respectivos planes depende del momento en el que se encuentre la explotación, de los requerimientos que frente a este tema hace la autoridad ambiental competente y también depende, en alguna medida, del tamaño y organización de las empresas.

En el caso de Cemex Colombia S.A., el plan de cierre para el sector del río Guayuriba contempla la construcción de jarillones como intervenciones futuras, en alineación con los instrumentos del plan de ordenamiento territorial que tiene Villavicencio y en coordinación con Cormacarena.

Aun cuando hay varias empresas que no plantean el cierre de sus operaciones en un corto plazo debido a que todavía cuentan con títulos mineros vigentes e incluso con posibilidad de prórroga, hay una tendencia en el subsector a incluir el cierre minero en su planeación administrativa y financiera, tal como lo expresa la empresa Gravicon S.A., en la entrevista sostenida el 12 de noviembre de 2020, cuyos títulos mineros están vigentes y solo cumple en 7 años su primer periodo de vigencia.

### 2.2.1.10 Componente entorno ambiental y social

#### 2.2.1.10.1 Caracterización climatológica e hidrológica

##### 2.2.1.10.1.1 Precipitación

En la cuenca del río Guayuriba la variación espacial de la precipitación posee un patrón muy definido, las menores acumulaciones de lluvia se presentan en la parte alta, tanto hacia el páramo de Sumapaz como hacia la zona nororiental de la cuenca, en donde se presentan acumulados anuales de entre 1.000 mm y 2.000 mm.<sup>22</sup> En la cuenca baja, donde se ubica el área específica objeto de este análisis de riesgo, se presenta el máximo de precipitaciones con acumulados anuales de hasta 4.500 mm/año en el piedemonte. Los menores valores de precipitación que se dan en la cuenca baja son de hasta 2.500 mm/año cerca de la desembocadura<sup>23</sup>.

El régimen de precipitaciones en la parte media – baja de la cuenca es marcadamente unimodal con el máximo de precipitación a mitad de año (mayores acumulados en mayo, junio y julio), y

---

<sup>22</sup> COLOMBIA. CAR, CORPOGUAVIO, CORMACARENA, CORPOORINOQUIA, UTGS. POMCA Río Guayuriba actualización: Climatología. Bogotá: CAR, CORPOGUAVIO, CORMACARENA, CORPOORINOQUIA, UTGS, 2018. p. 45

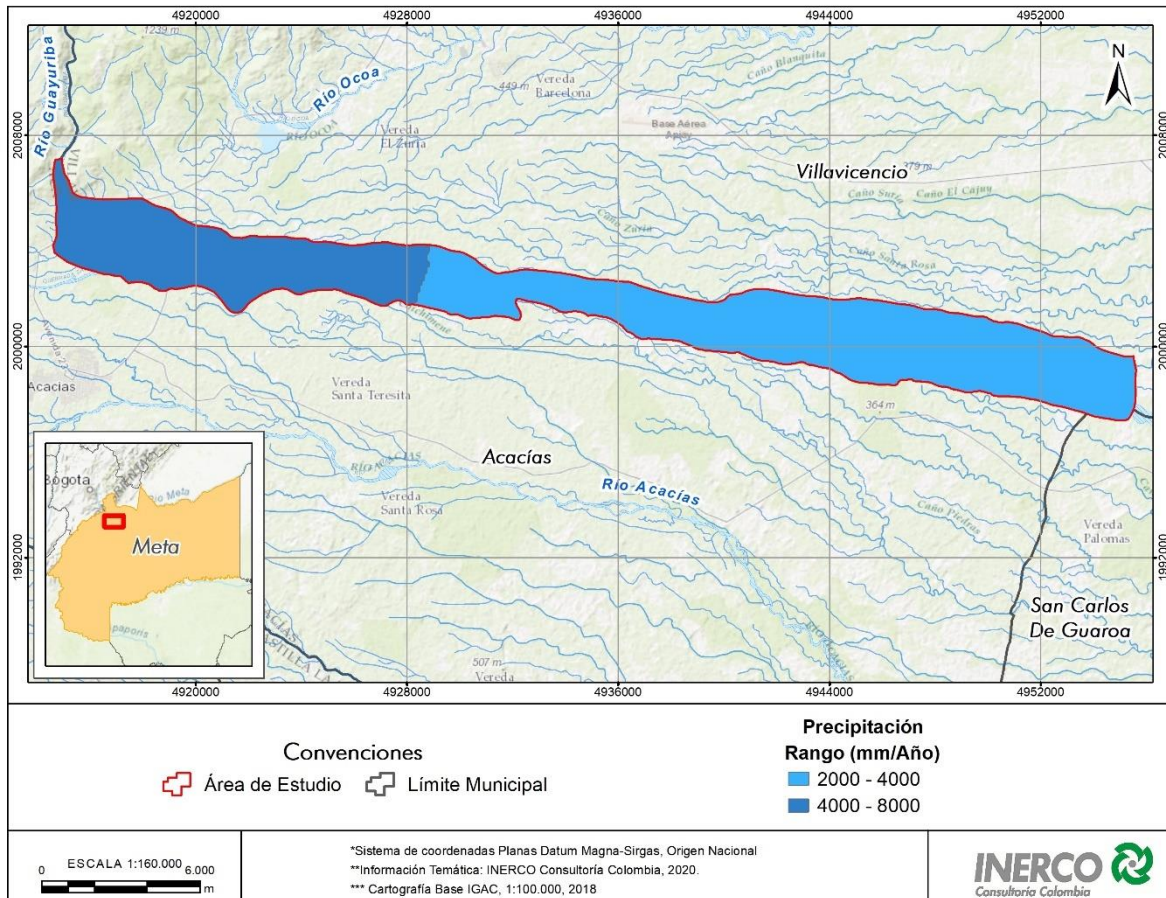
<sup>23</sup> *Ibíd.*, p. 45.



con el mínimo de precipitación a principios de año (menores acumulados en diciembre, enero y febrero)<sup>24</sup>.

En general, el piedemonte de la Cordillera Oriental colombiana se caracteriza por sus altos acumulados de precipitación. Allí, la cordillera ejerce como forzante orográfico, favoreciendo el ascenso de las masas de aire húmedo advectadas desde la Orinoquía y la Amazonía<sup>25</sup>

Figura 2-2 Precipitación Acacías - Villavicencio



Fuente: CAR, CORPOGUAVIO, CORMACARENA, CORPOORINOQUIA, UTGS <sup>26</sup>, adaptada por INERCO Consultoría Colombia.

### 2.2.1.10.1.2 Temperatura

La máxima temperatura media anual se da en la cuenca baja del río Guayuriba con 26,5 °C, mientras que la temperatura máxima asciende a 30°C igualmente en la cuenca baja. El mínimo valor de temperatura corresponde a 5°C en la cuenca alta, mostrando un amplio rango de variabilidad térmica. Las temperaturas en general siguen una tendencia fuerte con la altura; sin

<sup>24</sup> Ibid., p. 46.

<sup>25</sup> Ibid., p. 45.

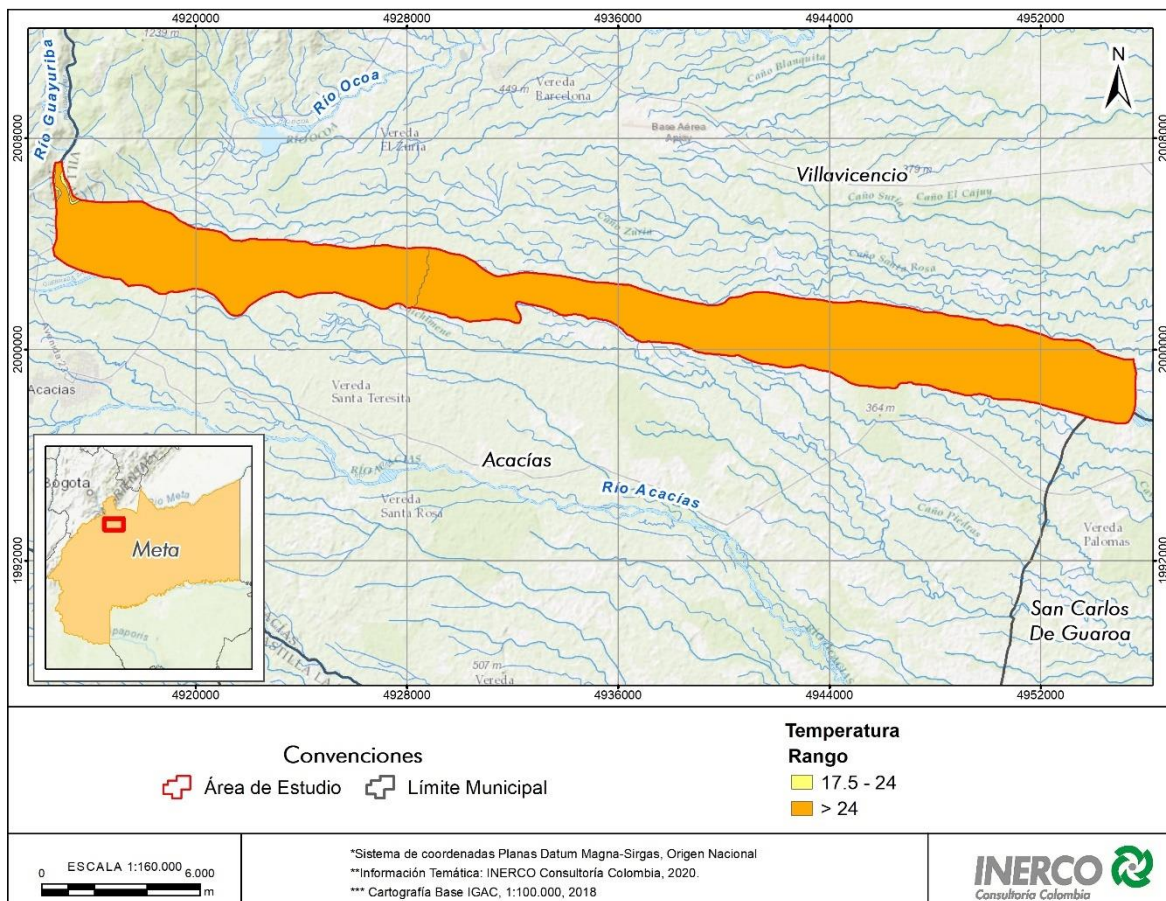
<sup>26</sup> Ibid.





embargo, este no es el único parámetro que se debe tener en cuenta para analizar el comportamiento de esta variable, otros parámetros como la humedad, la precipitación, el viento y la posición geográfica inciden en el comportamiento de la misma. Así, al analizar la zona del piedemonte se pueden notar zonas en las que los cambios de temperatura son fuertes y no coinciden directamente con la topografía. En las zonas en las que hay encañonamiento los vientos entran menos y cambian los patrones de humedad y precipitación. En estas zonas se da la precipitación orográfica (generada por las montañas), tiende a aumentar la humedad y a causa del bloqueo de vientos, la temperatura tiende a tener un cambio más fuerte<sup>27</sup>.

Figura 2-3 Temperatura Acacias - Villavicencio



Fuente: CAR et al. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

### 2.2.1.10.1.3 Humedad relativa

En la cuenca del río Guayuriba la humedad relativa presenta variación interanual muy leve; sin embargo, se recalca que las estaciones de las que se tomaron los datos no se encuentran dentro de la cuenca, sino en la región circundante, por lo que pueden existir variaciones respecto a lo que sucede en la cuenca. Para las estaciones que se encuentran más próximas a la parte baja del río, en donde se ubica el área objeto del presente análisis de riesgo, la variación de la

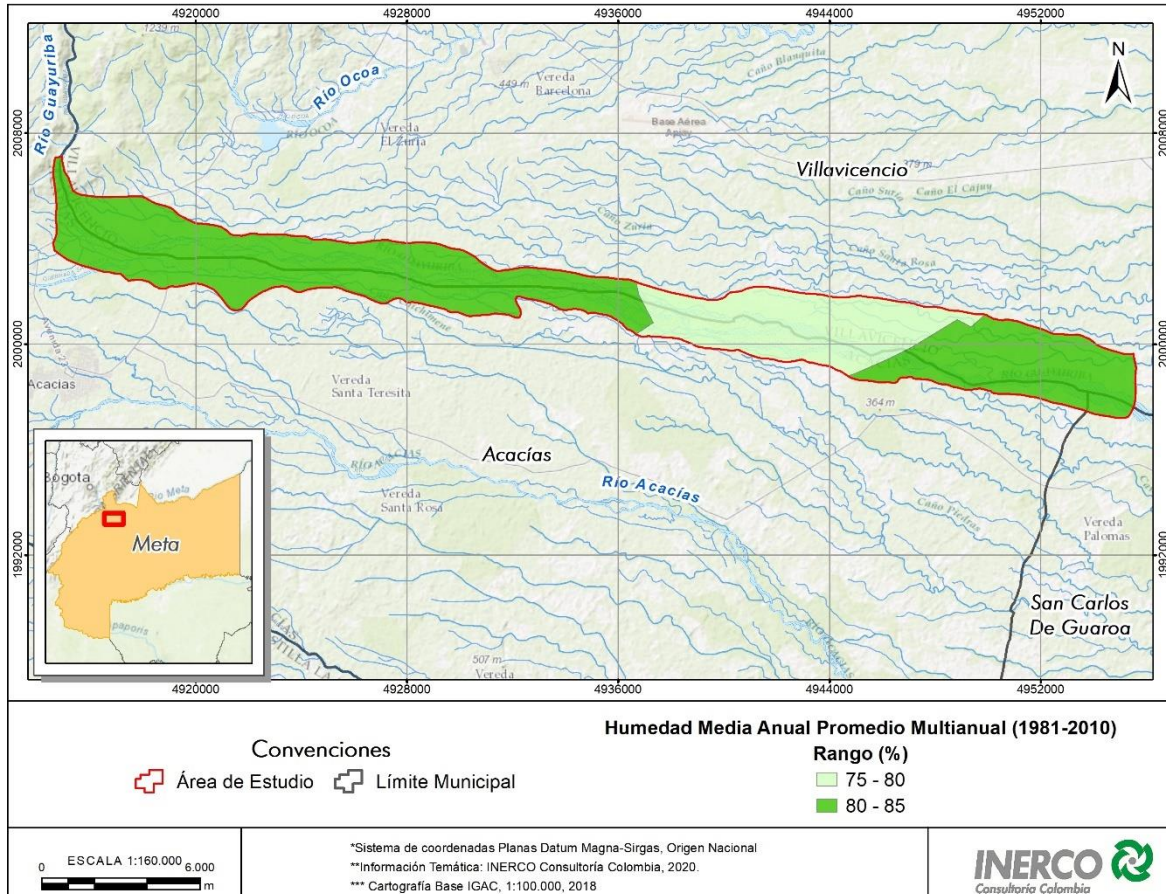
<sup>27</sup> Ibid., p. 64 y 65.



humedad relativa (ciclo anual) oscila entre un mínimo de 71% para el mes de mayo y un máximo de 103% para el mes de febrero<sup>28</sup>.

Ahora bien, de acuerdo con la cartografía presentada por el respectivo POMCA<sup>29</sup>, en la cuenca baja del río Guayuriba la humedad relativa media anual multianual oscila entre el 75 % y el 85 %.

Figura 2-4 Humedad relativa Acacías - Villavicencio



Fuente: CAR et al. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

#### 2.2.1.10.1.4 Velocidad del viento

En la zona de influencia de la cuenca del río Guayuriba se cuenta con varias estaciones que miden viento. De estas estaciones, la mayoría tiene un alto porcentaje de datos faltantes. La estación que tiene un registro más largo y que tiene menos vacíos es la estación del aeropuerto Vanguardia de la ciudad de Villavicencio. Si bien el aeropuerto no se encuentra estrictamente

<sup>28</sup> *Ibid.*, p. 72.

<sup>29</sup> COLOMBIA. CAR, CORPOGUAVIO, CORMACARENA, CORPOORINOQUIA, UTGS. POMCA Río Guayuriba actualización: Climatología. Bogotá: CAR, CORPOGUAVIO, CORMACARENA, CORPOORINOQUIA, UTGS, 2018.

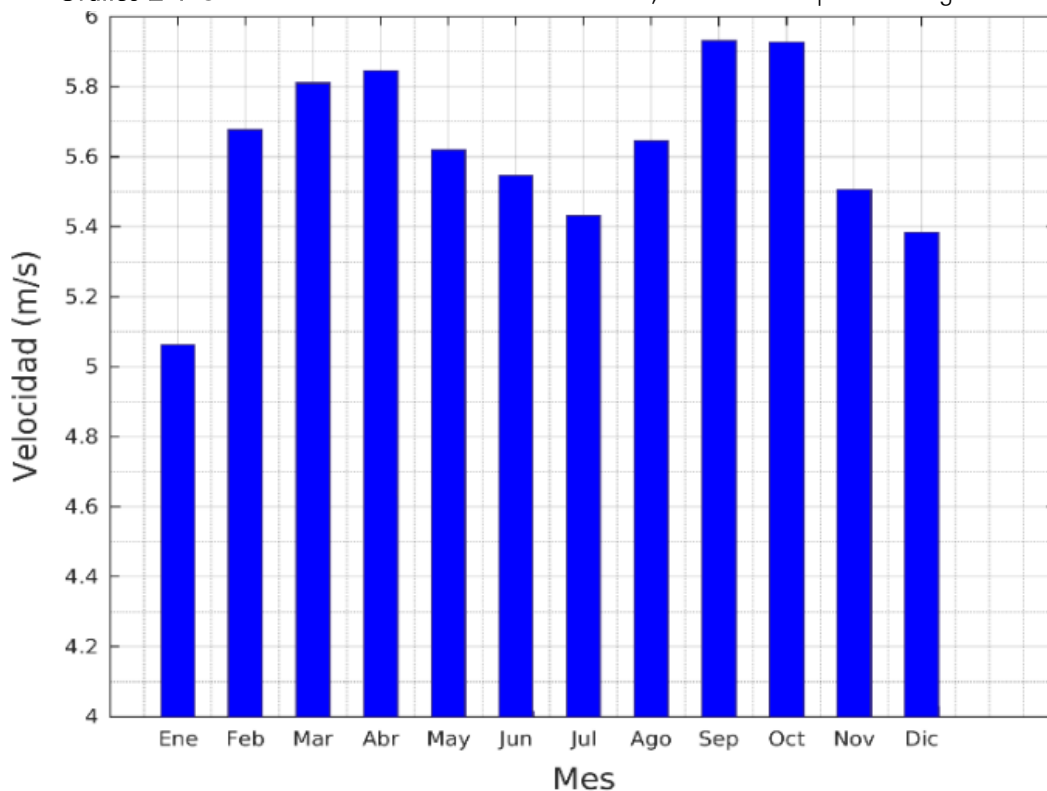




dentro de la cuenca del río Guayuriba, está cerca de la parte baja de la misma, por lo que puede ofrecer cierta representatividad del régimen de vientos en la zona<sup>30</sup>.

En el gráfico 2-1 se presenta el ciclo anual de la velocidad máxima diaria del viento, distribuido para cada uno de los meses del año; en general, las mayores velocidades máximas del viento están entre septiembre y octubre; en esto puede influir la intensificación que sufren los vientos alisios en el segundo semestre del año. Las menores intensidades del viento se dan a mitad de año, y en el mes de enero. En el gráfico 2-2 se presenta el ciclo anual de la magnitud del viento promedio para cada mes del año, se observa un comportamiento similar a la velocidad máxima del viento, con el mínimo de velocidad a mitad de año; sin embargo, en la velocidad media no se observa un mínimo de velocidad a inicio del año<sup>31</sup>.

**Gráfico 2-1** Ciclo anual velocidad máxima del viento, estación aeropuerto Vanguardia



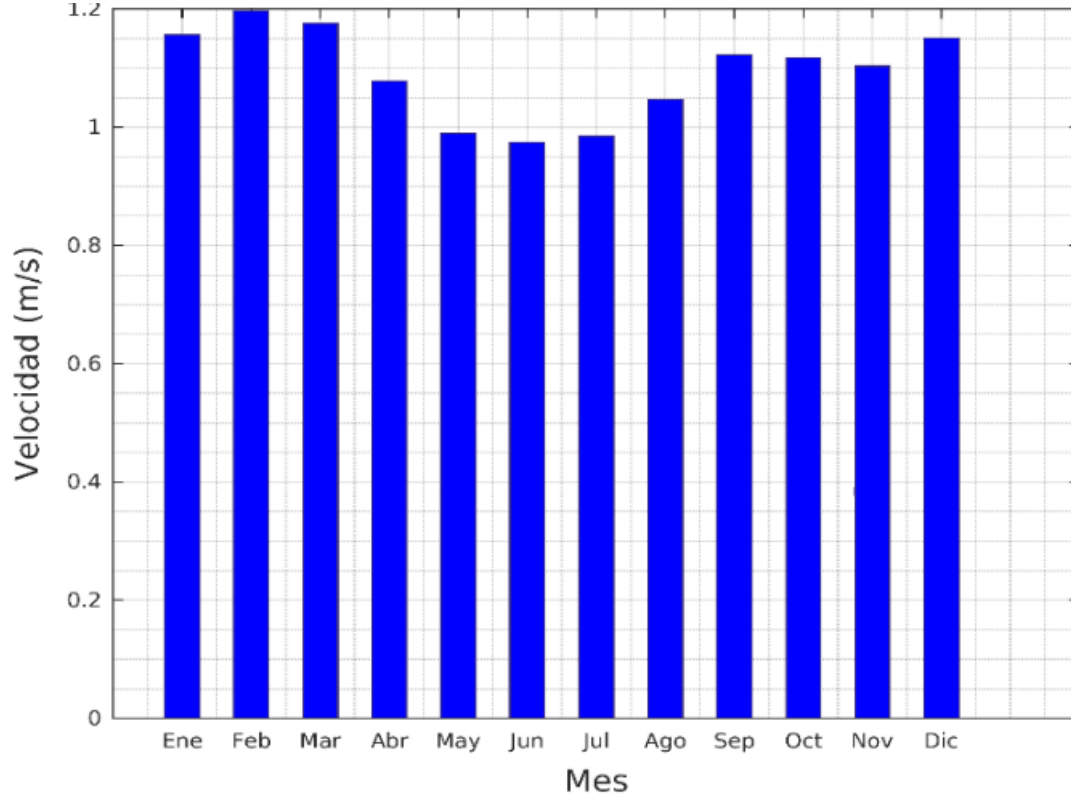
Fuente: CAR, CORPOGUAVIO, CORMACARENA, CORPOORINOQUIA, UTGS, 2019.

<sup>30</sup> *Ibíd.*, p. 79.

<sup>31</sup> *Ibíd.*, p. 81.



**Gráfico 2-2** Ciclo anual velocidad media del viento, estación aeropuerto Vanguardia



Fuente: CAR, CORPOGUAVIO, CORMACARENA, CORPOORINOQUIA, UTGS

En la tabla 2-1 se presentan los valores del promedio mensual de las velocidades media y máxima diarias.

**Tabla 2-1** Velocidad media y máxima del viento media.

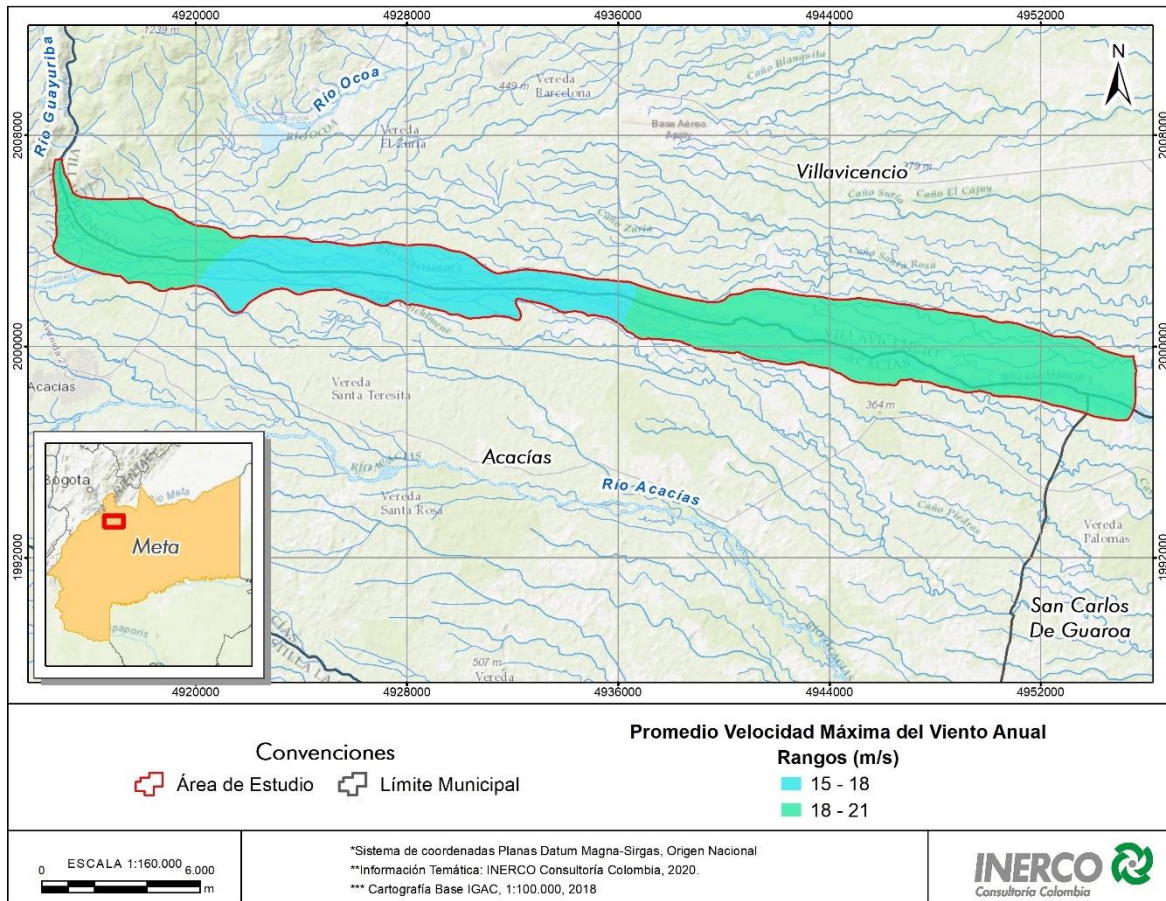
	Velocidad del viento (m/s) - Estación - Aeropuerto Vanguardia											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Media	1.16	1.20	1.18	1.08	0.99	0.97	0.98	1.05	1.12	1.12	1.10	1.15
Máxima promedia	5.06	5.68	5.81	5.84	5.62	5.54	5.43	5.64	5.93	5.93	5.51	5.38

Fuente: CAR *et al.* Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

Finalmente, en la figura 2-5 se presenta el promedio de velocidad máxima anual en el área de estudio que oscila entre 15 m/s y 21m/s.



Figura 2-5 Velocidad del viento Acacías - Villavicencio



Fuente: CAR et al. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

### 2.2.1.10.1.5 Evaporación

Como sucede con la humedad relativa, las estaciones de las que se tomaron los datos de evaporación no se ubican al interior de la cuenca del río Guayuriba sino en el área circundante, en ese sentido, para el caso de la cuenca baja se tomaron las estaciones más próximas cuyos registros pueden dar cuenta del comportamiento de esta variable en el área priorizada para realizar el análisis de riesgo. Así, a lo largo del año, los meses con mayor registro de evaporación en dichas estaciones corresponden a enero, febrero y marzo, y los meses de menor evaporación corresponden a junio y julio. Este comportamiento es inverso al comportamiento de la precipitación, y coincide de cierta manera con el del brillo solar. Lo anterior tiene que ver con el comportamiento atmosférico, donde la evaporación está determinada por la nubosidad, al igual que por la radiación incidente. En la tabla 2-2 se muestran los valores del ciclo anual de las estaciones ubicadas en cercanías a la cuenca baja.



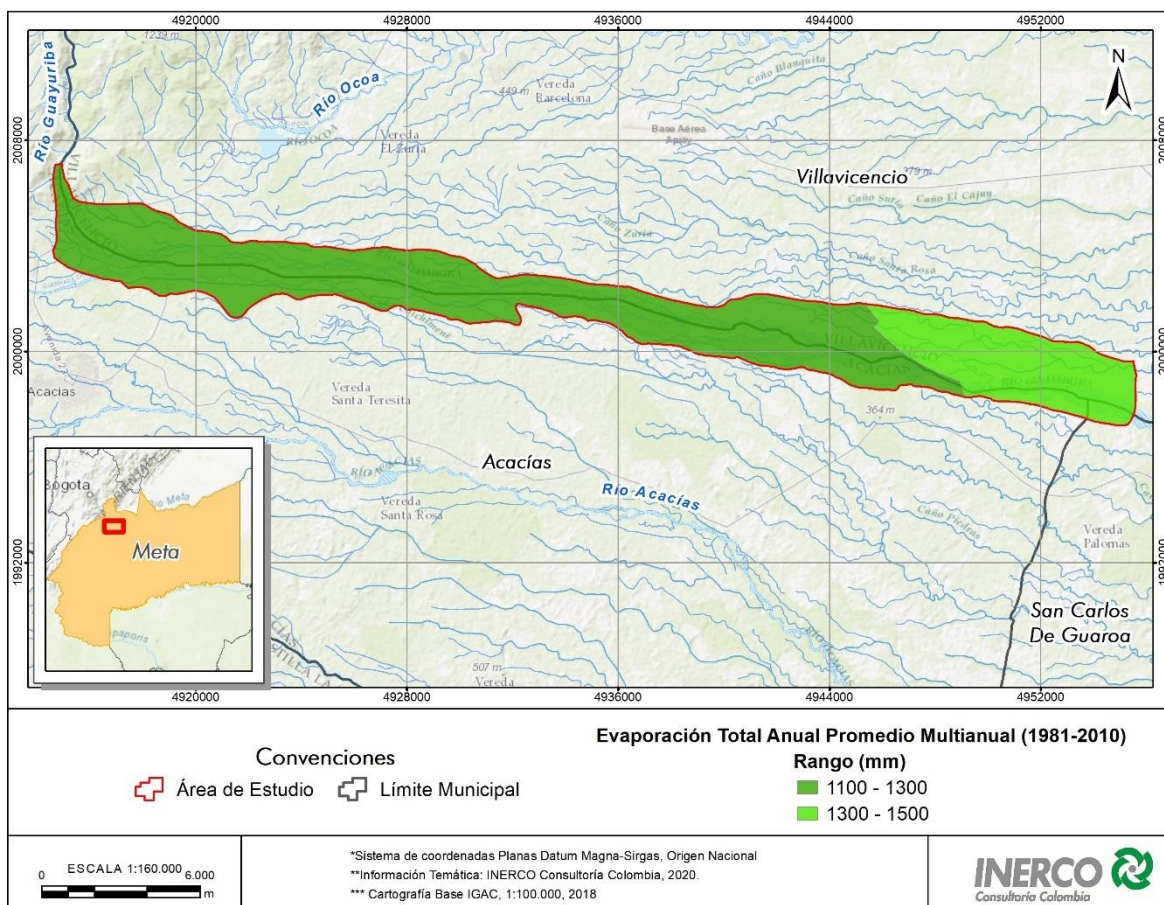
**Tabla 2-2** Ciclo anual de las estaciones de evaporación (mm/mes) y (mm/año).

COD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
35045020	139.12	135.54	120.25	98.44	95.60	90.34	89.65	97.65	109.91	115.45	112.58	120.23	1324.76
35055010	147.03	147.15	136.53	100.00	101.17	94.89	98.64	108.43	119.37	124.27	117.31	127.47	1422.27

Fuente: CAR *et al.* Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

De acuerdo con la cartografía presentada por el respectivo POMCA<sup>32</sup>, la evaporación total anual promedio multianual en la cuenca baja está entre 1.100 mm y 1.500 mm, este último valor cerca de la desembocadura.

**Figura 2-6** Evaporación Acacias - Villavicencio



Fuente: CAR *et al.* Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

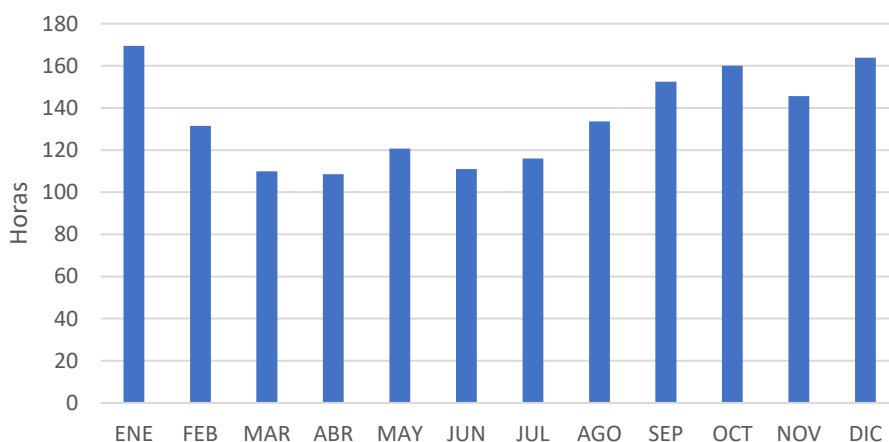
<sup>32</sup> COLOMBIA. CAR, CORPOGUAVIO, CORMACARENA, CORPOORINOQUIA, UTGS. POMCA Río Guayuriba actualización: Climatología. Bogotá: CAR, CORPOGUAVIO, CORMACARENA, CORPOORINOQUIA, UTGS, 2018.



### 2.2.1.10.1.6 Brillo solar

La información de brillo solar se obtuvo de la estación aeropuerto Vanguardia que se ubica cerca de la parte baja de la cuenca del río Guayuriba en el municipio de Villavicencio. El mes de enero es el que presenta el mayor promedio de horas de sol con un total de 169.50, decreciendo paulatinamente hasta llegar a un mínimo de horas de sol mensual en los meses de marzo, abril y junio con 109, 108 y 100 horas de sol respectivamente. Este descenso de horas de sol en junio está muy ligado a la temporada lluviosa que se manifiesta marcadamente para esa época del año en las vertientes de la cuenca. En marzo, mes de transición hacia la época lluviosa, disminuyen los valores de brillo solar al aumentar la nubosidad en todo el territorio nacional. La presencia de la Zona de Convergencia Intertropical acompañada de los desarrollos nubosos y precipitaciones intensas que la caracterizan favorece la reducción de este parámetro<sup>33</sup>.

**Gráfico 2-3** Brillo solar mensual promedio – estación aeropuerto Vanguardia



Fuente: CAR *et al.*, 2019

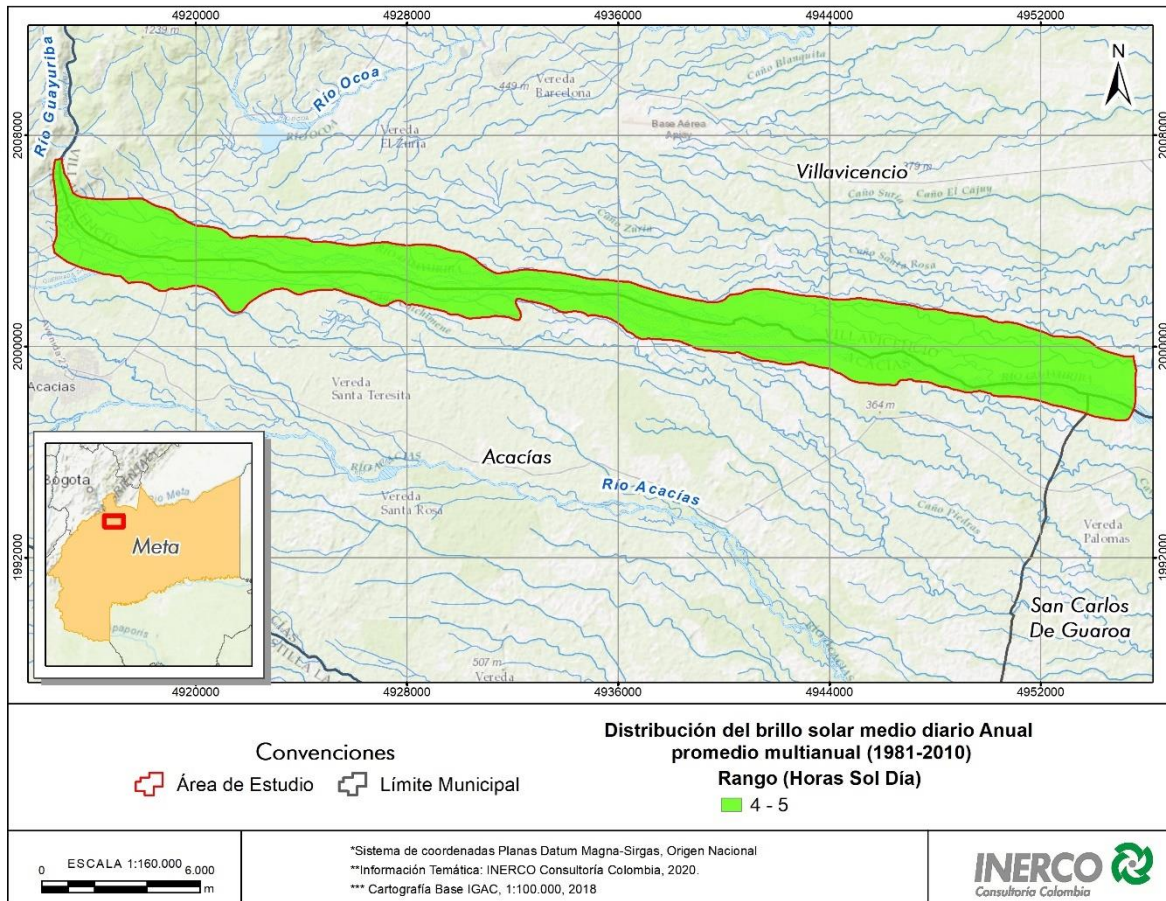
En cuanto al brillo solar medio diario anual promedio multianual, se tiene para la cuenca baja un rango de 4 a 5 horas de sol.

<sup>33</sup> *Ibíd.*, p. 77.





Figura 2-7 Brillo solar Acacías - Villavicencio



Fuente: CAR *et al.* Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

### 2.2.1.10.1.7 Hidrografía

El río Guayuriba nace en la confluencia de los ríos Blanco y Negro, y entrega sus aguas al río Metica que posteriormente drena hacia el río Meta. Desde su nacimiento hasta el piedemonte se caracteriza por tener un valle en forma de “V” con laderas de pendientes muy pronunciadas y muy estrecho en el fondo. Al salir de la cordillera, amplía enormemente su cauce, formando un cono de deyección o abanico aluvial, este depósito de aluviones es característico de los ríos del área de estudio, donde la pendiente de las laderas enlaza con una zona llana<sup>34</sup>.

La razón de formar este tipo de depósitos, ocurre debido a que la energía de los ríos con una importante carga de sedimentos se ve disminuida al encontrar la zona llana, su forma cónica hace que ejerzan de barrera natural en los ríos obligando a estos a desviar su curso y adaptarse al relieve. Las dimensiones de estos abanicos aluviales varían dependiendo de las características

<sup>34</sup> INERCO CONSULTORÍA COLOMBIA. Implementación del mapa de ruta para la adaptación del sector energético al cambio climático (incluyendo el uso de la herramienta de servicios ecosistémicos) e identificación de factores de vulnerabilidad del sector minero y líneas gruesas de medidas de adaptación: Documento de factores de vulnerabilidad y riesgo relacionados con la variabilidad climática y el cambio climático del sector minero. Bogotá. 2015. p.220 y 221. 221



de la cuenca, y su cauce varía a lo ancho del abanico de acuerdo a las condiciones hidrológicas e hidráulicas de la cuenca en un momento dado<sup>35</sup>.

El río Guayuriba tiene gran capacidad para transportar material de fondo y lateral, constituido por bloques espesos, cantos rodados, guijarros, gravas y arenas, dando lugar a grandes formaciones de depósitos aluviales sobre todo el recorrido del cauce de la zona plana<sup>36</sup>.

El orden de la corriente del río Guayuriba según Horton es 8, tal como es conocido, el orden de Horton está relacionado con el comportamiento hidrológico de la cuenca, considerando que los cauces con órdenes bajos tienen mayor peligro de inundaciones descargando de forma súbita durante tormentas<sup>37</sup>.

De acuerdo con los datos obtenidos del respectivo POMCA<sup>38</sup>, la oferta hídrica del río Guayuriba es la que se presenta en la tabla 2-3, en esta se tienen en cuenta los datos correspondientes a año hidrológico medio, seco y húmedo.

**Tabla 2-3** Oferta hídrica río Guayuriba

	Caudales (m <sup>3</sup> /s)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Oferta hídrica mensual y promedio anual <b>Año hidrológico medio</b>	35,12	40,74	59,67	136,75	244,78	273,65	266,31	234,56	175,74	148,20	128,18	78,89	151,88
Oferta hídrica mensual y promedio anual <b>Año hidrológico seco</b>	13,15	10,26	14,24	38,14	104,20	132,48	146,93	121,59	108,65	57,54	51,88	21,85	68,41
Oferta hídrica mensual y promedio anual <b>Año hidrológico húmedo</b>	72,99	170,91	133,88	264,14	498,52	528,88	512,54	407,21	272,74	245,22	279,36	167,84	296,19

Fuente: CAR *et al*, 2019.

En la parte baja de la cuenca, en donde se ubica el área de análisis de riesgo, el comportamiento del río Guayuriba es marcadamente unimodal, con máximos de caudal en la mitad del año y caudales más bajos en los primeros meses del año<sup>39</sup>.

<sup>35</sup> *Ibíd.*

<sup>36</sup> *Ibíd.*

<sup>37</sup> COLOMBIA. CAR, CORPOGUAVIO, CORMACARENA, CORPOORINOQUIA, UTGS. POMCA Río Guayuriba actualización: Climatología. Bogotá: CAR, CORPOGUAVIO, CORMACARENA, CORPOORINOQUIA, UTGS, 2018. p. 13.

<sup>38</sup> *Ibíd.*

<sup>39</sup> *Ibíd.*, p. 81.



En cuanto al rendimiento hídrico, el POMCA relaciona los siguientes datos:

**Tabla 2-4** Rendimiento hídrico río Guayuriba

	Rendimiento (l/s/km <sup>2</sup> )												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Rendimiento hídrico mensual y promedio anual <b>Año hidrológico medio</b>	10,95	12,70	18,60	42,63	76,31	85,32	83,03	73,13	54,79	46,20	39,96	24,60	47,35
Rendimiento hídrico mensual y promedio anual <b>Año hidrológico seco</b>	4,10	3,20	4,44	11,89	32,49	41,30	45,81	37,91	33,87	17,94	16,17	6,81	21,33
Rendimiento hídrico mensual y promedio anual <b>Año hidrológico húmedo</b>	22,76	53,29	41,74	82,35	155,42	164,89	159,79	126,95	85,03	76,45	87,10	52,33	92,34

Fuente: CAR *et al*, 2019

Los rendimientos tienen una fuerte tendencia a ser altos en la parte baja de la cuenca del río Guayuriba, a causa de los altos valores de precipitación de la zona donde se ubican, siendo de hecho la zona de la cuenca con mayores acumulados de precipitación. En cuanto a las condiciones hidrológicas secas, el patrón espacial se conserva, con los mayores rendimientos en la parte baja de la cuenca<sup>40</sup>

En el río Guayuriba, el mes de junio bajo condiciones medias presenta un rendimiento hídrico de 85,32 l/s/km<sup>2</sup>, y para condiciones secas, el rendimiento es de 41,30 l/s/km<sup>2</sup>, significando una reducción del 52% aproximadamente. Para el mes de enero, en condiciones medias el rendimiento hídrico es de 10,95 l/s/km<sup>2</sup>, mientras que, para la condición de año hidrológico seco, es de 4,1 l/s/km<sup>2</sup>, indicando una reducción del 73%<sup>41</sup>.

#### 2.2.1.10.1.8 Comportamiento durante eventos de variabilidad climática

Algunos fenómenos climáticos de escala global pueden tener un impacto significativo sobre la hidroclimatología de Colombia. El Fenómeno de El Niño – Oscilación del Sur (ENSO) es quizás el que tiene un efecto más fuerte sobre el régimen de precipitación del país. Al respecto, el POMCA del río Guayuriba<sup>42</sup> muestra el ciclo anual de la precipitación diaria promedio en cada mes, para seis estaciones de la cuenca, para las condiciones Niño (fase cálida del ENSO), Niña (fase fría) y Neutral. Se observa que en las estaciones de la parte alta de la cuenca existe una respuesta

<sup>40</sup> *Ibíd.*, p. 102.

<sup>41</sup> *Ibíd.*

<sup>42</sup> *Ibíd.*





diferenciada ante las diferentes fases del ENSO, mientras que en las estaciones de la parte media-baja la respuesta es muy similar para las tres fases.

Dado que los valores de la correlación cruzada en la mayoría de casos son muy bajos, no se puede concluir estadísticamente que la cuenca del río Guayuriba esté fuertemente influenciada por el fenómeno de El Niño – Oscilación del Sur. Sin embargo, al analizar los ciclos anuales en las diferentes fases del ENSO, se observa que en las estaciones de la parte alta de la cuenca sí existe cierta respuesta al ENSO; mientras que en la parte baja de la cuenca, la correlación entre los índices ENSO y la precipitación es aún más baja, y la respuesta del ciclo anual al fenómeno no es muy clara, no lográndose distinguir marcadas diferencias en la lluvia para cada fase del ENSO. A pesar de que el análisis indica que el ENSO en general no tiene una fuerte influencia en la precipitación de la cuenca, se aclara en todo caso que este análisis es estadístico, y que no significa que ante un evento ENSO específico el régimen de precipitaciones vaya a permanecer inalterado, pues pueden existir interacciones climáticas a escala sinóptica que podrían afectar la precipitación local en un evento Niño o Niña en particular<sup>43</sup>.

#### 2.2.1.10.2 Caracterización biótica

##### 2.2.1.10.2.1 Cobertura vegetal y uso del suelo

La cobertura vegetal del área de estudio (figura 2-8) de acuerdo con el POMCA del río Guayuriba<sup>44</sup> corresponde a pastos limpios y enmalezados (34%), cultivos de arroz (11%), herbazales (9%), cultivos permanentes (8%), vegetación secundaria (6%), pastos arbolados (1%), bosque denso (1%) y bosque de galería (5%). El uso del suelo restante (25%) corresponde a zonas de extracción minera (1%), zonas arenosas naturales (16%), cuerpos de agua (7%) y red vial (1%).

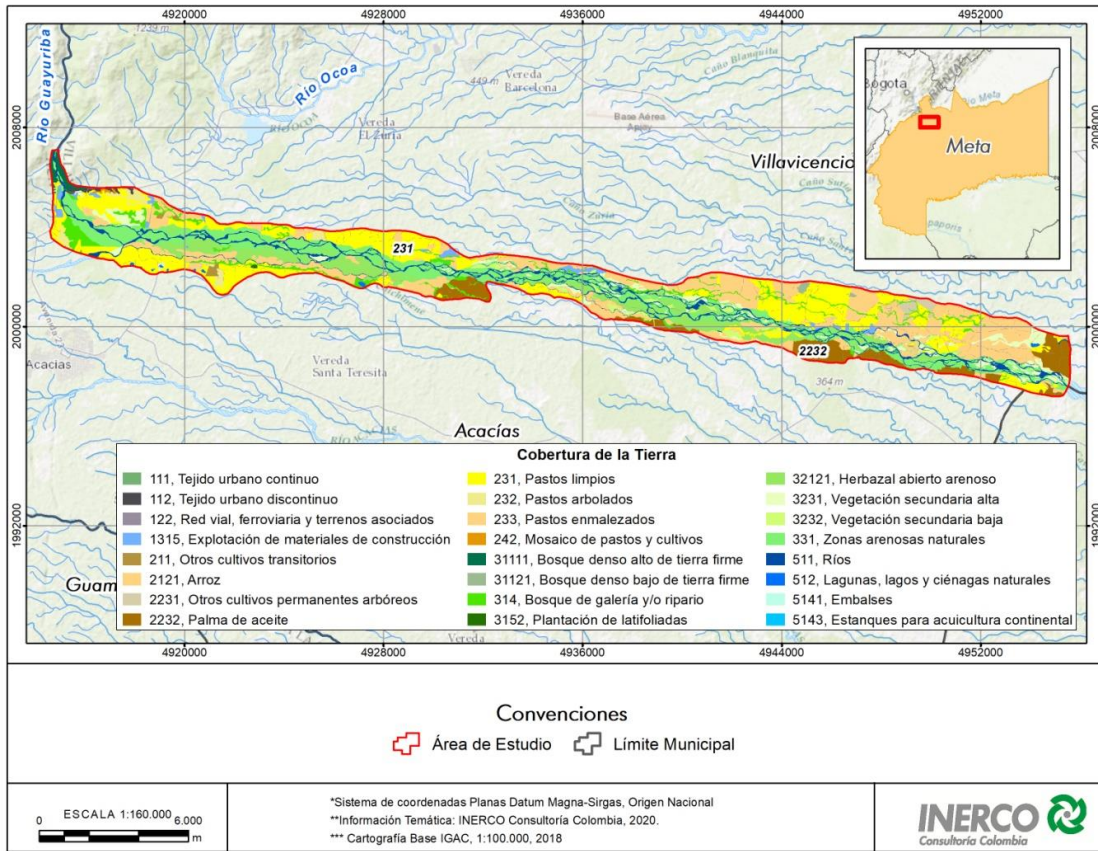
---

<sup>43</sup> *Ibíd.*, p. 56 y 57.

<sup>44</sup> *Ibíd.*



Figura 2-8 Cobertura vegetal área de estudio



Fuente: CAR et al. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

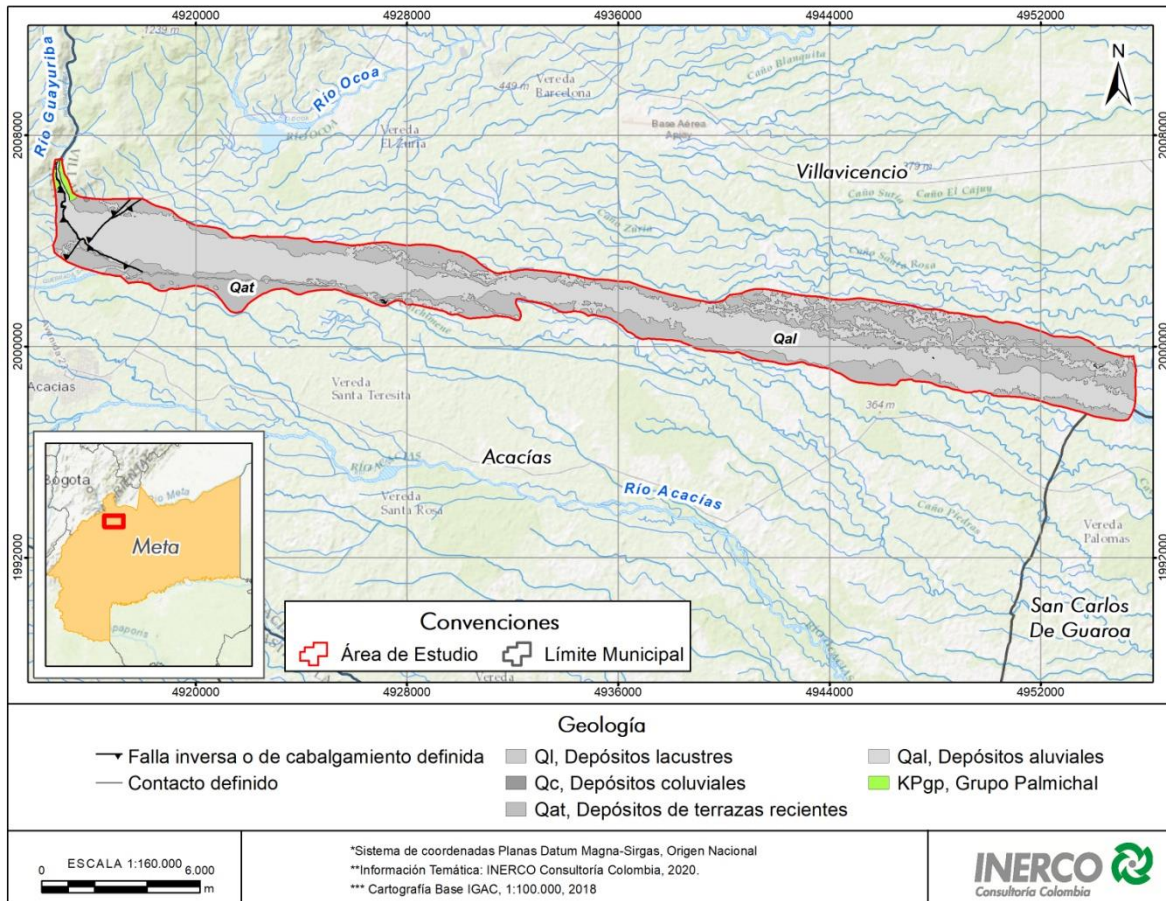
### 2.2.1.10.3 Caracterización física

#### 2.2.1.10.3.1 Geología

La zona de estudio está conformada por depósitos del cuaternario correspondiente a terrazas recientes (46% del área) constituidas por guijarros, guijos, gránulos y ocasionalmente por gravas redondeadas de arenitas cuarzosas de grano fino y arenitas gris-verdosas, clasto soportados con matriz limo arenosa y por aluviones recientes (54% del área) cuya composición principalmente son gravas, guijos y cantos no consolidados embebidos en una matriz areno-lodosa, los cuales corresponden a la sedimentación continua del río Guayuriba y a la tectónica activa en las fallas de piedemonte que acentúan los procesos de erosión y sedimentación hacia las zonas bajas, especialmente en la época invernal<sup>45</sup>.

<sup>45</sup> Ibíd.

Figura 2-9 Geología área de estudio



Fuente: CAR et al. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

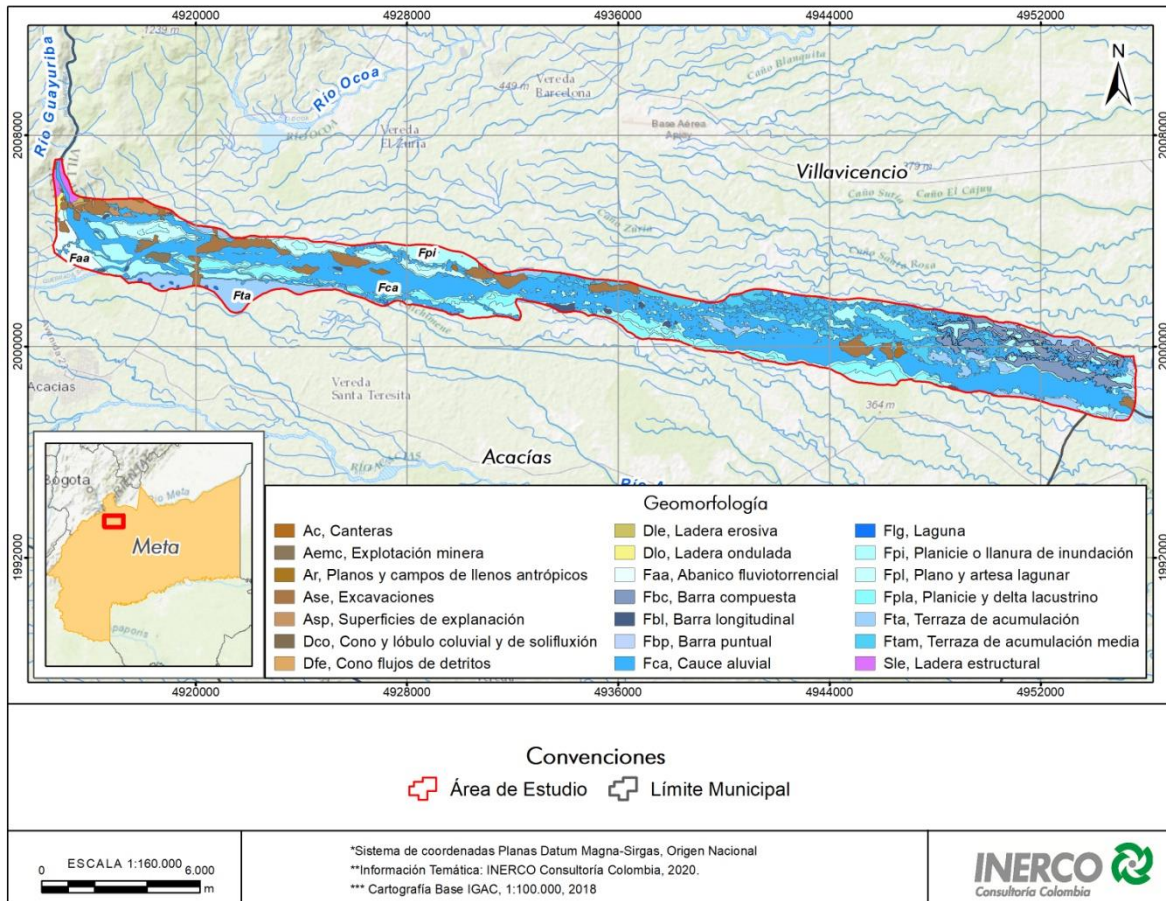
### 2.2.1.10.3.2 Geomorfología

Las geoformas planas de la zona de estudio<sup>46</sup> se originaron por procesos de acumulación o sedimentación de materiales en las áreas aledañas y sobre el cauce aluvial del río Guayuriba, tanto en épocas de grandes avenidas e inundación, como en la dinámica normal de la corriente durante la época seca. Esta unidad de cauce (Fca) ocupa el 47% del área de estudio. La unidad de plano o llanura de inundación (Fpi) es una superficie de morfología plana, baja a ondulada, eventualmente inundable que bordea el cauce del río Guayuriba y ocupa el 19% del área. Las terrazas (Fta) ocupan un 16% del área, mientras que el resto del área es ocupada por unidades de delta, barras, planos y abanicos (figura 2-10).

<sup>46</sup> Ibid.



Figura 2-10 Geomorfología área de estudio



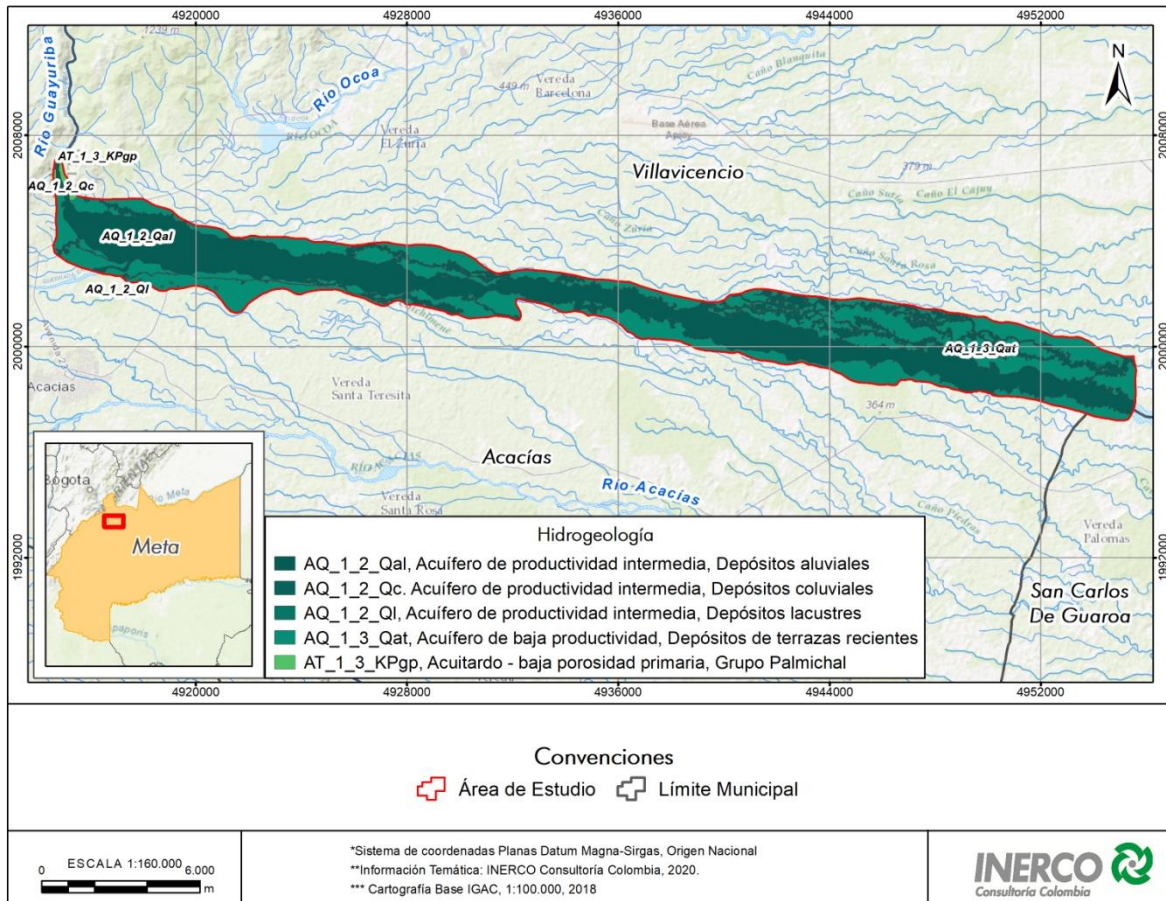
Fuente: CAR *et al.* Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

### 2.2.1.10.3.3 Hidrogeología

La hidrogeología del área de estudio<sup>47</sup> está representada por el acuífero de depósitos aluviales (AQ12Qal) que ocupan el 53% del área y por el acuífero de terrazas recientes (ocupa el 47%), son de productividad intermedia a baja, con porosidad primaria, libre a semiconfinado, local, discontinuo. Esta unidad hidrogeológica la conforman los sedimentos cuaternarios de ambientes fluviales que dan origen a depósitos aluviales y de llanura aluvial y terrazas. Se cataloga como un acuífero con flujo esencialmente intergranular con aguas recomendables para cualquier tipo de uso. Llegan a alcanzar espesores de hasta 40 m.

<sup>47</sup> *Ibíd.*

Figura 2-11 Hidrogeología área de estudio



Fuente: CAR *et al.* Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

#### 2.2.1.10.4 Caracterización socioeconómica

En el anexo 1 – 2 se presenta la información socioeconómica de los municipios de Villavencio y Acacias en donde se desarrollan actividades de explotación del material de arrastre proveniente del río Guayuriba. Aunque estos municipios no tienen sus cabeceras municipales dentro del área de distribución de la cuenca hidrográfica del río Guayuriba, tienen una amplia relación con los bienes y servicios que esta ofrece, y la población se concentra en ellos<sup>48</sup>.

#### 2.2.2 Cali - Yumbo

Como en otras regiones del país, la actividad de explotación de materiales de construcción (canteras y material de arrastre) está articulada a dinámicas económicas de mayor tamaño e impacto. A partir de mediados del siglo XX, se emplazó sobre el río Cauca la actividad de extracción de materiales de arrastre del río, y extracción de diabasa sana para la producción de

<sup>48</sup> *Ibid.*, p. 24.



gravas, de triturados sobre las zonas de las canteras ubicadas en la zona central del municipio de Yumbo, potenciada por el desarrollo urbano de la ciudad de Cali (sector de la construcción)<sup>49</sup>.

En los aspectos concernientes a minería, se puede decir que la actividad minera que prevalece en estos núcleos mineros son las canteras de explotación de material diabásico donde se extraen materiales de construcción (agregados pétreos), recebo, caliza y agregados calcáreos, Dichas explotaciones se hacen por medio de terraceos descendentes utilizando mecanismos de arranque tales como explosivos, maquinaria y equipo pesado (buldózers, retroexcavadoras, perforadoras). En la mayoría de los casos las canteras cuentan con plantas de transformación como es el caso de las localizadas en campo alegre – aguacatal (Cali) y las localizadas entre Arroyohondo y San Marcos en Yumbo<sup>50</sup>. A su vez, Cali tiene posibilidades de abastecimiento de material proveniente de canteras en su zona rural, también de material de arrastre proveniente de Jamundí, Villa Rica y Puerto Tejada y, finalmente, Yumbo tiene la capacidad de proveer tanto material proveniente de canteras como material de arrastre. Las principales explotaciones se realizan a lo largo del Río Cauca y sus afluentes entre los municipios de Cartago y Jamundí<sup>51</sup>

El mayor número de permisos otorgados para su aprovechamiento, se localiza en el municipio de Yumbo. Los materiales explotados corresponden a materiales de construcción como materiales de arrastre de río, diabasa, arcilla, calizas, entre otros. Según la información del Catastro Minero Colombiano – CMC, en Yumbo se encuentran otorgados 47 títulos mineros vigentes, los cuales ocupan un área total de 3.688,0326 ha., es decir, el 15,98% del área total del municipio. Estos títulos mineros se localizan en el sector central del municipio y son empleados principalmente para la explotación de materiales de construcción ocupando 2.332,0406 ha de área superposición en el municipio<sup>52</sup>.

Actualmente, existen conflictos con las comunidades quienes consideran que en la minería de los materiales de construcción está el origen de las inundaciones y los daños en acueductos e infraestructura rural y urbana por la tendencia creciente en los desbordamientos registrada en la última década. A lo anterior se suma la emisión de ruido y de material particulado y la afectación de las vías. A raíz de la demanda por material de arrastre, y los posibles impactos que repercuten en afectación a la población aledaña de las fuentes hídricas, la autoridad ambiental (CVC) ha venido realizando diferentes acciones, tanto de seguimiento como de investigación y acompañamiento en capacitación a la población que se dedica a este oficio.

---

<sup>49</sup> UTC-IPME. *Elaboración del instrumento de carácter técnico-ambiental que evidencie los diferentes procedimientos y técnicas necesarias para un desarrollo apropiado para la extracción de materiales de arrastre a partir del trabajo conjunto con las autoridades ambientales (corporaciones autónomas regionales), el cual debe constituirse en una herramienta de consulta y orientación conceptual y metodológica para mejorar la gestión, manejo y desempeño minero-ambiental; con base en el análisis realizado sobre seis (6) ríos tipo.* Informe río cauca, Departamento De Valle Del Cauca. 2015. 177pp.

<sup>50</sup> GOBERNACION DEL VALLE DEL CAUCA. *Evolución, impacto y retos del Sector Minero: Un análisis para el Valle del Cauca* [En línea]. Santiago De Cali, 2013. No.7. 23 pp. Disponible en: <<https://www.valledelcauca.gov.co/loader.php?lServicio=Tools2&lTipo=viewpdf&id=28720>>

<sup>51</sup> *Ibid.*

<sup>52</sup> AGENCIA NACIONAL DE MINERÍA. *Documento Técnico Para La Inclusión Del Uso Minero en el Ordenamiento Territorial Del Municipio De Yumbo*, Departamento Del Valle Del Cauca. [En línea]. 2019. Disponible en: <[https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/dtium-yumbo-valle-cauca\\_1.pdf](https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/dtium-yumbo-valle-cauca_1.pdf)>





Asimismo, el gobierno departamental viene trabajando con la subsecretaría de ambiente y desarrollo sostenible y en articulación con la CVC, DAGMA, departamento administrativo de planeación, y la coordinación técnica del consejo departamental de política en ambiente y gestión integral del recurso hídrico, en fomentar el crecimiento económico, el desarrollo competitivo y productivo a través de fortalecimiento minero de mediana y pequeña escala, estipulado dentro de un Plan Departamental de Gestión Ambiental Minero, en el cual permitiría la recuperación de los pasivos ambientales y potencializar el sector.

La descripción de los diferentes componentes se realizó con información primaria y secundaria que se presenta a continuación:

### **2.2.2.1 Componente administrativo y financiero**

En el municipio de Yumbo, ubicado en el departamento del Valle del Cauca, la mayor cantidad de las operaciones mineras son llevadas a cabo por empresas enmarcadas dentro de la pequeña y mediana minería con buenos sistemas administrativos y fortaleza financiera, con una larga tradición en la actividad de extracción de materiales de construcción. No obstante, hay una pequeña presencia de empresas con una estructura administrativa y financiera que poseen grandes capitales de inversión en aspectos técnicos, sociales y ambientales en vista de que es realizada por terceros.

En general, las condiciones administrativas están enfocadas en un sistema de procesos logísticos, operativos (minería y producción), de recursos humanos, financieros, de gestión ambiental y de seguridad e higiene industrial. Asimismo, puede señalarse que las empresas presentes cuentan con sistemas de planificación y procesos informados de toma de decisiones, distribución de tareas por competencias, objetivos y metas definidas, entre otros, que las ha llevado a crear un distrito minero en donde se cumplen las normas de seguridad e higiene minera, y que cuenta con personal capacitado para el desarrollo de las tareas relacionadas y aspectos técnicos relacionados con la operación minera.

En la estructura de las organizaciones se evidencia que siempre hay un ente responsable de la planeación estratégica de la que se derivan diferentes acciones que son objeto de seguimiento.

### **2.2.2.2 Componente recursos humanos**

La actividad minera de materiales de construcción se desarrolla principalmente en fuentes aluviales como el río Cauca, río Jamundí y río Cali. Para el año 2014, se tenía un estimado de 395 empleos directos generados por esta actividad<sup>53</sup>.

---

<sup>53</sup>COLOMBIA. UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA UPME, CONSORCIO PROYECCIÓN IB2. Evaluación de la situación actual y de los escenarios futuros del mercado de los materiales de construcción y arcillas en las ciudades de Cali, Cúcuta, Villavicencio, Cartagena, Sincelejo, Yopal, Valledupar y montería. Bogotá: UPME.



A nivel de escolaridad del grueso de la fuerza laboral minera no supera el bachiller. No obstante, en la parte operacional y administrativa el mínimo es profesional, con formación y experiencia en la labor a contratar, especialización y/o maestría.

A nivel general, las empresas que hacen parte del subsector cuentan con un departamento de recursos humanos encargado de la contratación del personal, procesos del pago de la nómina dentro del sistema legal y manejo de la seguridad social de los empleados bajo el cumplimiento normativo con respecto a las prestaciones sociales. En el manejo de salud y seguridad en el trabajo, se cuenta con personal encargado del sistema de gestión, así como ayudantes y técnicos SST. En ocasiones, la gestión SST se maneja de manera tercerizada con empresas contratistas.

### **2.2.2.3 Componente de la cadena de suministros**

En el municipio de Yumbo especialmente en el sector de Acopi, se ha desarrollado un centro de venta de servicios primarios a la minería entre los que se encuentran estaciones de servicio, cooperativas mineras, ferreterías, talleres de reparación y mantenimiento, y distribuidores especializados, suministro en maquinarias (ej: Gecolsa en la empresa Ingeocc S.A), donde los mineros pueden conseguir repuestos, y la herramienta básica.

En general en el municipio es posible encontrar venta de suministros primarios; sin embargo, para servicios más especializados es necesario recurrir a las ciudades principales como Bogotá, en donde los accesorios y los explosivos para la voladura son suministrados por Indumil.

### **2.2.2.4 Componente extractivo**

El área de estudio se localiza en las estribaciones de la Cordillera Occidental, al oeste de los cascos urbanos de Cali y Yumbo, donde existen 37 títulos mineros para la explotación de los materiales de construcción, la cual se realiza en canteras a cielo abierto en bancos descendentes. El tamaño de la explotación predominante es mediana minería y en la zona de estudio las empresas representativas son Triturados El Chocho S.A.S, Agregados y Mezclas Cachibí S.A., Ingeocc S.A., Perea & Cia SAS y Rocales y Concretos S.A.S. entre otras.

El método de explotación cuando se trata de rocas sanas como diabasas o basaltos es mediante perforación y voladura y el cargue se realiza mediante retroexcavadoras hacia las volquetas mineras. Cuando no se explota la roca sana sino la roca meteorizada, denominada localmente como “roca muerta” la explotación se hace solamente con arranque mecánico a través de buldócer y retroexcavadoras. Los materiales que se producen son “roca muerta” que se emplea en rellenos, roca medianamente meteorizada que es utilizada como base y sub-base granular y roca sana (diabasa o basalto) como agregados de diferentes especificaciones.

En entrevista con Ingeocc S.A. manifestaron que el área circundante de las operaciones es propensa a tener incendios forestales en época de verano. Así mismo Rocales y Concretos S.A.S. manifestó que durante el invierno se presentan ráfagas de viento muy fuertes que conllevan a



cambios en el horario de trabajo para evitar afectaciones al personal que labora en la operación y a la comunidad, por efecto del material particulado. Así mismo comentaron que durante el fenómeno de la Niña de 2010 se presentó una inundación que afectó la operación dado que se encuentran en el área de influencia del río Aguacatal, para lo cual construyeron un dique de protección perimetral que ha evitado la repetición de estos eventos. Igualmente, durante el invierno, en algunas ocasiones, deben suspender el transporte de materiales por daños en las vías de acceso a las canteras.

#### **2.2.2.5 Componente de beneficio**

El proceso de beneficio comprende la trituración en plantas primarias, secundarias e incluso terciarias, con equipos como trituradoras de mandíbulas, trituradoras de cono y zarandas clasificadoras, entre otros. Los productos terminados que obtienen son gravas en diferentes tamaños, bases y sub-bases granulares y arenas.

Las empresas entrevistadas manifiestan que en verano el principal problema es la generación de material particulado en el área de la planta de beneficio y en época de fuertes lluvias es posible que se deba suspender actividades porque se puede producir una colmatación de las mallas generando un incremento en la humedad relativa de los materiales lo cual no permite que cumpla con las especificaciones requeridas.

#### **2.2.2.6 Componente de almacenamiento temporal**

El almacenamiento de los materiales extraídos y procesados se realiza en patios de acopio a la intemperie y en el caso de las empresas que tienen plantas de asfalto, el acopio se hace bajo techo dadas las especificaciones que debe tener.

Se presentan inconvenientes en los patios de acopio cuando hay grandes flujos de corrientes de aire, en especial cuando hay arena triturada seca y lavada a causa del material particulado.

#### **2.2.2.7 Componente de transporte y comercialización**

El departamento del Valle del Cauca centra su sistema vial en el eje norte - sur que hace parte de la carretera Panamericana y recorre el área plana de su territorio con bifurcaciones hacia Buenaventura, en el litoral Pacífico, y varios ramales que comunican al Departamento con Bogotá, Armenia, Ibagué, Neiva, Pereira, Medellín y Popayán. Las vías que hacen parte de la red principal del departamento son la Troncal de Occidente por la margen derecha el Río Cauca o Carretera Panamericana, la Troncal del Pacífico por la margen izquierda del mismo río, la vía



Cali-Loboguerrero – Buga, las carreteras Cartago - Alcalá, Ansermanuevo - Cartago, la Paila - El Alumbrado, y Palmira - Pradera – Florida<sup>54</sup>.

En entrevista con Ingeocc S.A, Rocales y Concretos, y Perea & Cia SAS manifestaron que el transporte interno de la mina es con equipo propio con una modalidad de patios intermedios donde se genera la operación de cargue de las volquetas y alimento a las trituradoras. En cuanto a la comercialización del material, generalmente es realizado por terceros con volquetas ajenas a la empresa, o propias de los clientes que ponen a disposición el transporte que llega directamente al patio de acopio para realizar el cargue y salir por báscula.

En el caso de la compañía Rocales y Concretos, la planta trituradora se ubica al borde del río Aguacatal que cada 2 a 3 años se presenta aumentos de nivel y desbordamientos causando obstrucción de la vía de acceso, e impidiendo el ingreso a la planta.

En conversación con las autoridades municipales y ambientales se detecta que en temporadas de lluvia se afectan las vías terciarias y secundarias del departamento, y hay inconvenientes para abastecer y entregar los materiales provenientes de las minas.

### 2.2.2.8 Componente de gestión ambiental

Varias de las explotaciones que se desarrollan en el departamento del Valle del Cauca corresponden a explotaciones tradicionales que no cuentan con instrumento de manejo y control ambiental, mientras que las explotaciones que tienen una estructura más sólida sí cuentan con licencia ambiental, plan de manejo ambiental o el instrumento que corresponda de acuerdo con la normativa ambiental vigente. En ese sentido, las autoridades ambientales competentes realizan el seguimiento correspondiente velando por que se cumpla la normatividad aplicable<sup>55</sup>.

En cuanto a lineamientos ambientales corporativos y la organización de las empresas frente a este componente, se detecta la existencia de estructuras definidas con director ambiental, coordinadores, apoyos técnicos, etc. Asimismo, las operaciones se desarrollan en el marco de un sistema de gestión ambiental.

En ocasiones, el sistema de gestión es manejado a través de contratistas que se encargan de la documentación ambiental, legal y de requerimientos, esto requiere que el control por parte de la empresa sea estricto y eficiente para que no se generen situaciones ambientales no deseadas.

En el área de estudio las empresas ejecutan actividades adicionales a las establecidas en los instrumentos de control y manejo ambiental (licencias ambientales y planes de manejo), encaminadas a dar un manejo adecuado a aspectos que pueden afectar las relaciones con la

---

<sup>54</sup> COLOMBIA. UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA UPME, CONSORCIO PROYECCIÓN IB2. Evaluación de la situación actual y de los escenarios futuros del mercado de los materiales de construcción y arcillas en las ciudades de Cali, Cúcuta, Villavicencio, Cartagena, Sincelejo, Yopal, Valledupar y montería. Bogotá: UPME.

<sup>55</sup> Ibid.



comunidad y la operación misma. Algunas de esas actividades son: siembra de árboles, aislamientos vegetativos para el polvo, para el ruido, riego de vías y pavimentación, construcción de infraestructuras como barrera natural para prevenir ruido, mitigar la dispersión de material particulado hacia las comunidades, y controlar posibles inundaciones.

El cambio climático es un factor que se ha evidenciado en los últimos años; sin embargo, no se ha tomado como una variable significativa dentro de la gestión ambiental de las operaciones mineras, aun así, los empresarios que hacen parte de subsector lo reconocen como un tema que se debe incorporar en el proceso de planeación y presupuestar a futuro.

En línea con lo anterior, las empresas adoptan mecanismos para manejar los impactos que pueden desencadenar los eventos climáticos que ocurren en el área de estudio; por ejemplo, monitorean los niveles del río para mantener un registro histórico de su actividad y detectar desviaciones que puedan poner en riesgo la operación. Esto demuestra que, en alguna medida, las empresas tienen nociones del manejo de este tipo de eventos que pueden exacerbarse por efecto del cambio y la variabilidad climática.

Finalmente, las autoridades ambientales declaran que el municipio no se ha afectado por las actividades mineras en épocas de verano o invierno y que las empresas han tratado de cumplir a cabalidad con las obligaciones establecidas en la licencia ambiental y de mitigar al máximo los efectos adversos que sus operaciones pueden ocasionar cuando se presentan lluvias intensas o muy altas temperaturas.

#### **2.2.2.9 Componente de cierre**

En el área de Cali-Yumbo no se encuentran minas que hayan iniciado proceso de cierre, sin embargo, es un componente que se incluye en los procesos de planeación y gestión de las empresas del subsector; incluso se realizan actividades de cierre progresivo que si bien, no están enmarcadas en un documento de plan de cierre, pueden dar indicios de las medidas que se pueden implementar en un escenario futuro cuando se dé el cese de actividades y así, las empresas pueden ir configurando un plan de cierre definitivo.

Ingeocc S.A manifiesta que no ejecuta actividades de cierre progresivo o cierre parcial de los frentes de explotación, ya que la visión de la empresa es hacer iteración de títulos mineros, y de diseños mineros, es decir, hacer una operación minera en conjunto y postergar todas las actividades para el momento en que se dé un cierre final y único de todos los títulos mineros.

Las empresas que cuentan con plan de cierre no han incluido la variable climática de una manera aterrizada; sin embargo, sí consideran que debe incluirse y especificarse con más detalle a medida que se avanza en la formulación de los planes de cierre definitivos.





## 2.2.2.10 Componente entorno ambiental y social

### 2.2.2.10.1 Caracterización climatológica e hidrológica

#### 2.2.2.10.1.1 Precipitación

La precipitación en la zona plana – nororiental del municipio de Yumbo es de 1.000 mm, y de 1.500 mm en la zona sur – occidental. La precipitación media anual se estima en 899 mm anuales. Según el PBOT el máximo de precipitación 1.105 mm, se registra en Santa Inés y el mínimo de lluvias 719 mm, se presenta en la parte baja del municipio<sup>56</sup>.

El régimen de lluvias es bimodal, concentrado en los períodos de abril a mayo y de septiembre a noviembre. Los períodos secos van de julio a agosto y de diciembre a febrero. La precipitación es torrencial, de alta intensidad y corta duración. Es común que se presenten aguaceros que superan los 100 mm/hora, lo cual puede causar deslizamientos, torrentes en ríos, quebradas y vertientes secas. La cantidad de agua caída con respecto al tiempo de ocurrencia es una de las causales importantes de la erosión de los suelos, porque cae mucha agua en pocos días, luego de largos períodos de sequía<sup>57</sup>.

De acuerdo con la información presentada en el POMCA de la subzona hidrográfica Arroyo Hondo, Yumbo, Mulaló, Vijes Yocotó, Mediacanoa y Piedras<sup>58</sup>, las precipitaciones de mayor magnitud se presentan hacia el centro-occidente y hacia el sur-occidente de la cuenca, mientras que, a lo largo de la zona oriental, paralela al río Cauca, se caracteriza por ser más seco -lluvias más bajas.

Es de resaltar que el área objeto de análisis de riesgo se ubica en la parte sur de la subzona hidrográfica en mención, en donde la precipitación media total anual promedio multianual está en el rango de 1000 a 2000 mm.

---

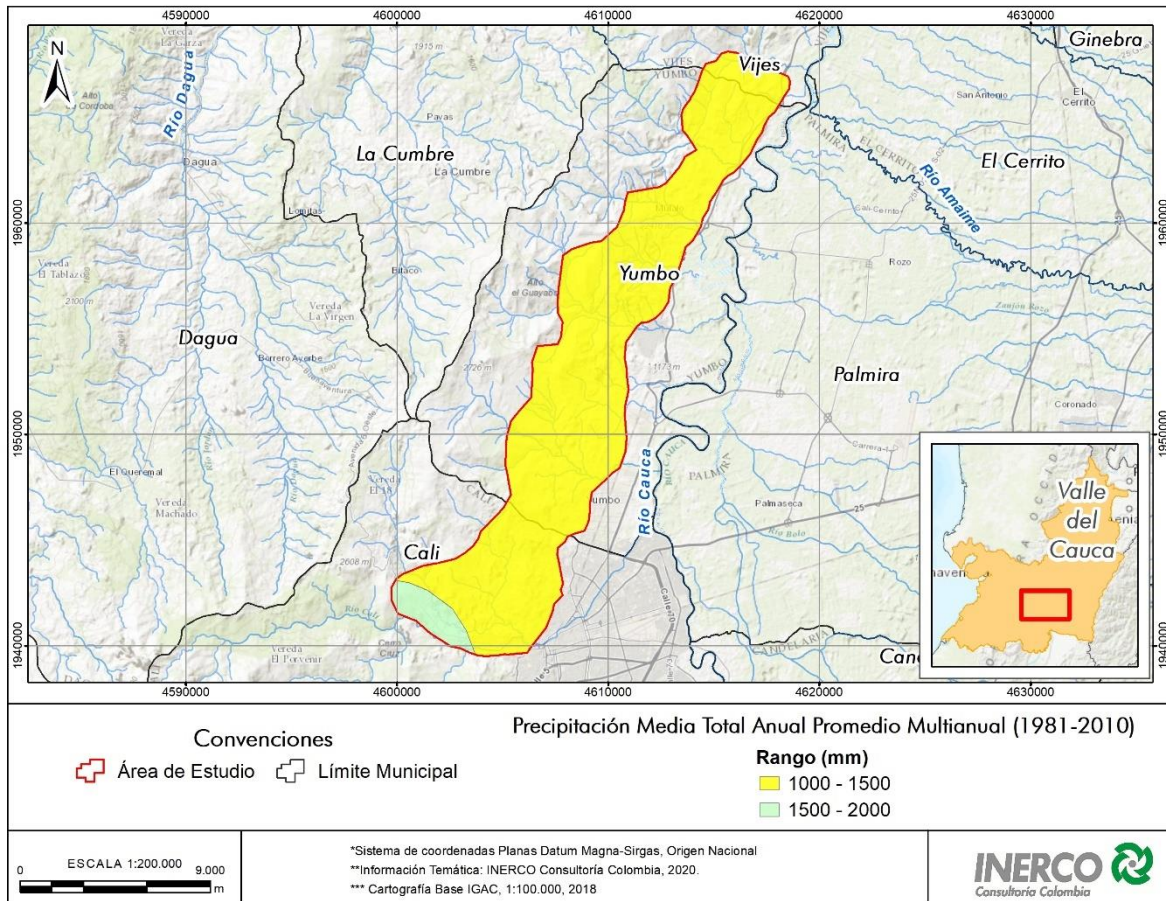
<sup>56</sup> COLOMBIA. Municipio de Yumbo. Plan de saneamiento y manejo de vertimientos. Yumbo: Alcaldía 2015. p. 27.

<sup>57</sup> *Ibíd.*

<sup>58</sup> COLOMBIA. CVC, Proagua. POMCA DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA 2631: ARROYOHONDO, YUMBO, MULALÓ, VIJES, YOTOCO, MEDIACANO A Y PIEDRAS CONTRATO CVC No. 650 DE 2017 FASE DE DIAGNÓSTICO INFORME EJECUTIVO. Cali: CVC, Proagua, 2019. p. 19 y 20.



Figura 2-12 Precipitación Cali – Yumbo



Fuente: CVC, Proagua<sup>59</sup>. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

### 2.2.2.10.1.2 Temperatura

Yumbo tiene un promedio de 25°C de temperatura, con fluctuaciones entre los 16°C y 28°C. La temperatura relacionada con la variación altitudinal, genera un rango de pisos térmicos y zonas de vida<sup>60</sup>.

De acuerdo con la información del POMC<sup>61</sup>A, la variable presenta un comportamiento bimodal, donde los meses más calientes con sus respectivas magnitudes en la primera temporada son julio (22,6 °C), agosto (22,7 °C) y septiembre (22,5 °C) y en la segunda temporada son enero (22,4 °C), febrero (22,4 °C) y marzo (22,5 °C). Las temporadas más frías son octubre-noviembre-diciembre y abril-mayo, junio. La mayor temperatura media anual se registra hacia la zona oriente

<sup>59</sup> COLOMBIA. CVC, Proagua. POMCA DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA 2631: ARROYOHONDO, YUMBO, MULALÓ, VIJES, YOTOCO, MEDIACANOA Y PIEDRAS CONTRATO CVC No. 650 DE 2017 FASE DE DIAGNÓSTICO INFORME EJECUTIVO. Cali: CVC, Proagua, 2019.

<sup>60</sup> COLOMBIA. Municipio de Yumbo. Plan de saneamiento y manejo de vertimientos. Yumbo: Alcaldía 2015. p. 27.

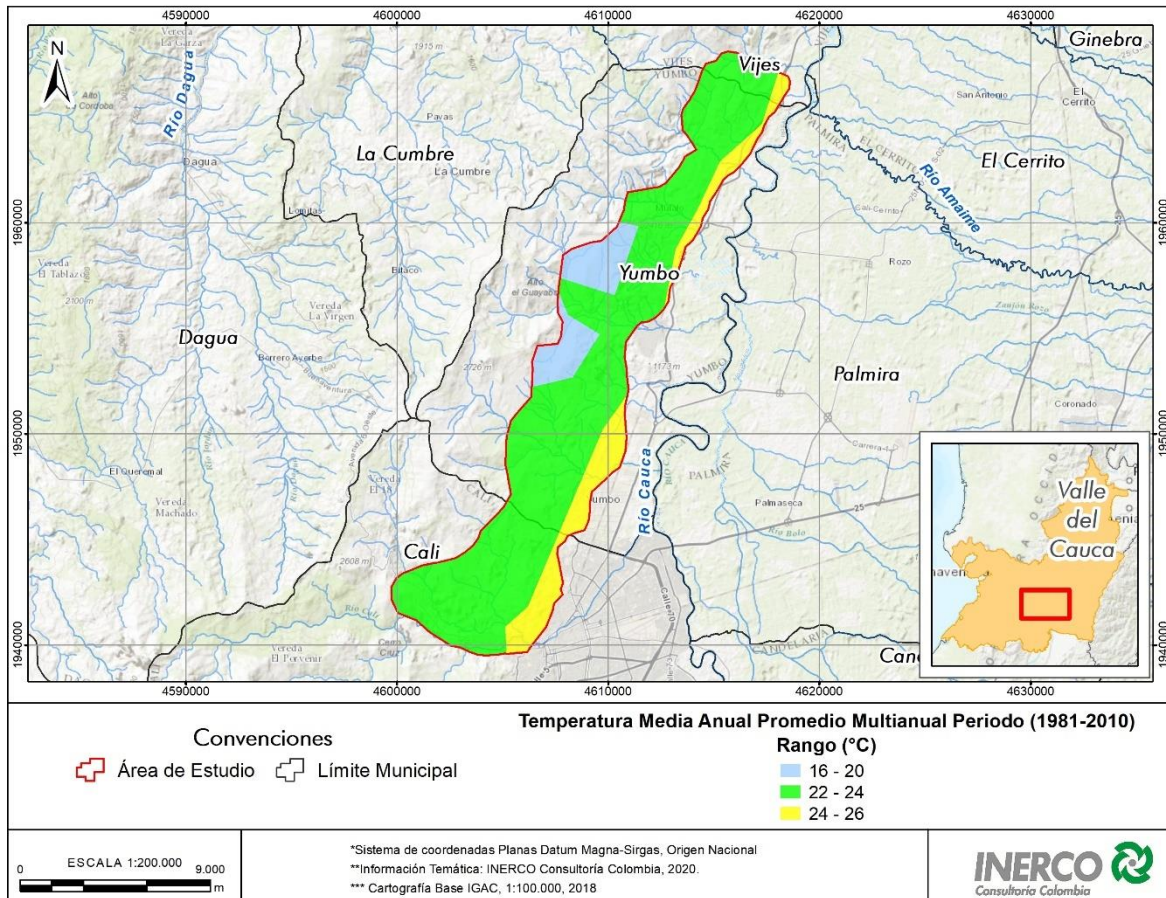
<sup>61</sup> COLOMBIA. CVC, Proagua. POMCA DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA 2631: ARROYOHONDO, YUMBO, MULALÓ, VIJES, YOTOCO, MEDIACANOA Y PIEDRAS CONTRATO CVC No. 650 DE 2017 FASE DE DIAGNÓSTICO INFORME EJECUTIVO. Cali: CVC, Proagua, 2019.



paralela al río Cauca con magnitudes entre 23 y 25,2°C. Por su parte, el occidente es caracterizado por presentar las mayores elevaciones de la zona y se registran las menores temperaturas con magnitudes que van entre 16,3 y 20°C. La temperatura media anual es de 22,3 °C.

En el área objeto de análisis la media anual promedio multianual está en el rango de 16 °C a 26 °C.

Figura 2-13 Temperatura Cali - Yumbo



Fuente: CVC, Proagua. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

### 2.2.2.10.1.3 Humedad relativa

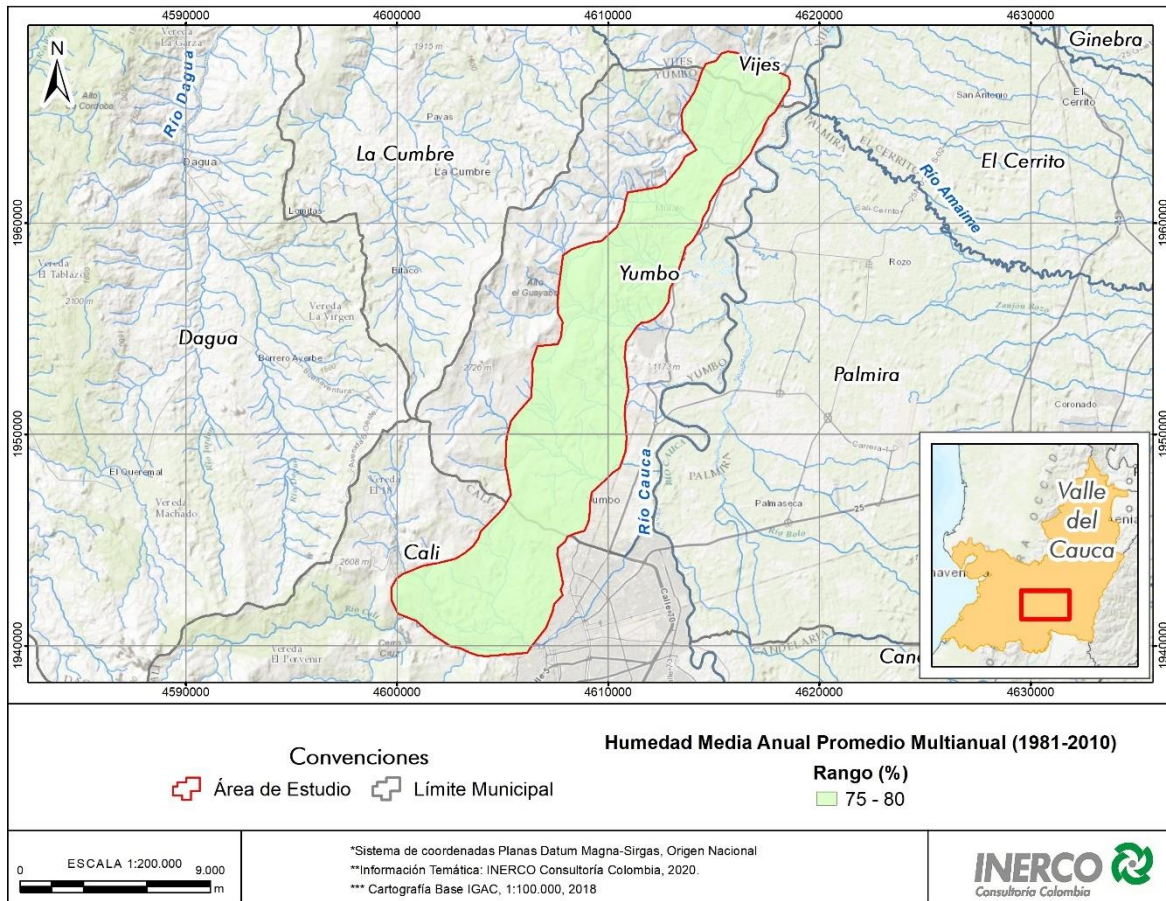
Presenta comportamiento bimodal inverso a la temperatura media. De esta manera, los meses de noviembre y mayo representan las mayores magnitudes de la variable del orden de 88,9% en ambos meses. Los meses de menor humedad relativa son agosto y febrero con magnitudes de 86,3 y 87,1% respectivamente. El valor de la media anual es de 87,8%<sup>62</sup>, y específicamente en el área de estudio la humedad anual promedio multianual varía entre 75 % a 80%.

<sup>62</sup> Ibid.





Figura 2-14 Humedad relativa



Fuente: CVC, Proagua. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

#### 2.2.2.10.1.4 Velocidad del viento

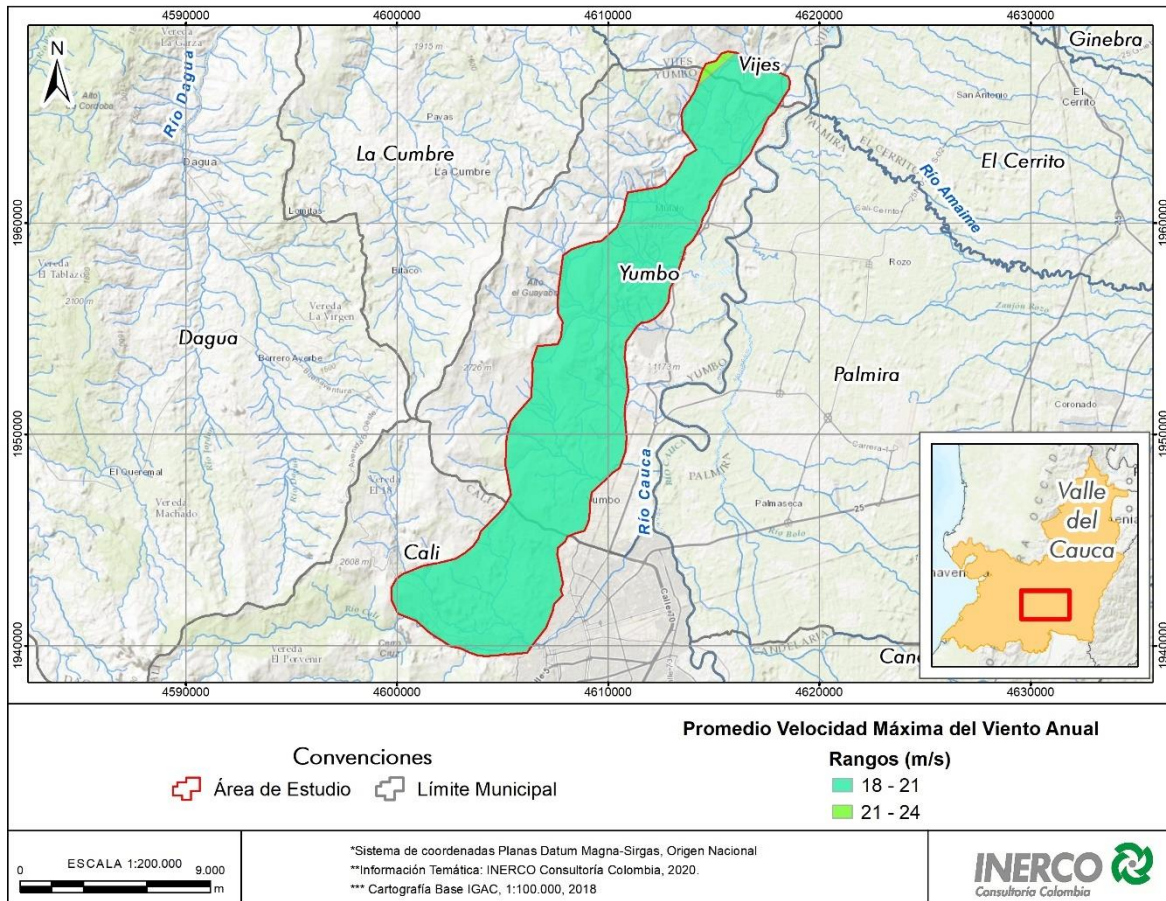
De acuerdo con los registros de la estación Arroyohondo que se ubica en la zona sur de la subzona hidrográfica<sup>63</sup>, en promedio la velocidad del viento es de 1,9 m/s. Las direcciones predominantes son occidente (W) con una frecuencia del 14% y velocidad de 6,6 km/h, seguida de las direcciones WN con una frecuencia del 13%.

En la figura 2-15 se presenta el promedio de velocidad máxima anual en el área de estudio que oscila entre 18 m/s y 24m/s.

<sup>63</sup> COLOMBIA. CVC, Proagua. POMCA DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA 2631: ARROYOHONDO, YUMBO, MULALÓ, VIJES, YOTOCO, MEDIACANOA Y PIEDRAS CONTRATO CVC No. 650 DE 2017 FASE DE DIAGNÓSTICO INFORME EJECUTIVO. Cali: CVC, Proagua, 2019.



Figura 2-15 Velocidad el viento Cali - Yumbo



Fuente: CVC, Proagua. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

### 2.2.2.10.1.5 Evaporación

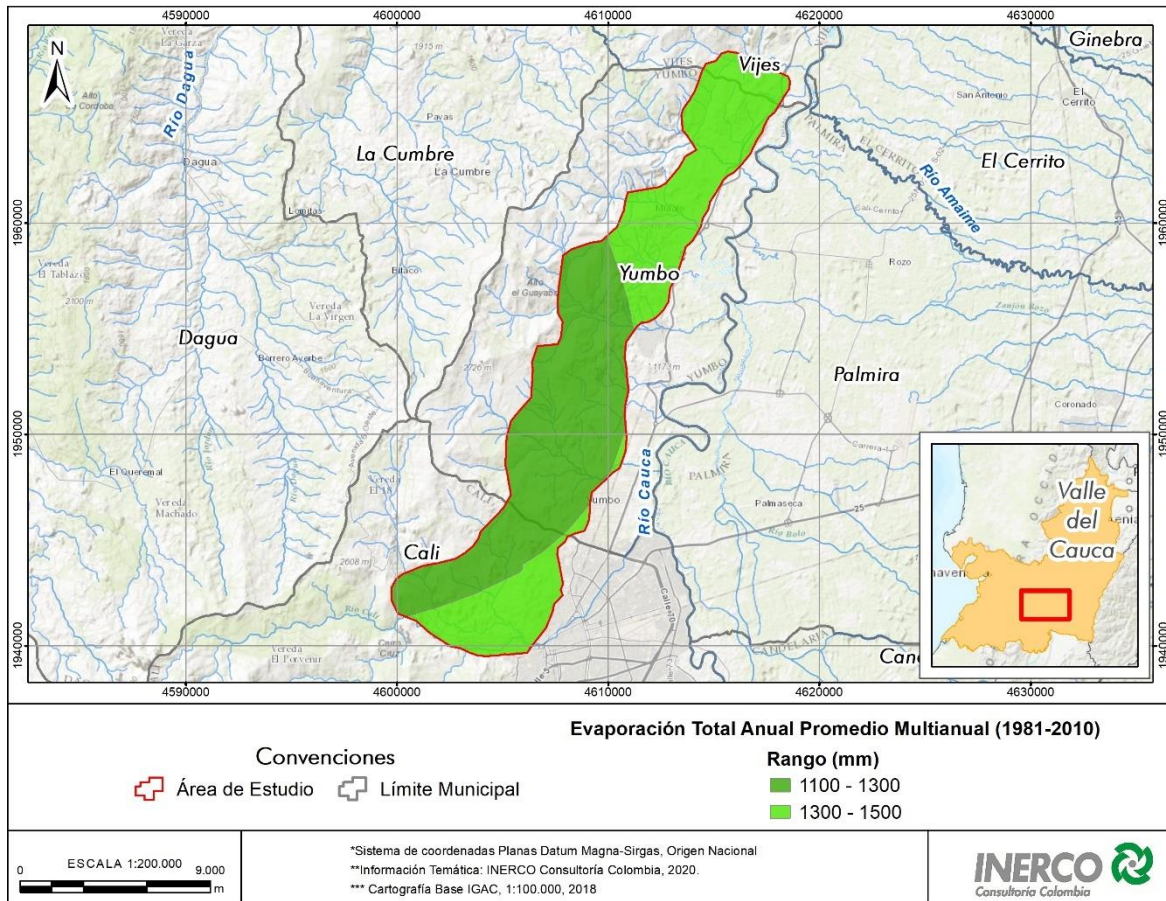
Tiene un comportamiento inverso al de la precipitación, ya que los meses de mayor evaporación corresponden a los meses de menos precipitación y viceversa, mostrando un régimen bimodal. Los meses de agosto y marzo representan las mayores magnitudes de la variable del orden de 104,9 y 94,5 mm respectivamente. Los meses de menor evaporación son noviembre y mayo con magnitudes de 76,6 y 81,2 mm respectivamente. La evaporación media anual es de 1046,0 mm<sup>64</sup> y específicamente en el área de estudio la evaporación anual promedio multianual está entre los 1100 y los 1500 mm.

<sup>64</sup> Ibid.





Figura 2-16 Evaporación Cali - Yumbo



Fuente: CVC, Proagua. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

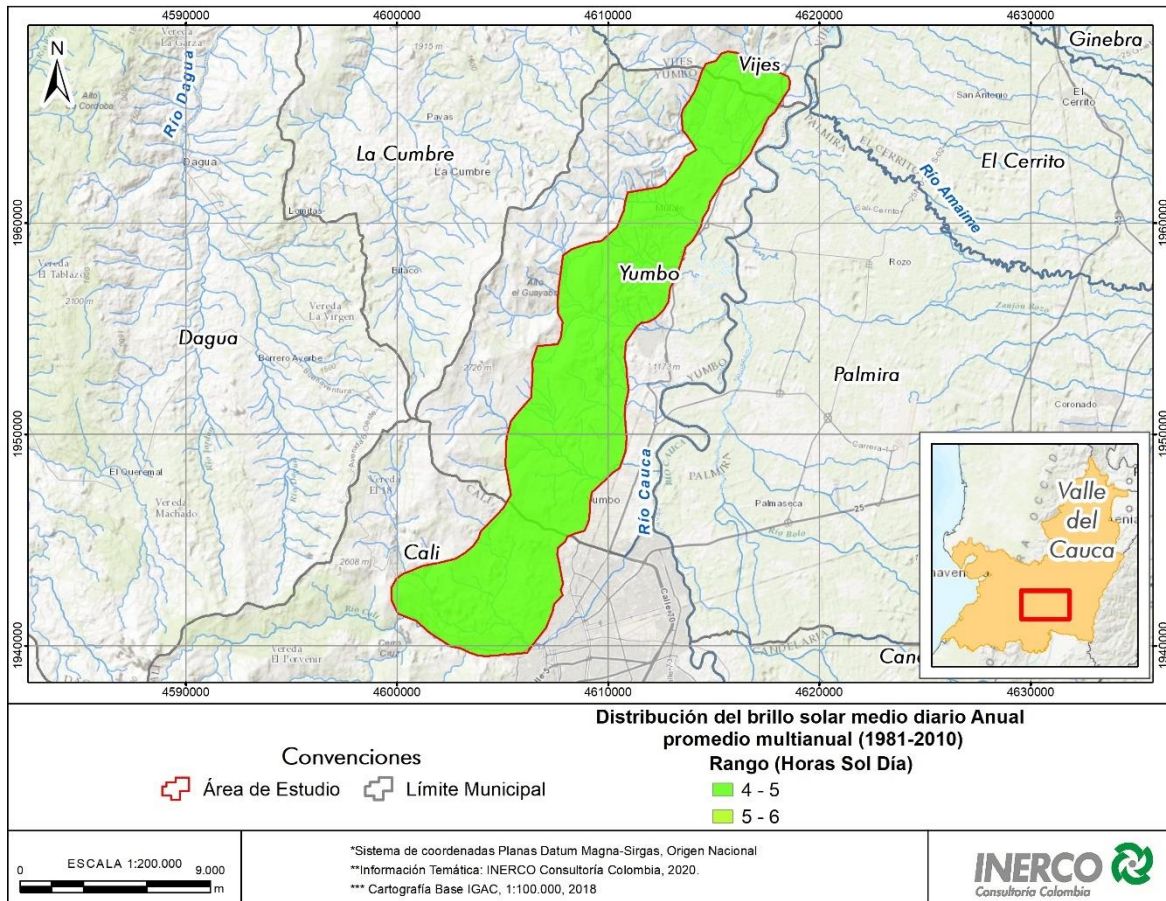
### 2.2.2.10.1.6 Brillo solar

Este parámetro presenta un comportamiento bimodal. Los meses de agosto y enero representan las mayores magnitudes de la variable del orden de 141,5 y 124,1 horas respectivamente, mientras que los meses de menor Brillo solar son noviembre y mayo con magnitudes de 93,6 y 95,8 h respectivamente. El Brillo solar medio anual es de 1300,3 h<sup>65</sup> y específicamente en el área de estudio el promedio diario anual multianual oscila entre 4 y 6 horas.

<sup>65</sup> Ibid.



Figura 2-17 Brillo solar Cali - Yumbo



Fuente: CVC, Proagua. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

### 2.2.2.10.1.7 Hidrografía<sup>66</sup>

Entre los principales cuerpos lóaticos que se encuentran en el área de análisis de riesgos están los ríos Arroyohondo, Yumbo, Yumbillo, Vijes, y las quebradas Mulalo y Honda. La quebrada Mulaló cuenta con 13.5 km y el río Arroyohondo con 12 km, mientras que la subcuenca que contiene el cauce de menor longitud es la de la quebrada Honda con 2.7 km.

Respecto a los perfiles longitudinales se observa que, los cauces que presentan una mayor pendiente son los de la zona alta del río Vijes, la zona alta del río Arroyohondo, y la quebrada Pérez. Los cauces principales tienden a tener un alineamiento recto, pues la sinuosidad del cauce para todos es menor a 1.25 de acuerdo con Monsalve, G., (1995).

De acuerdo con los resultados de la densidad de drenaje, se tiene que las subcuencas de las zonas bajas de los ríos Arroyohondo, Yumbo y la quebrada Mulaló, corresponden a subcuencas pobremente drenadas.

<sup>66</sup> Ibid.



En general se observa un régimen hidrológico bimodal. El pico de caudal de mayor magnitud, se alcanza en los meses de octubre – noviembre – diciembre, y el segundo pico ocurre entre los meses de abril - mayo – junio. Los meses de menor caudal se presentan entre los meses de julio – agosto – septiembre y los meses enero – febrero – marzo. El río Vijes reporta las menores magnitudes de caudal, con valores entre 174 L/s y 312 L/s.

La cuenca total del río Yumbo reporta su mayor oferta para año normal en el mes de junio con magnitud de 486,3 L/s y la menor oferta se registra en el mes de marzo con magnitud de 422,3 L/s, de esta manera la oferta media anual es de 441,1 L/s. Por otro lado, la cuenca total del río Yumbo reporta su mayor oferta para año seco en el mes de junio con magnitud 476,3 L/s y la menor oferta se registra en el mes de marzo con magnitud de 402,2 L/s, de esta manera la oferta media anual es de 432,0 L/s.

La cuenca del río Mulaló reporta caudales de mayor magnitud para año normal en mayo con valor de 299,4 L/s y en el mes de marzo se reportan las menores ofertas del orden de 255,9 L/s, su oferta media anual llega a ser de 270,9 L/s. Además, el río Mulaló reporta su mayor oferta para año seco en el mes de junio con magnitud de 288,8 L/s, mientras que, en marzo, se registran las menores magnitudes de caudal del orden de 216,7 L/s, su oferta media anual es de 255,0 L/s.

La cuenca total del río Vijes reporta su mayor oferta para año normal en el mes de abril con magnitud 421,0 L/s y la menor oferta se registra en septiembre con magnitud de 244,5 L/s, de esta manera la oferta media anual es de 347,8 L/s. Para año seco, la cuenca total del río Vijes reporta su mayor oferta en el mes de mayo con magnitud 390,4 L/s y la menor oferta se registra en septiembre con magnitud de 181,0 L/s, de esta manera la oferta media anual es de 276,6 L/s.

Los rendimientos hídricos presentan un comportamiento bimodal. Los mayores rendimientos se presentan entre noviembre y diciembre para la primera temporada y mayo y junio para la segunda temporada. Los meses de menor rendimiento son agosto – septiembre y febrero – marzo. La cuenca de Vijes reporta un rendimiento del orden de 3,9 L/s-km<sup>2</sup>, Arroyohondo de 7,5 L/s-km<sup>2</sup>, Yumbo de 7.6 L/s-km<sup>2</sup>, Mulaló 5,9 L/s-km<sup>2</sup> y Yocotó 7.3 L/s-km<sup>2</sup><sup>67</sup>.

#### **2.2.2.10.1.8 Comportamiento durante eventos de variabilidad climática**

Con el objetivo de conocer el grado de correlación entre algunas de las variables macroclimáticas (VM) encargadas del monitoreo del ENOS en el océano Pacífico tropical (ONI, SOI y MEI) y la variable meteorológica principal en la subzona hidrográfica en la que se encuentra el área de análisis de riesgo, la cual es la precipitación, (que para este caso se utilizó la forma estandarizada - SPI de 3 meses), se estimó el coeficiente de correlación de Pearson (r).

---

<sup>67</sup> Ibid.





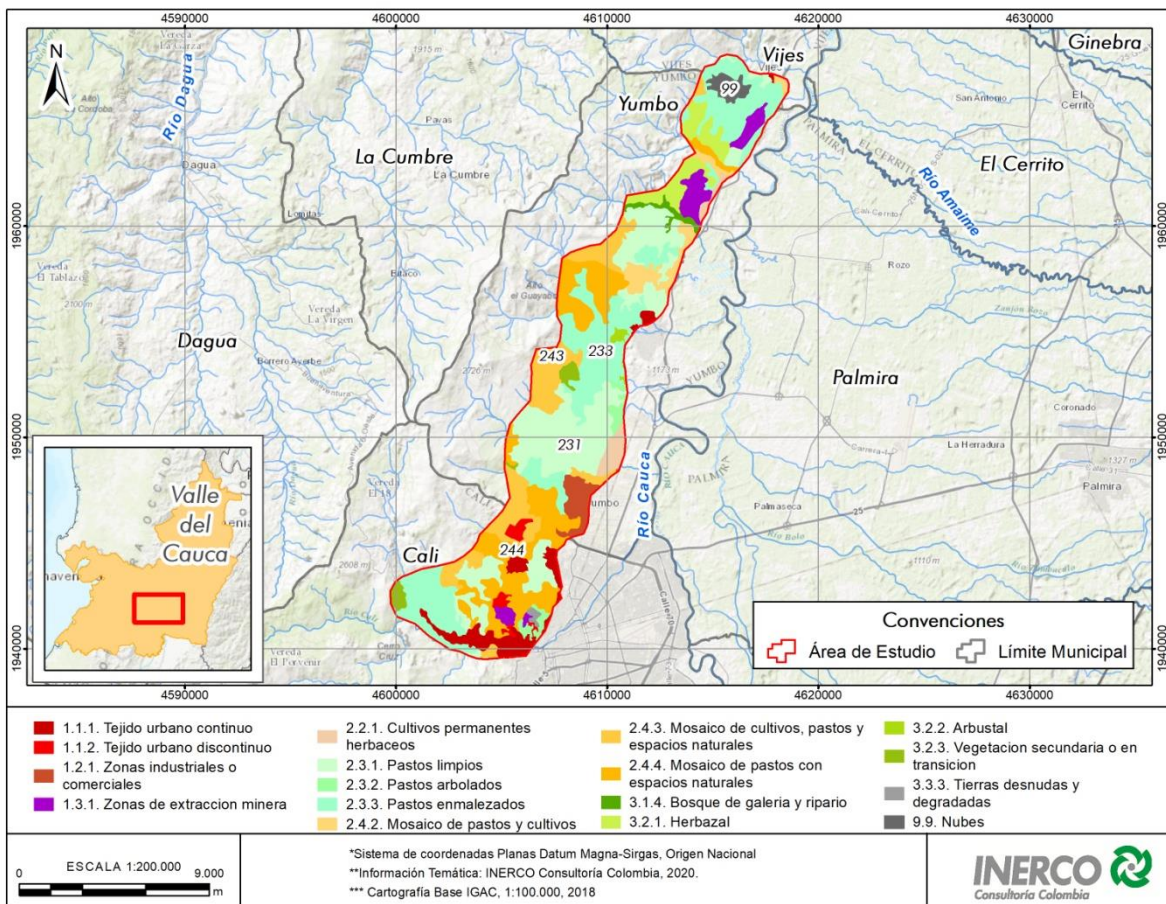
En general se observa que al superponer el SPI de 3 meses con cada uno de las VM, existe una influencia del Fenómeno ENOS en las variaciones de la precipitación respecto a su mediana, de tal manera que cuando las VM presentan magnitudes extremas negativas o positivas sostenidas en el tiempo, las estaciones del área de estudio reflejan un cambio en su comportamiento, dejando de manifiesto un posible efecto directo del fenómeno ENOS<sup>68</sup>.

### 2.2.2.10.2 Caracterización biótica

#### 2.2.2.10.2.1 Cobertura vegetal y uso del suelo

De acuerdo con el IDEAM (2014), la cobertura vegetal del área de estudio corresponde a pastos enmalezados y limpios (46% del área), pastos arbolados (2%), mosaico de pastos con espacios naturales (15%), mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (15%), herbazales (6%), bosque de galería (1%) y cultivos permanentes (3%). El uso del suelo corresponde a zonas de extracción minera (3%), tejido urbano continuo (6%) y zonas industriales (3%).

Figura 2-18. Cobertura vegetal y uso del suelo área de estudio



Fuente: IDEAM, 2014.

<sup>68</sup> Ibid.

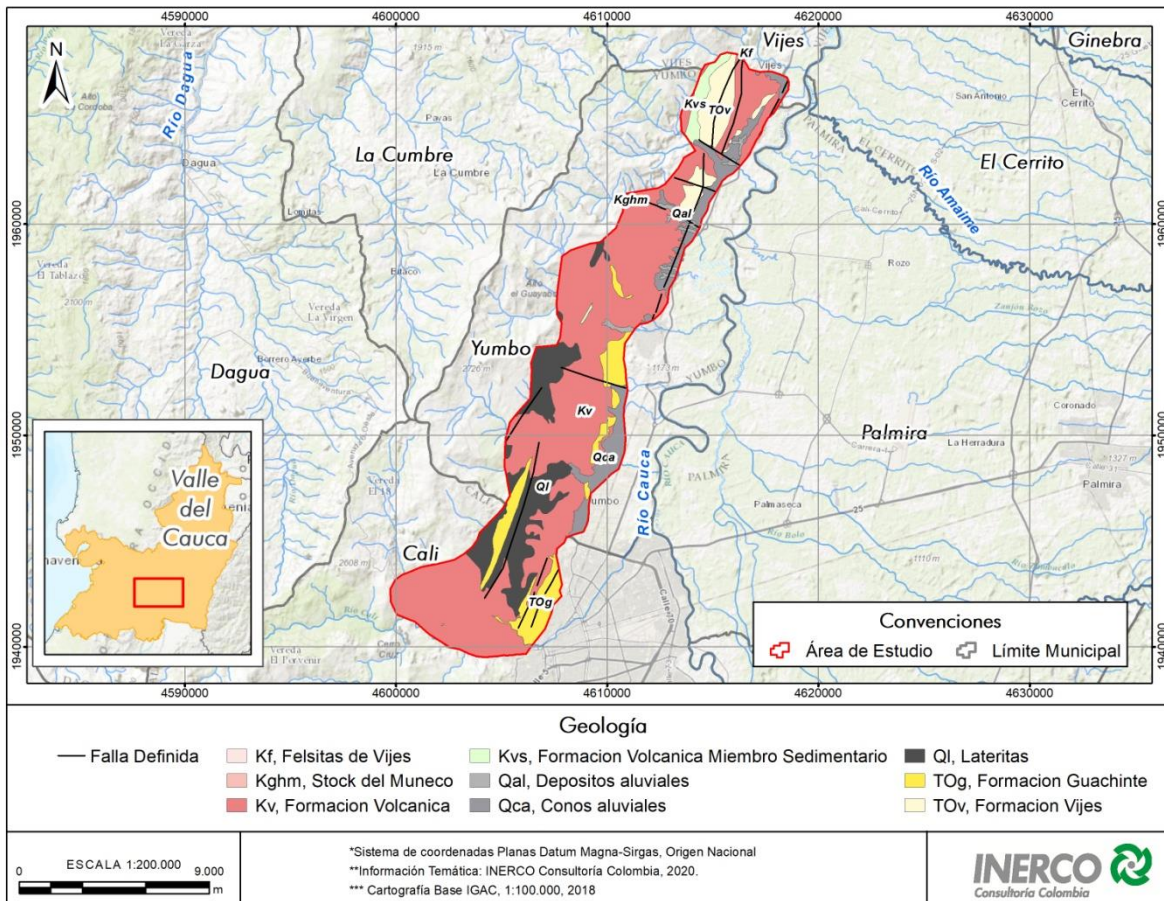


### 2.2.2.10.3 Caracterización física

#### 2.2.2.10.3.1 Geología

La geología de la zona de estudio corresponde a una franja litológica de rocas cristalinas de origen esencialmente volcánico marino como diabasas, basaltos, gabros, lavas almohadilladas y basaltos columnares (Formación Volcánica), típicas de un complejo ofiolítico. Además, se presentan afloramientos de la sucesión sedimentaria cenozoica de origen marino del valle del río Cauca, específicamente las formaciones Vijes y Guachinte. Finalmente, se observan las unidades cuaternarias residuales, coluviales y aluviales como perfiles de meteorización o “lateríticos”, muchos de ellos en la transición con la zona de valle o piedemonte<sup>69</sup>

Figura 2-19. Geología área de estudio



Fuente: INGEOMINAS-CVC, 2018.

<sup>69</sup> Ibid.

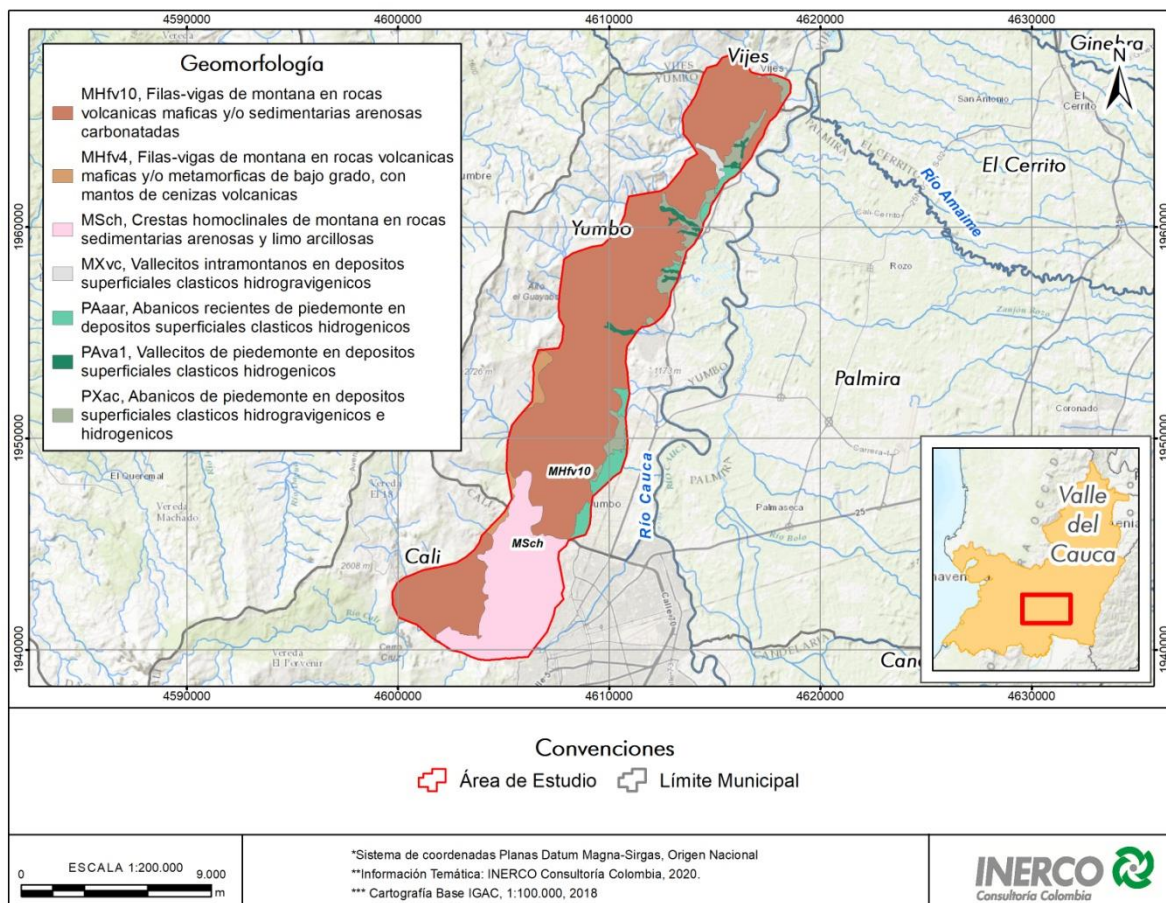




### 2.2.2.10.3.2 Geomorfología

En la zona de estudio la actividad de fallas como la de Romeral y los procesos erosivos, de meteorización y de remoción en masa han modificado la morfología de la cordillera occidental mientras que la dinámica fluvial ha transportado y depositado sedimentos rellenando la cuenca del Valle del Cauca<sup>70</sup>. En el área las unidades de origen estructural-denudacional corresponde a las filas-vigas de montaña en rocas volcánicas máficas y/o sedimentarias arenosas carbonatadas ocupan el 70% del área. Igualmente, a las unidades de crestas homoclinales de montaña en rocas sedimentarias arenosas y limo arcillosas (19%) y filas-vigas de montaña en rocas volcánicas máficas y/o metamórficas de bajo grado, con mantos de cenizas volcánicas (1%). Las unidades de origen deposicional corresponden a los abanicos de piedemonte en depósitos superficiales (8%) y los vallecitos intramontanos y de pie de monte (2%)<sup>71</sup>.

Figura 2-20. Geomorfología área de estudio



Fuente: CVC, 2004.

<sup>70</sup> Ibíd.

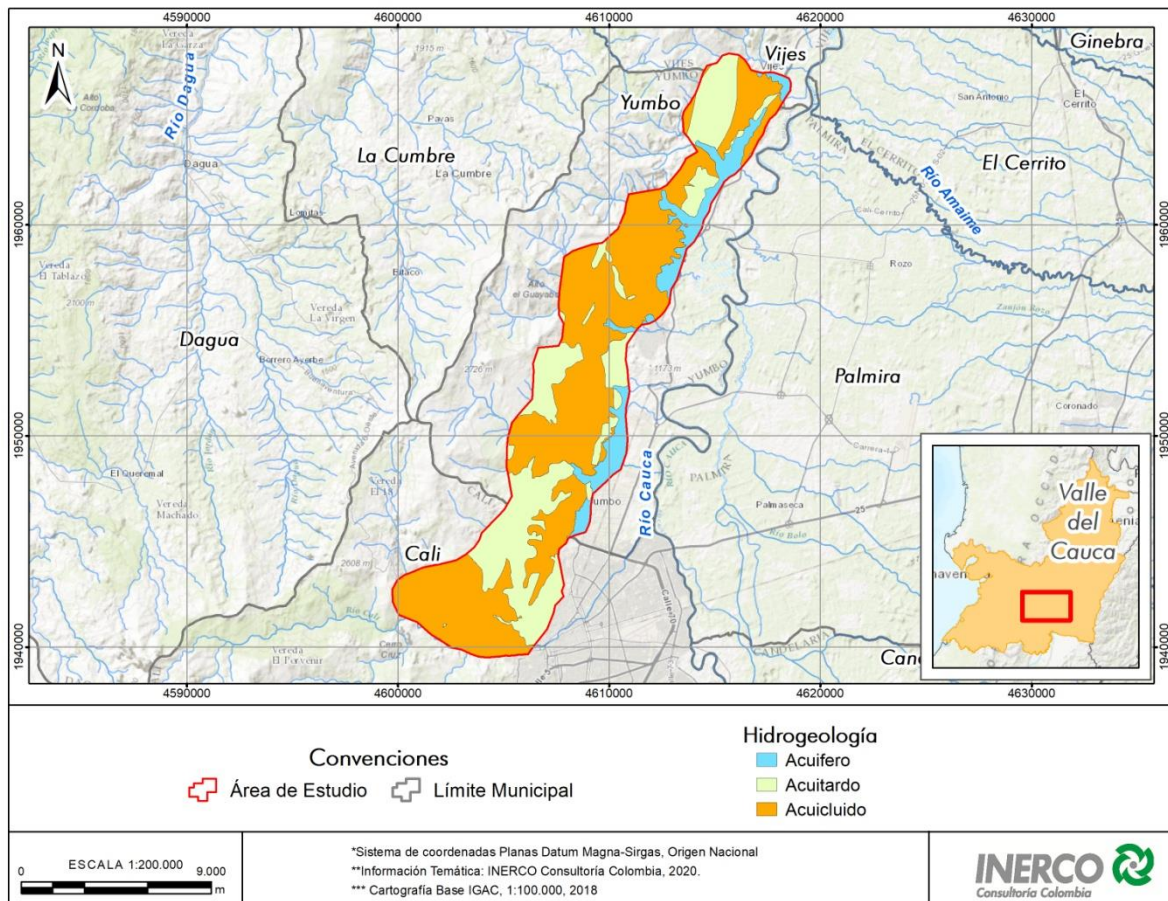
<sup>71</sup> Ibíd.



### 2.2.2.10.3.3 Hidrogeología

En la zona de estudio la unidad hidrogeológica predominante corresponde a los acuícludos (no permiten el almacenamiento del agua) de la Formación Volcánica y cuerpos ígneos, donde su transporte puede estar condicionado por las fallas geológicas presentes y ocupan el 61% del área. También se presenta un área de acuitardos que se encuentran desconectadas de las áreas acuíferas, en las cuales se puede producir un afloramiento al entrar en contacto con formaciones rocosas relacionados con las Formaciones Vijes y Guachinte, los cuales ocupan el 29% del área. En las áreas acuíferas de las unidades aluviales del cuaternario, que ocupan el 10% del área, el potencial depende de la litología y de las condiciones climáticas, que son un factor condicionante de los procesos de recarga<sup>72</sup>.

Figura 2-21. Hidrogeología área de estudio



Fuente: INGEOMINAS-CVC, 2018.

<sup>72</sup> Ibid.



#### 2.2.2.10.4 Caracterización socioeconómica

En el anexo 1 – 2 se presenta la información socioeconómica del área de estudio Cali – Yumbo.

#### 2.2.3 Girardota

La explotación de materiales de construcción (agregados pétreos, arenas y arcilla) además de explotaciones aluviales, tiene lugar en diferentes zonas del departamento, pero especialmente en el Valle de Aburrá, para el efecto se extrae el material de canteras y de depósitos aluviales; para el abastecimiento de Medellín, se cuenta con Barbosa, Girardota y Copacabana, en donde se ubican graveras, y Bello, Sabaneta, Caldas, La Estrella y la zona rural de Medellín en donde se ubican canteras. Asimismo, se presentan explotaciones de materiales depositados por corrientes hídricas, tanto en terrazas como en el lecho del río Medellín y en varias quebradas del Valle de Aburrá<sup>73</sup>.

En Girardota es en donde se concentra la mayor actividad minera en todo el Valle de Aburrá, en este municipio existen títulos vigentes de los cuales se explotan materiales de construcción como arenas aluviales, gravas y triturados. Asimismo, una de las problemáticas expresadas por las explotaciones mineras en el municipio de Girardota es la alteración del régimen hidráulico del río y aumento de los sedimentos en suspensión en el río Medellín<sup>74</sup>.

Típicamente en el Valle de Aburrá hay dos clases de explotación en la cuenca del río Aburrá - Medellín, una de forma artesanal y otra mecanizada. La primera se realiza por medio de herramientas rudimentarias; extrayendo el material de los taludes, mientras que la mecanizada utiliza maquinaria como bulldozer o retroexcavadoras. Actualmente, en el Valle de Aburrá el uso de explosivos está prohibido. En el caso de las explotaciones aluviales, la competencia y control de esta actividad no está muy definida en las quebradas del Valle de Aburrá, hay algunos avances por parte de las autoridades mineras y ambientales relacionadas con la legalización de esta actividad, pero hay otras quebradas que ocasionalmente son explotadas y no están debidamente controladas. Se desconoce en muchos casos el número de personas involucradas<sup>75</sup>.

La descripción de los diferentes componentes se realizó con información primaria y secundaria como se presenta a continuación:

##### 2.2.3.1 Componente administrativo y financiero

La mayoría de las minas y canteras coincide con operaciones mineras llevadas a cabo por empresas pequeñas, artesanales, con procesos poco tecnificados y con problemas de

<sup>73</sup> CPA INGENIERIA. Actualización POMCA Río Aburrá: parte 2. fase de diagnóstico, apartado 2.4. caracterización de las condiciones sociales, culturales y económicas. 2016. p.1413 – 1692.

<sup>74</sup> RAMÍREZ ROJAS, Maria Isabel. Sostenibilidad de los materiales de construcción en el Valle de Aburrá. Tesis de maestría Medio Ambiente y Desarrollo. Medellín. Universidad Nacional de Colombia, 2008.112 pp.

<sup>75</sup> *Ibíd.*



contratación de sus trabajadores, en muchos casos estas empresas se consolidan como empresas de subsistencia que tienen poca inversión en todos los procesos básicos de una mina; y, por tanto, se puede deducir que no cuentan con gran fortaleza en sus sistemas administrativos y financieros. En menor proporción se encuentran las empresas de mayor tamaño, con una estructura administrativa y financiera robusta y que poseen grandes capitales de inversión en aspectos técnicos, sociales y ambientales<sup>76</sup>.

Algunos aspectos en los que se evidencian oportunidades de mejora para el subsector de materiales de construcción en el Valle de Aburrá y, en general en el país, son: legitimación social de la minería, eficiencia en la implementación de los instrumentos de gestión minero-ambiental, coordinación normativa ambiental minera y de planificación (las normas que propician el desarrollo minero no siempre son consistentes con la determinación de la ocupación del territorio definida por los POT), fortalecimiento de la planificación minera, generación de información minero ambiental a la escala adecuada para la toma de decisiones, desarrollos e innovación tecnológica<sup>77</sup>.

Según las empresas entrevistadas, estructuralmente tienen dentro de su organigrama una gerencia, una dirección de negocio, y luego una serie de profesionales que conforman los diferentes equipos que hacen frente a las diferentes secciones de la operación incluida la ambiental. Varias empresas cuentan con proceso de planeación estratégica que involucra temas ambientales, administrativos y de producción, periódicamente, se realiza seguimiento a los proyectos planteados, así como al cumplimiento de las metas.

En el caso de la empresa Procopal S.A., hoy en día están enfocados en un sistema de calidad que contempla igualmente riesgos y, en el marco de estos, los fenómenos naturales que pueden presentarse y afectar la operación.

### 2.2.3.2 Componente recursos humanos

Para Medellín el número de empleos directos generados por la actividad minera de materiales de construcción se estimó en 344 puestos de trabajo en el año 2013 en 41 explotaciones ubicadas en los municipios de Bello, Girardota, Río Negro, Santa fe de Antioquia, Medellín (incluye Belén de Aguas Frías), Caldas, Piedra Verde, Amaga, Sabaneta y Venecia<sup>78</sup>. Dentro del lecho del río Medellín, se presentan explotaciones de subsistencia y temporales e involucran muchas personas en su realización.

De acuerdo con lo expresado durante las entrevistas realizadas a las empresas del sector, dentro de su estructura organizacional integran el departamento de recursos humanos y el personal

---

<sup>76</sup>Ibíd.

<sup>77</sup> Ibíd.

<sup>78</sup> COLOMBIA. UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA UPME, CONSORCIO PROYECCIÓN IB2. Evaluación de la situación actual y futura del mercado de los materiales de construcción y arcillas en las ciudades de Bogotá, Medellín, Bucaramanga, Barranquilla, Santa Marta y Eje Cafetero. Bogotá: UPME, 2013.





contratado cuenta con nivel de escolaridad mínimo de bachiller. La contratación se realiza de acuerdo con lo establecido en la normatividad vigente cumpliendo con las prestaciones de ley. En cuanto a seguridad y salud en el trabajo, normalmente se cuenta con personal encargado ya sea contratado directamente por la empresa minera o como contratista.

### **2.2.3.3 Componente de la cadena de suministros**

En general en el municipio de Girardota es posible encontrar venta comercial y de servicios; sin embargo, para servicios más especializados de grado técnico o tecnológico es necesario recurrir a las ciudades principales; o en ciertos casos es necesario recurrir a la importación de piezas especiales. Parte de las empresas mineras ubicadas en el Valle de Aburrá cuentan con un proceso establecido para la selección de sus proveedores.

Cuando se presentan inundaciones en el municipio por desbordamientos del río, no se inunda el suelo urbano, pero sí se afectan las vías y otros municipios aguas arriba. Además, en las vías han ocurrido movimientos en masa y avenidas torrenciales que se detonan en época de lluvia.

### **2.2.3.4 Componente extractivo**

El área de estudio se localiza en la cuenca media del río Aburrá-Medellín, en jurisdicción del municipio de Girardota, en la llanura aluvial del río Medellín, donde existen 21 títulos mineros para la explotación de materiales de construcción. El tamaño de la explotación es mediana minería y en la zona de estudio las empresas representativas son Procopal S.A. Industrial Concreto S.A.S., Canteras de Colombia S.A.S., Mincivil S.A. y Pavimentar S.A.

Las explotaciones son graveras a cielo abierto en bancos descendentes y en esos mismos bancos se va realizando el cargue y entrada del equipo de transporte. En cuanto a maquinarias, manejan equipos como retroexcavadoras, volquetas, y cargadores.

Las operaciones cuentan con un retiro de protección ambiental del río Medellín en el cual han construido jarillones para protegerse de las inundaciones. Igualmente, las quebradas aferentes de la cuenca que transitan por el área de las operaciones pueden constituirse en un factor amenazante por inundación durante la época de altas precipitaciones. No se reportan amenazas por variaciones en el nivel freático, a pesar de la cercanía con el río Medellín dado que lo controlan con bombeo. En la época de verano las operaciones pueden verse afectadas por emisión de material particulado que se genera.

### **2.2.3.5 Componente de beneficio**

El beneficio comprende el proceso de trituración, clasificación y lavado para producir agregados para uso en mezclas asfálticas, concretos y vías. Los materiales que salen de la mina van a una planta donde se clasifican por tamaño, luego se trituran y por último se lavan y se producen gravas y arenas. Algunas operaciones cuentan con planta de tratamiento de aguas, que permite





recircular todas las aguas del proceso, clasificarlas y volverlas a utilizar para el lavado de más agregados.

Se presentan dificultades en el proceso de beneficio durante el invierno, dado que la mayoría de los materiales contienen arcillas, las cuales al humedecerse durante las lluvias se vuelven pegajosas, disminuyendo los rendimientos de productividad. Igualmente, los materiales al tener porcentajes de humedad altos (mayores del 10%) no pueden ser despachados, teniendo que esperar que a humedad baje y secarlo a una temperatura adecuada, generando aumento de consumo de gas.

### **2.2.3.6 Componente de almacenamiento temporal**

El acopio del material se efectúa en patios cuyas características están en función de la calidad del material, las vías internas, el volumen, el tiempo de almacenamiento, el equipo de cargue y descargue disponible y el control de emisiones de polvo.

En este sentido los agregados para concreto y vías generalmente se almacenen en pilas en patios de acopio en la intemperie mientras que los de mezclas asfálticas se almacenan bajo techo dadas las propiedades que estos deben poseer.

En el caso de los materiales expuestos a la intemperie se pueden generar emisiones de material particulado en el verano mientras que en el invierno se pueden presentar problemas para cumplir con las especificaciones por exceso de humedad.

### **2.2.3.7 Componente de transporte y comercialización**

Generalmente la minería de los materiales de construcción emplea para el transporte volquetas de dos y tres ejes a raíz del volumen de carga en toneladas que transporta, la disponibilidad y la infraestructura de las regiones. El transporte que se genera en las canteras localizadas en las zonas aledañas a la ciudad, que realizan recorridos relativamente cortos, se hace en vehículos que en un alto porcentaje han sobrepasado su vida útil, utilizan por lo general vías secundarias o terciarias.<sup>79</sup>

Las condiciones en las que se realiza el transporte pueden variar en el subsector, dependiendo del tamaño y forma de organización de las empresas.

Según informa la empresa Conconcreto S.A.S. en la entrevista sostenida el 11 de noviembre de 2020, el transporte interno se realiza a través de una flota de camiones mineros que mueve los materiales entre mina-planta, asimismo, los clientes envían los vehículos para recogerlos y la empresa verifica que se cumpla con la normatividad aplicable y la vigencia de los respectivos

---

<sup>79</sup> COLOMBIA. UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA UPME, CONSORCIO PROYECCIÓN IB2. Evaluación de la situación actual y futura del mercado de los materiales de construcción y arcillas en las ciudades de Bogotá, Medellín, Bucaramanga, Barranquilla, Santa Marta y Eje Cafetero. Bogotá: UPME, 2013. p. 1 – 119.



certificados. Posteriormente, se hace el cargue, lavado de llantas, carpado y sellado para evitar derrames del producto cuando se dirige hacia las instalaciones del cliente. En el caso de la empresa Procopal S.A., el transporte es propio de la compañía, cuenta con los respectivos controles y no depende de un tercero.

Por otro lado, las empresas sostienen que, en zonas productoras de agregados, en especial en la zona occidental y sur de Medellín, se presentan algunas dificultades de estabilidad y, por tanto, se generan problemas para el proceso de transporte y comercialización.

Uno de los problemas que viene presentándose en la zona del Valle de Aburrá hace 2 años, es la presencia de picos de mala calidad del aire en temporadas de marzo y octubre, esto ha generado restricciones constantes para el sector de carga, ya que las autoridades competentes optan por establecer tiempos específicos para el transporte impactando directamente a las empresas mineras.

### **2.2.3.8 Componente de gestión ambiental**

La gestión ambiental de las empresas del subsector se basa en un proceso de cumplimiento de la normativa ambiental vigente y de los requerimientos de la licencia ambiental y del componente ambiental del PTO. Asimismo, se gestiona el cumplimiento de los estándares de calidad ambiental que hayan sido fijados por Corantioquia para las áreas de su jurisdicción, y algunas empresas cuentan con sistemas de gestión y sus respectivas certificaciones.

Por lo anterior, las empresas cuentan con un equipo encargado de la gestión ambiental que muchas veces está conformado con personal directo de la empresa y por contratistas. Por ejemplo, Concreto S.A.S cuenta con un equipo administrativo y operativo encargada de la gestión ambiental de los proyectos mineros. La planificación de la gestión se basa en los requisitos de los planes de manejo ambiental y en torno a ellos el equipo se encarga de planear, ejecutar e informar todas las actividades ambientales.

Se evidencia, adicionalmente, que las empresas del subsector implementan proyectos de sostenibilidad enfocados en alcanzar la eficiencia energética, gestionar el recurso hídrico y controlar sus emisiones, lo que demuestra que están considerando aspectos que pueden contribuir con su proceso de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero y, así mismo, integrar aspectos relacionados con adaptación al cambio climático. En el caso de Procopal, la variable de cambio climático se incluye en la matriz de riesgo de la compañía.

Finalmente, según las autoridades ambientales del área de estudio, las empresas trabajan permanentemente para dar cumplimiento a las normas y obligaciones ambientales, lo que ha permitido hacer trabajos articulados y consolidados autoridad – empresa.



### 2.2.3.9 Componente de cierre

A nivel general, es muy probable que las explotaciones que cuentan con licencia ambiental tengan incluido en su planeación tanto administrativa como financiera el plan de cierre y que, de acuerdo con los diferentes requerimientos de la licencia, y del seguimiento que realiza la autoridad ambiental, ese plan de cierre contemple una etapa progresiva que se desarrolla de forma paralela a la explotación en las zonas que ya no serán intervenidas.

En el caso de la empresa Conconcreto S.A.S. el plan de cierre esta formulado dentro del plan de trabajos y obras, el estudio de impacto ambiental y el plan de manejo ambiental. Se contempla un esquema de minería de transferencia, donde se tiene una escombrera como receptora de RCD haciendo un cierre progresivo, para luego construir parques industriales o proyectos inmobiliarios. Caso similar se evidencia en la empresa Procopal S.A que, como gestor ambiental certificado por Corantioquia, tiene el doble propósito de explotar y al mismo tiempo implementar la fase de abandono.

Conconcreto S.A.S. manifiesta que en invierno se afecta la recepción de RCD y disposición, pues baja el rendimiento y se incrementan los costos de operación. Además, en las áreas en donde se ha implementado el plan de cierre se han tenido problemas por crecimiento del río aguas arriba, afectando las bodegas de la zona. A partir de esto, se han realizado cambios en la cota de desplazamiento de las bodegas o de las unidades inmobiliarias.

### 2.2.3.10 Componente entorno ambiental y social

#### 2.2.3.10.1 Caracterización climatológica e hidrológica

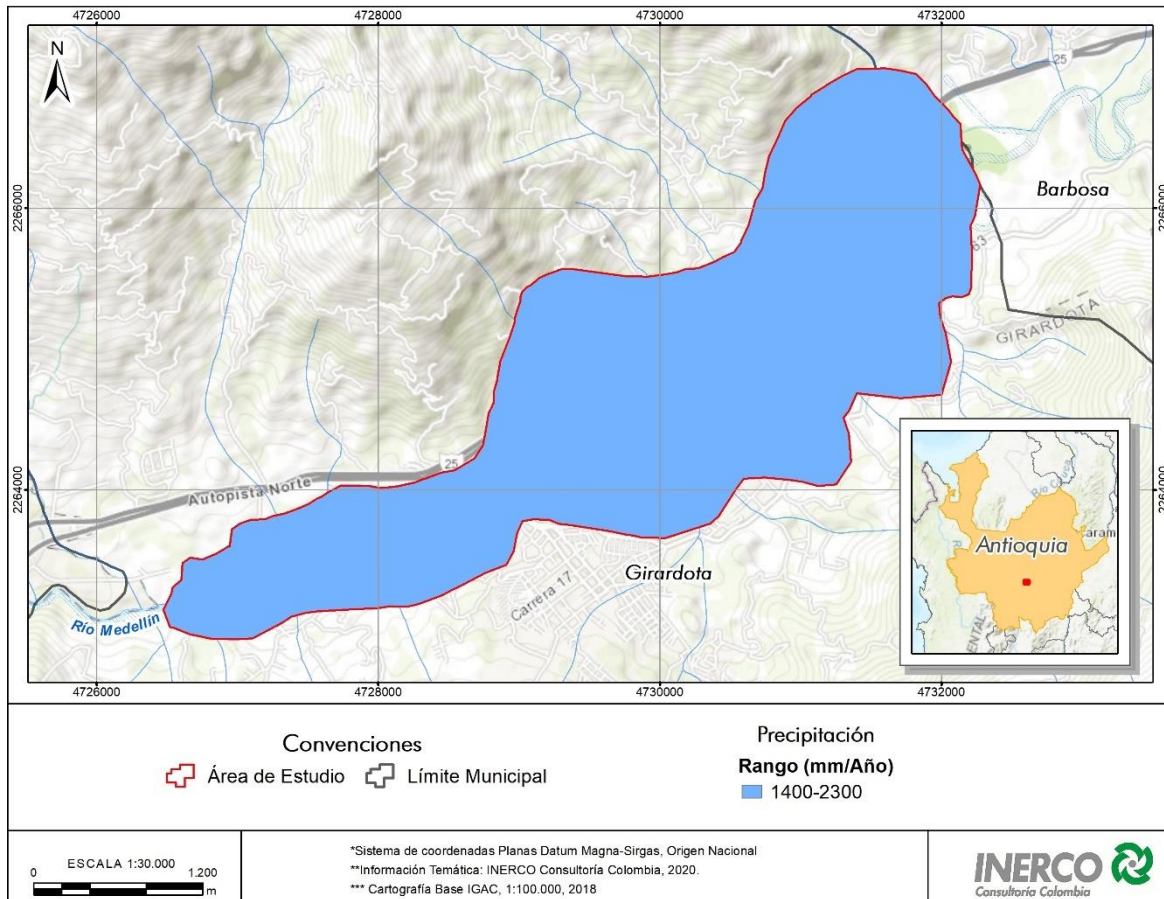
##### 2.2.3.10.1.1 Precipitación

El área de estudio se ubica en la cuenca del río Aburrá-Medellín, en jurisdicción del municipio de Girardota. Allí, de acuerdo con los registros de las estaciones Girardota y La Cuchilla, que son las más cercanas al área de estudio, se presenta el máximo de precipitaciones en el mes de octubre con 254 mm y el mínimo en enero con 43,2 mm. El régimen de lluvias es bimodal, con la ocurrencia de dos períodos lluviosos en abril y mayo, en el primer semestre, y de septiembre a noviembre en el segundo, intercalados por dos períodos secos. La ocurrencia de dos estaciones lluviosas a lo largo del año, se origina por el paso de la ZCIT sobre la región Andina colombiana, con el movimiento de sur a norte de la ZCIT para el primer período húmedo y el desplazamiento descendente de norte a sur para el segundo período.



A la altura del municipio de Girardota la precipitación anual está en el orden de los 1.800 mm<sup>80</sup>, y en general, en el área de estudio el rango de precipitación está entre los 1.400 y los 2.300 mm al año.

Figura 2-22 Precipitación Girardota



Fuente: MINAMBIENTE, MINHACIENDA, AMVA, CORANTIOQUIA, CORNARE, CPA INGENIERÍA<sup>81</sup>. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020

### 2.2.3.10.1.2 Temperatura

Temporalmente, los valores de la temperatura media, máxima y mínimo no presentan grandes variaciones a lo largo del año, con valores promedio de 21.9 °C en la estación Tulio Ospina, las oscilaciones no son mayores a dos grados entre la temporada más cálida

<sup>80</sup> COLOMBIA. MINAMBIENTE, MINHACIENDA, AMVA, CORANTIOQUIA, CORNARE, CPA INGENIERÍA. POMCA Río Aburrá: Caracterización básica de la cuenca. Medellín: MINAMBIENTE, MINHACIENDA, AMVA, CORANTIOQUIA, CORNARE, CPA INGENIERÍA, 2019. p. 131.

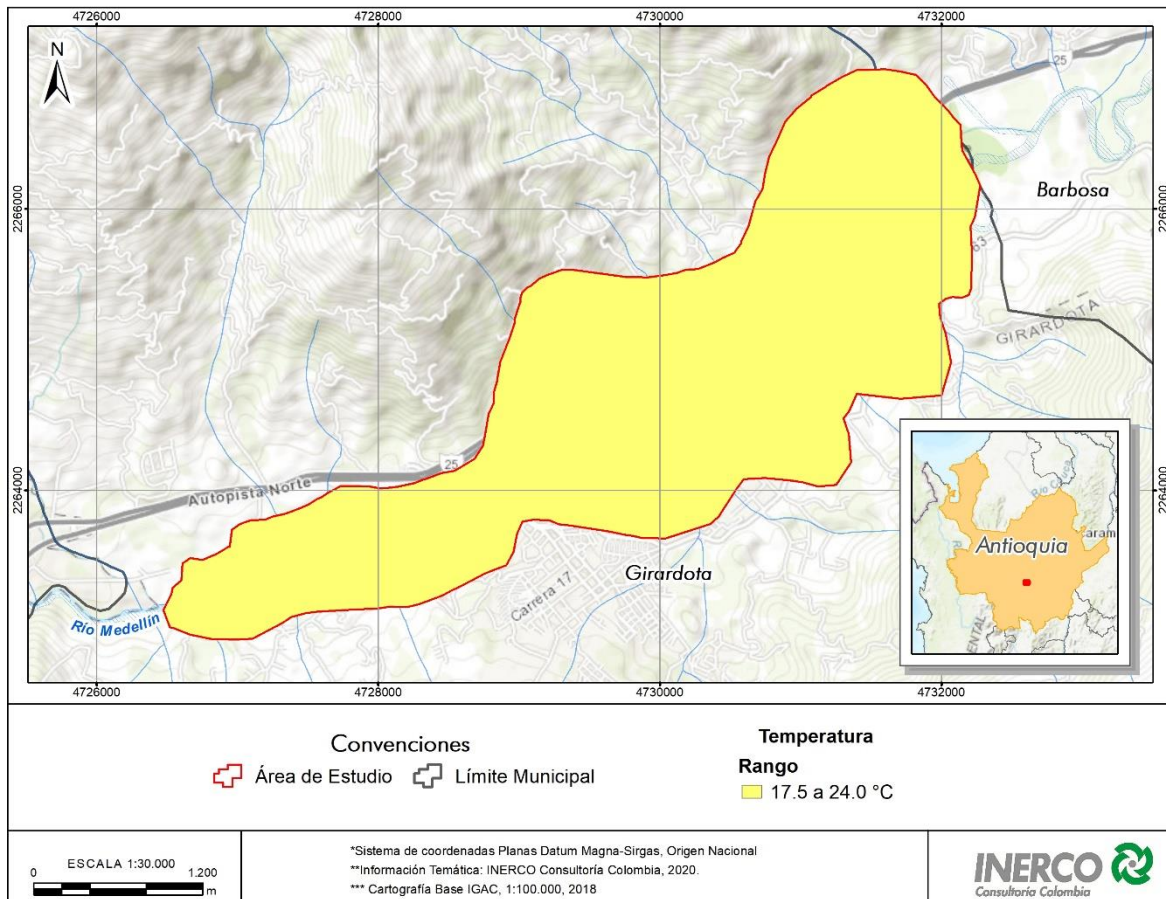
<sup>81</sup> COLOMBIA. MINAMBIENTE, MINHACIENDA, AMVA, CORANTIOQUIA, CORNARE, CPA INGENIERÍA. POMCA Río Aburrá: Caracterización básica de la cuenca. Medellín: MINAMBIENTE, MINHACIENDA, AMVA, CORANTIOQUIA, CORNARE, CPA INGENIERÍA, 2019.



correspondiente al mes de julio y los meses menos cálidos, octubre, noviembre y diciembre con valores promedio entre 21,1 °C y 21,3°C.

El mapa de isotermas medias anuales presentado en el POMCA del río Aburrá<sup>82</sup>, ha sido elaborado a partir de los registros históricos de temperatura mensual y anual el modelo de elevación digital del terreno, estableciéndose una clara relación entre la temperatura y la altura. Asimismo, de la información del mencionado POMCA es posible inferir que en el área de estudio la temperatura media anual promedio multianual oscila entre los 17,5 °C y los 24 ° C.

Figura 2-23 Temperatura Girardota



Fuente: MINAMBIENTE et al. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020

### 2.2.3.10.1.3 Humedad relativa

En la estación Tulio Ospina, que es la más cercana al área de estudio, el valor promedio de humedad relativa mensual es de 75,8 %, los valores promedio máximos se presentan en los meses de abril, mayo y octubre, noviembre y diciembre correspondiendo con los meses de

<sup>82</sup> *Ibíd.*, p. 164.

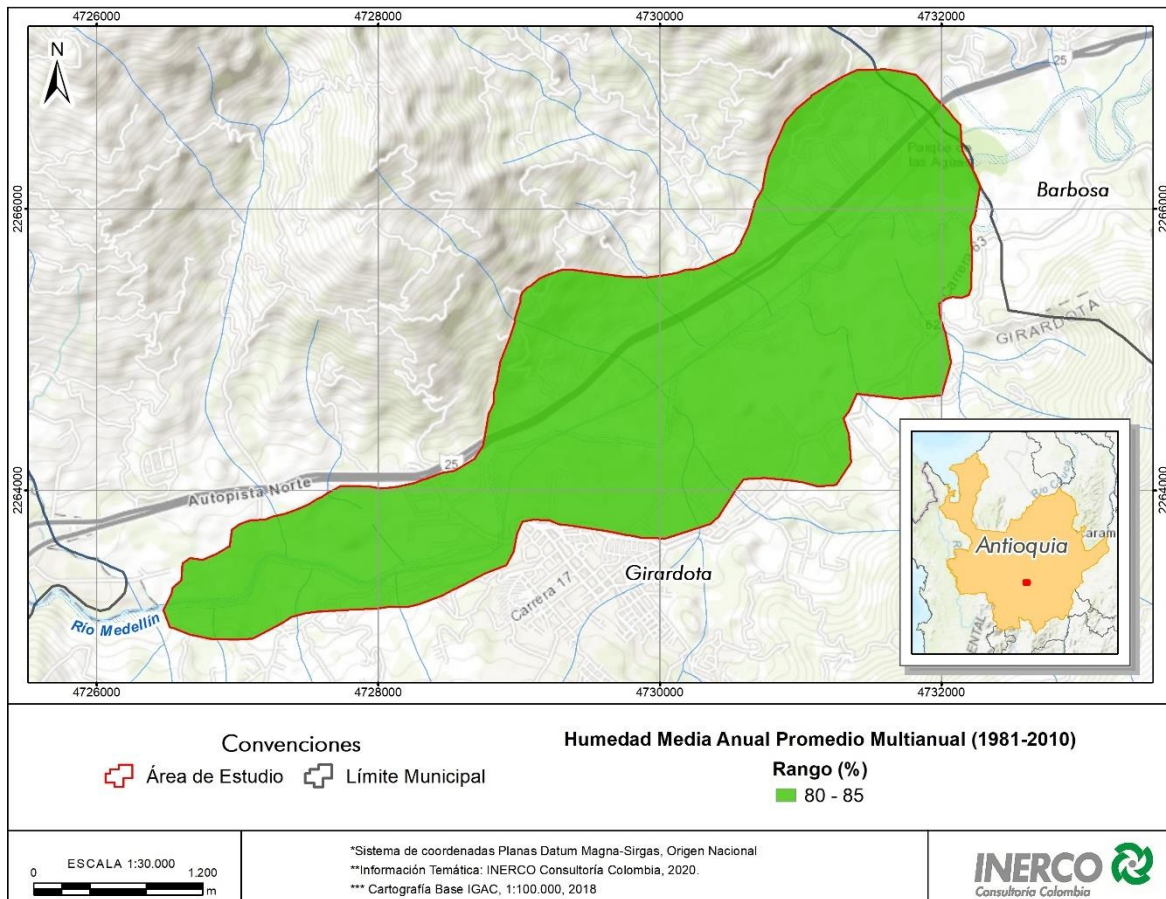




mayores precipitaciones y el comportamiento bimodal. El valor máximo registrado es de 95 % y <sup>83</sup>.

De acuerdo con la cartografía presentada en el POMCA del río Aburrá, en el área de estudio la humedad relativa media anual promedio multianual está en un rango de 80 % a 85%.

Figura 2-24 Humedad relativa Girardota



Fuente: MINAMBIENTE et al. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020

#### 2.2.3.10.1.4 Velocidad del viento

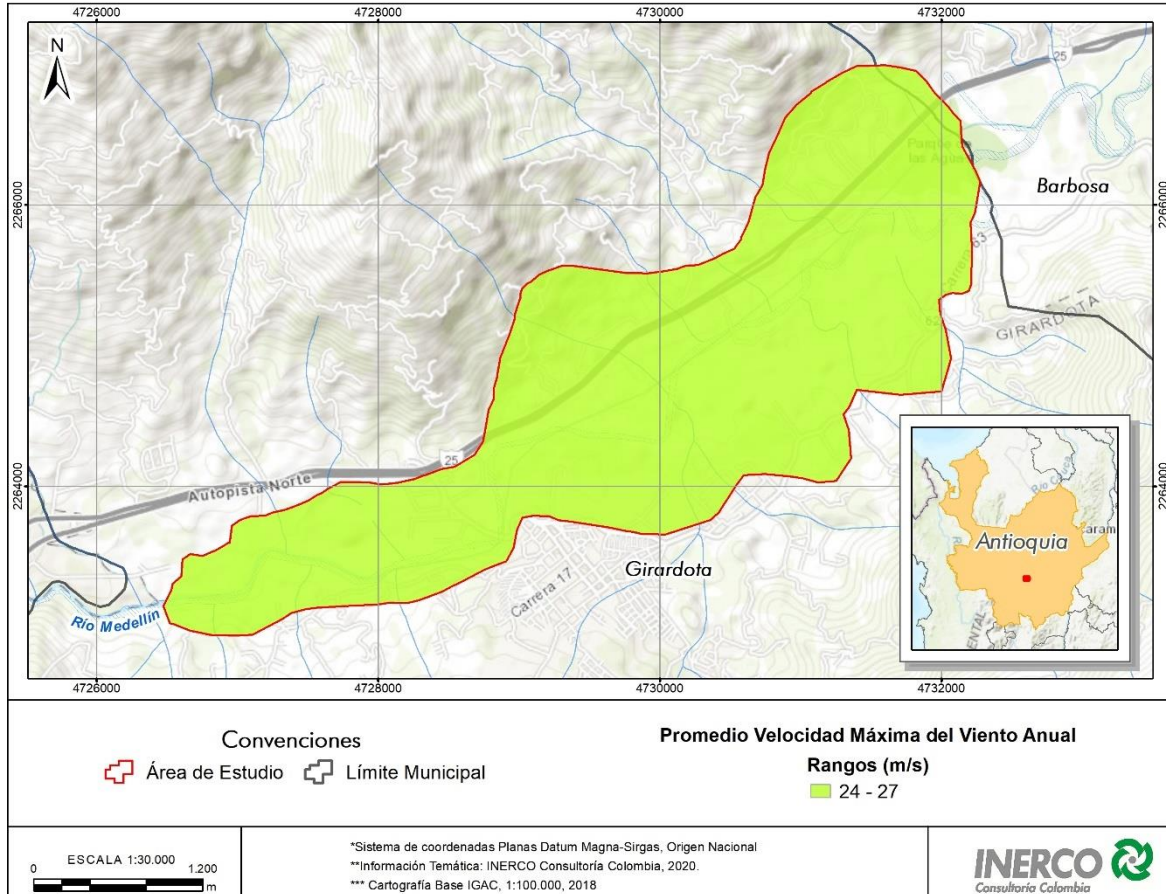
Los registros de velocidad y dirección del viento se tomaron de la estación Tulio Ospina localizada en la parte media de la cuenca, en donde se ubica el área de estudio. De acuerdo con estos registros, la velocidad del viento llega a 2,25 m/s con una distribución bimodal a lo largo del año, coincidiendo con el desplazamiento de la ZCIT, con máximos medios durante los meses de enero y octubre respectivamente.

<sup>83</sup> *Ibíd.*, p.193 y 194.



Los valores mínimos promedio se registran en la estación de referencia durante el mes de septiembre, con valor de 0.3 m/s<sup>84</sup>. Finalmente, en la figura 2-25 se presenta el promedio de velocidad máxima anual en el área de estudio que oscila entre 24 m/s y 27m/s.

Figura 2-25 Velocidad del viento Girardota



Fuente: MINAMBIENTE et al. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020

### 2.2.3.10.1.5 Evaporación

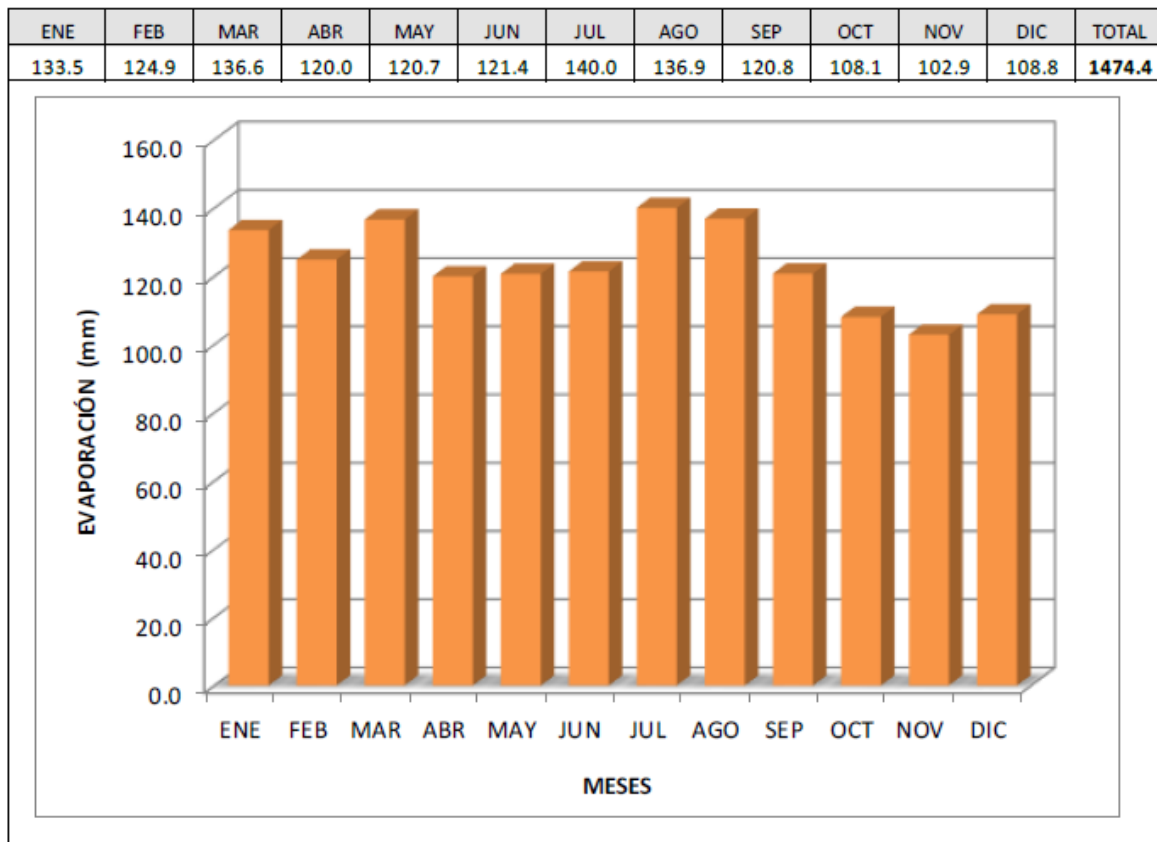
El análisis de la evaporación se realizó a partir de los registros de la estación Tulio Ospina localizada en la parte media de la cuenca del río Aburrá, allí los valores se presentan sobre los 1.474 mm con un comportamiento de tendencia bimodal, ajustado a las variaciones de la precipitación en la zona a lo largo del año, con la ocurrencia de dos períodos de evaporación altos, en concordancia con los dos períodos secos. El primero de mediados de enero a marzo y el segundo de julio a agosto, con máximos durante los meses de julio y agosto, y dos períodos de valores de evaporaciones bajos correspondientes a los meses de lluvia, con valores mínimos durante el mes de noviembre<sup>85</sup>.

<sup>84</sup> Ibid., p.211.

<sup>85</sup> Ibid., p. 198.



Gráfico 2-4 Valores medios mensuales de evaporación (mm) estación Tulio Ospina



Fuente: MINAMBIENTE *et al.*, 2019

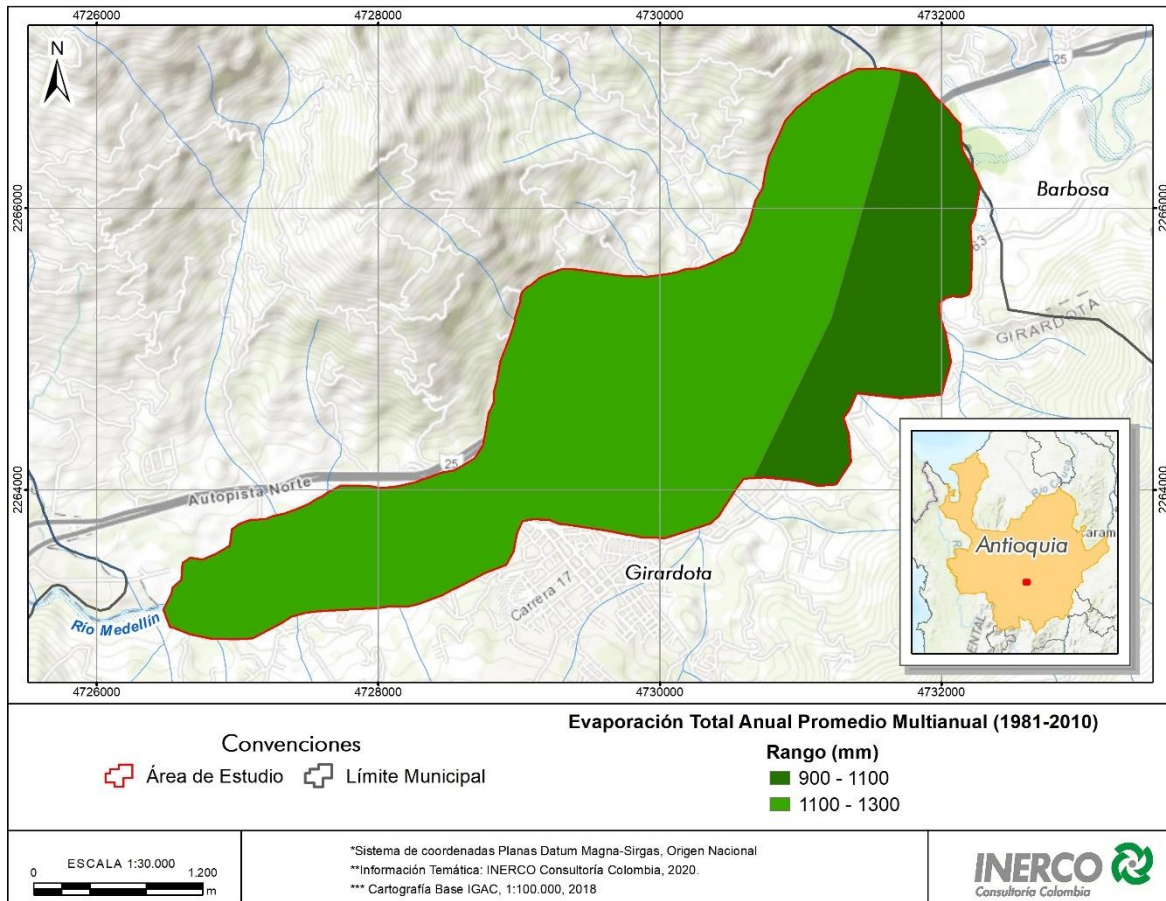
Especialmente, las variaciones de la evaporación están claramente relacionadas con el comportamiento de las lluvias y de la temperatura ambiente, mostrando un aumento en los valores de la evaporación en la medida que se desciende en altura y se incrementan las temperaturas<sup>86</sup>.

Específicamente en el área de estudio, la evaporación anual promedio multianual se encuentra entre los 900 y los 1300 mm.

<sup>86</sup> *Ibíd.*



Figura 2-26 Evaporación Girardota



Fuente: MINAMBIENTE et al. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020

### 2.2.3.10.1.6 Brillo solar

En concordancia con el comportamiento de la temperatura y la evaporación, se observan a lo largo del año dos períodos de valores de insolación altos y dos de bajos, ajustados a un régimen bimodal, correspondiente a las dos temporadas de lluvias y a las dos de estiaje que se presentan en la zona andina colombiana, en donde el mes de mayor brillo solar se registra en el segundo período seco del año, es decir, en julio; mientras que las menores insolaciones se presentan en los meses de marzo y abril, correspondiente al primer período de lluvias del año<sup>87</sup>.

Los valores anuales de brillo solar se incrementan en la medida que se desciende por el valle del río Aburrá con un valor total de 1.900 hr/año en la estación Tulio Ospina localizada en la parte media de la cuenca, equivalentes a 5,0 hr/día de brillo solar.<sup>88</sup>

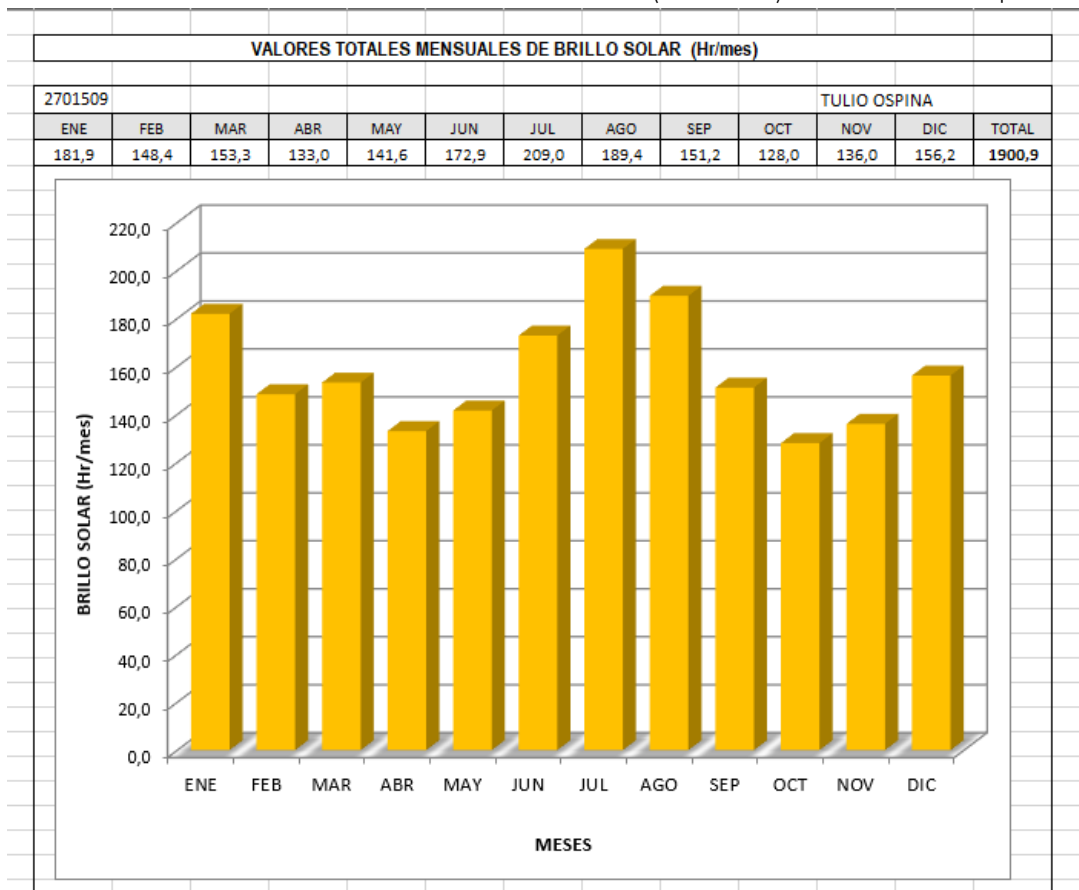
<sup>87</sup> Ibid., p. 204 y 206.

<sup>88</sup> Ibid.





Gráfico 2-5 Valores medios mensuales de brillo solar (horas/mes) estación –Tulio Ospina

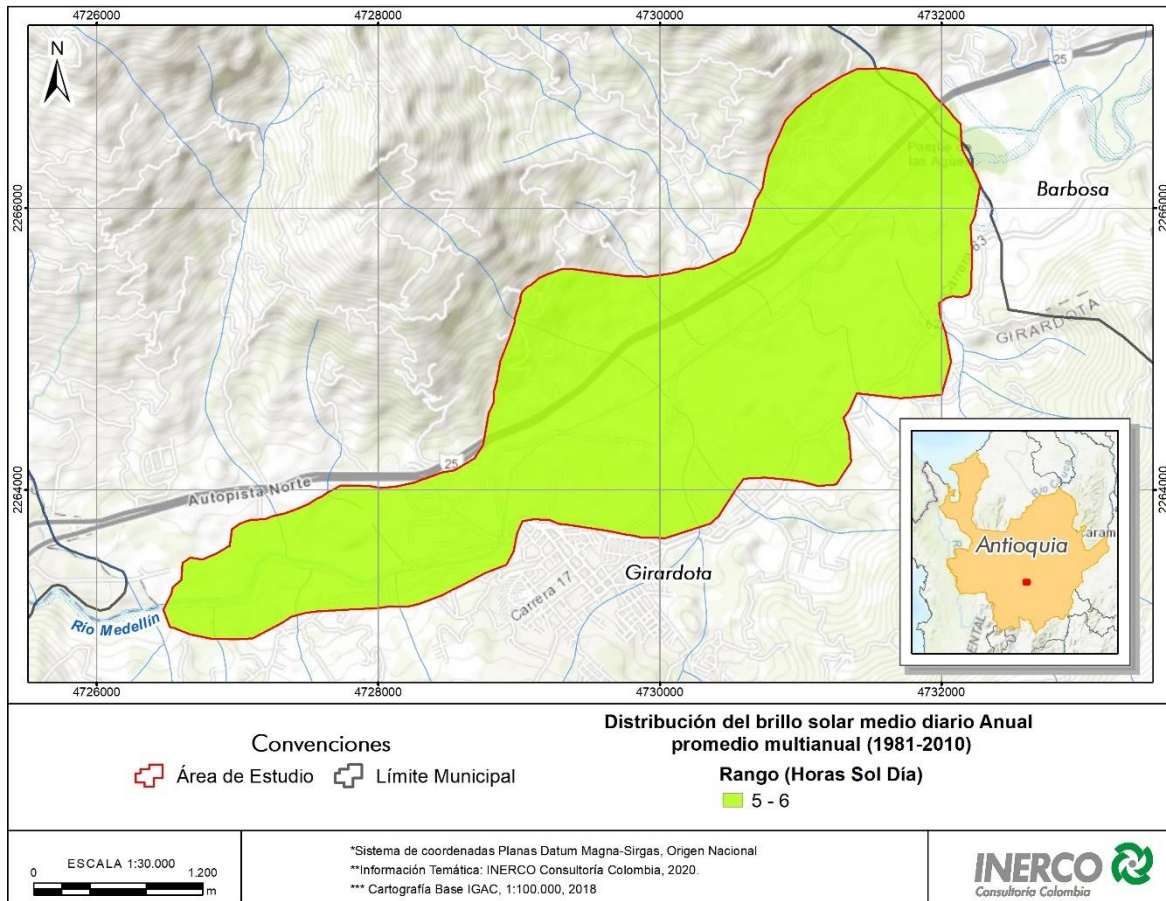


Fuente: MINAMBIENTE *et al.*, 2019

Según el mapa de isohelias a nivel mensual y anual, se puede inferir que el brillo solar adquiere valores que se van incrementando en la medida que se desciende en la cuenca hasta alcanzar valores de 2.080 hr/año a la altura del municipio de Girardota<sup>89</sup>.

<sup>89</sup> *Ibid.*, p. 204.

Figura 2-27 Brillo solar - Girardota



Fuente: MINAMBIENTE et al. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020

### 2.2.3.10.1.7 Hidrografía

La cuenca del río Aburrá-Medellín está localizada sobre la cordillera central, en el centro del departamento de Antioquia. El río nace en el Alto de San Miguel en el municipio de Caldas y atraviesa 10 municipios hasta finalmente unirse con el río Grande, donde cambia de nombre a río Porce. El tramo del río Aburrá-Medellín comprendido entre el nacimiento y su entrada al municipio de Caldas ha sufrido grandes alteraciones en sus condiciones naturales debido a la explotación de materiales para construcción. También se ha visto afectado por la deforestación de su cuenca y la introducción de fauna no nativa que han afectado la disponibilidad del recurso y su calidad<sup>90</sup>

Respecto a la clasificación de Horton, el río Aburrá – Medellín presenta un orden 7. Tal como es conocido, el orden de Horton está relacionado con el comportamiento hidrológico de la cuenca,

<sup>90</sup> MARÍN, Andrés, BARROS, Juan Fernando. Modelación de tránsito de crecientes en el río Aburrá -Medellín para una propuesta de su restauración. Revista EIA Escuela de Ingeniería de Antioquia. En línea. Enviado: Escuela de ingeniería de Antioquia. Julio - diciembre, 2016, vol. 13, nro. 26. Consultado en: 2020-11-30. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n26/n26a12.pdf>



considerando que los cauces con órdenes bajos tienen mayor peligro de inundaciones, descargando de forma súbita durante las tormentas<sup>91</sup>.

La variedad geológica que caracteriza la Cuenca del río Aburrá, permite la existencia de recursos minerales como oro y materiales de construcción, que se utilizan principalmente para suplir las necesidades de los mismos municipios que conforman el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Los agregados pétreos son de gran demanda en la industria de la construcción y suplen la mayoría de las necesidades de toda el área metropolitana<sup>92</sup>.

En cuanto a las explotaciones realizadas en el lecho del río Aburrá, se evidencia fuerte sedimentación, pérdida de la cobertura vegetal, afectación del recurso hídrico subterráneo y modificación del relieve<sup>93</sup>.

De acuerdo con los datos obtenidos del respectivo POMCA<sup>94</sup>, la oferta hídrica del río Aburrá es la que se presenta en la tabla 2-5, en esta se tienen en cuenta los datos correspondientes a año hidrológico medio, seco y húmedo.

**Tabla 2-5** Oferta hídrica río Aburrá – Medellín

	Caudales anuales m <sup>3</sup> /s
Oferta hídrica mensual y promedio anual <b>Año hidrológico medio</b>	21,259
Oferta hídrica mensual y promedio anual <b>Año hidrológico seco</b>	11,533
Oferta hídrica mensual y promedio anual <b>Año hidrológico húmedo</b>	37,081

Fuente: CPA Ingeniería SAS, 2016.

#### 2.2.3.10.1.8 Comportamiento durante eventos de variabilidad climática

La precipitación en el Valle de Aburrá es afectada por el calentamiento y enfriamiento del océano pacífico ecuatorial, descrito por el índice oceánico del niño (ONI), índice de oscilación del sur (SOI) y el índice multivariado del ENSO (MEI). La totalidad de las estaciones meteorológicas empleadas para la caracterización climatológica del POMCA del río Aburrá<sup>95</sup> muestran correlación negativa entre estos índices en algunos meses y la lluvia, esto es atribuible específicamente al efecto del movimiento de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), que genera las lluvias en los meses de abril a junio y octubre-diciembre, la ZCIT se origina por el

<sup>91</sup> COLOMBIA. MINAMBIENTE, MINHACIENDA, AMVA, CORANTIOQUIA, CORNARE, CPA INGENIERÍA. POMCA Río Aburrá: Caracterización básica de la cuenca. Medellín: MINAMBIENTE, MINHACIENDA, AMVA, CORANTIOQUIA, CORNARE, CPA INGENIERÍA, 2019.

<sup>92</sup> COLOMBIA, AMVA, CORANTIOQUIA, CORNARE, UNIVERSIDAD NACIONAL. POMCA Río Aburrá: Medellín: AMVA, CORANTIOQUIA, CORNARE, UNIVERSIDAD NACIONAL, 2005. p. 3 - 18.

<sup>93</sup> *Ibid.* p. 3-21

<sup>94</sup> COLOMBIA. MINAMBIENTE, MINHACIENDA, AMVA, CORANTIOQUIA, CORNARE, CPA INGENIERÍA. POMCA Río Aburrá: Caracterización básica de la cuenca. Medellín: MINAMBIENTE, MINHACIENDA, AMVA, CORANTIOQUIA, CORNARE, CPA INGENIERÍA, 2019.

<sup>95</sup> *Ibid.*

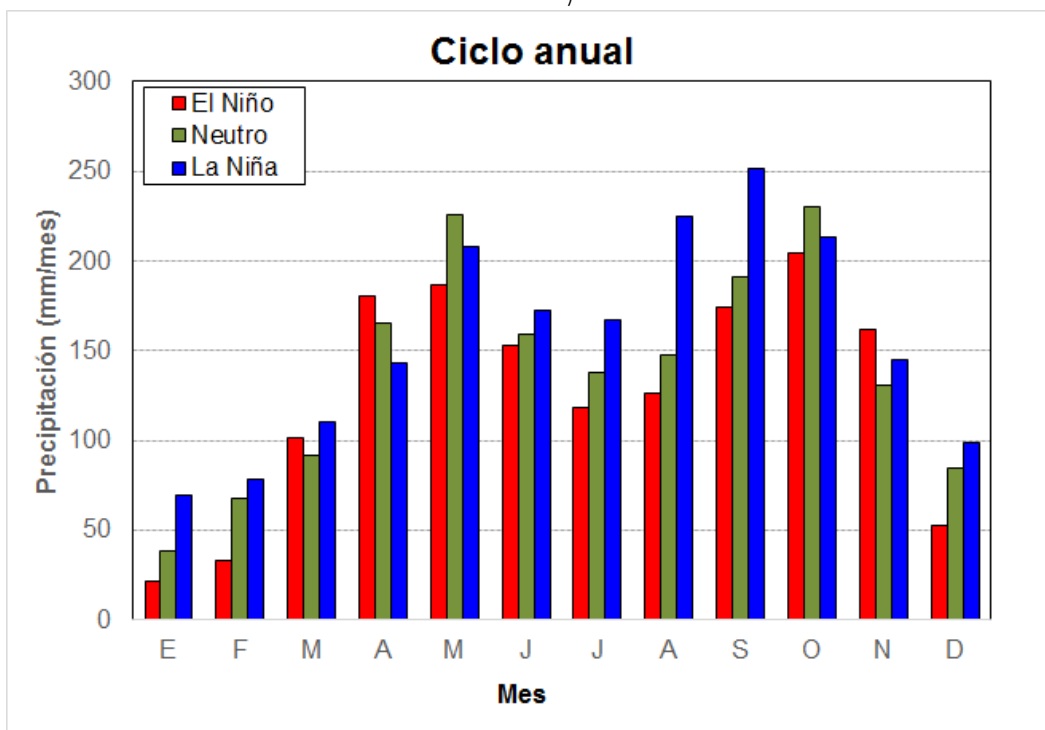


encuentro de los vientos Alisios del Noreste y del Sureste y se desplaza hacia el Norte o hacia el Sur según la época del año y la ubicación del sol<sup>96</sup>

Además, los resultados sugieren que, para el Valle de Aburrá, los índices ONI, SOI y MEI presentan coeficientes de correlación similares con la precipitación, lo que significa que ambos explican de igual manera la relación entre El Niño/La Niña (ENSO) y la lluvia en la zona de estudio.

En el gráfico 2-6 se presenta el comportamiento del ciclo mensual de la precipitación para períodos El Niño (barras rojas), La Niña (barras azules) y Neutro (barras verdes) para la estación de lluvias disponible en Girardota. Se realizó una reclasificación de la serie de datos mensuales teniendo en cuenta los registros de cada mes y año que reporto el Índice Oceánico del Niño (ONI) como fenómeno, con el fin de sacar un promedio mensual para cada fenómeno y observar que los trimestres marzo-abril-mayo y septiembre-octubre-noviembre, son los períodos de mayor pluviosidad que corresponde a La Niña y los meses de diciembre-enero-febrero y junio-julio-agosto para El Niño, son los trimestres de menor precipitación<sup>97</sup>.

**Gráfico 2-6** promedios mensuales multianuales de la precipitación según fase del ENSO (niño, niña, neutro)



Fuente: MINAMBIENTE *et al.*, 2019

<sup>96</sup> *Ibíd.*, p. 121

<sup>97</sup> *Ibíd.*, p. 125



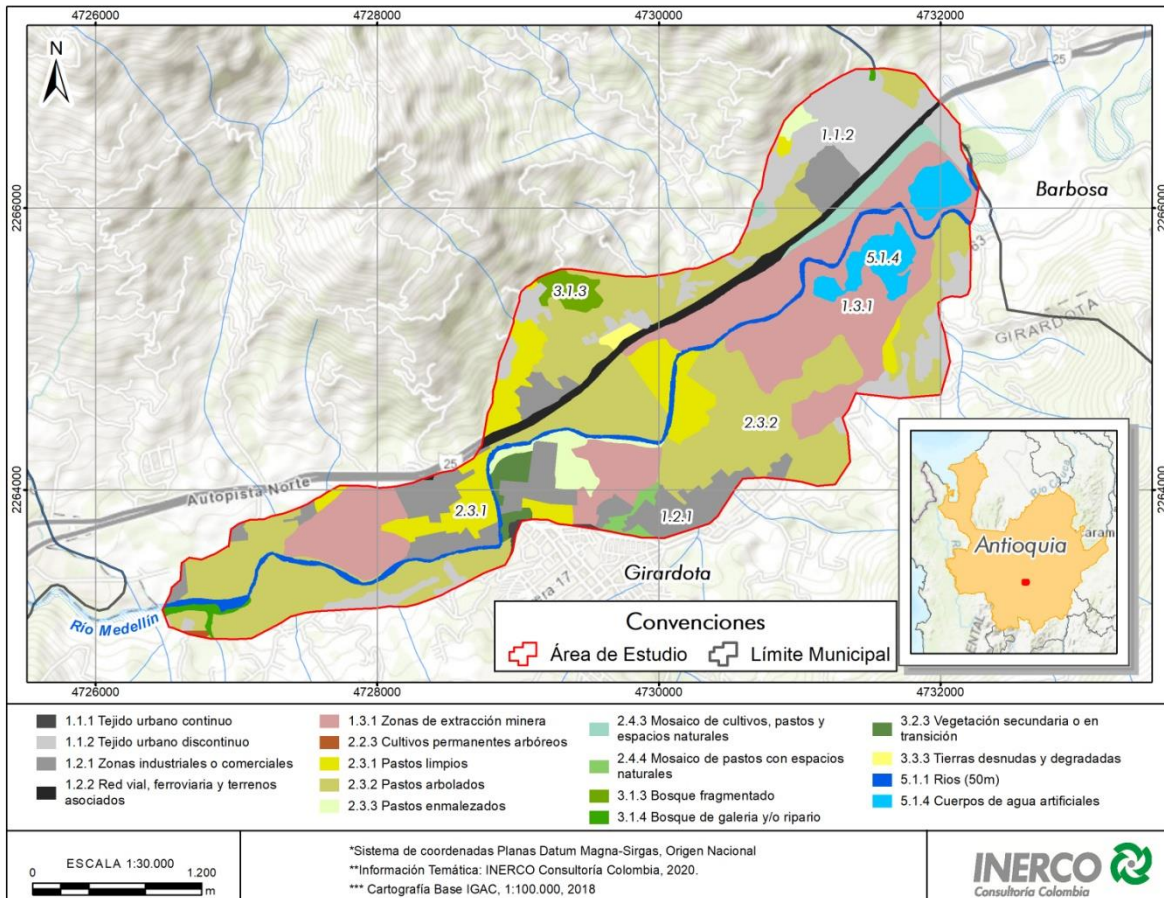


## 2.2.3.10.2 Caracterización biótica

### 2.2.3.10.2.1 Cobertura vegetal y uso del suelo

La cobertura vegetal del área de estudio de acuerdo con el POMCA del río Aburrá<sup>98</sup> corresponde a mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (16%), otros cultivos transitorios (16%), pastos arbolados (10%). El uso del suelo corresponde a cuerpos de agua y ríos (8%), zonas de extracción minera (23%), zonas industriales (14%), tejido urbano discontinuo (11%) y red vial (2%).

Figura 2-28. Cobertura vegetal área de estudio



Fuente: MINAMBIENTE *et al.* Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020

<sup>98</sup> *Ibíd.*

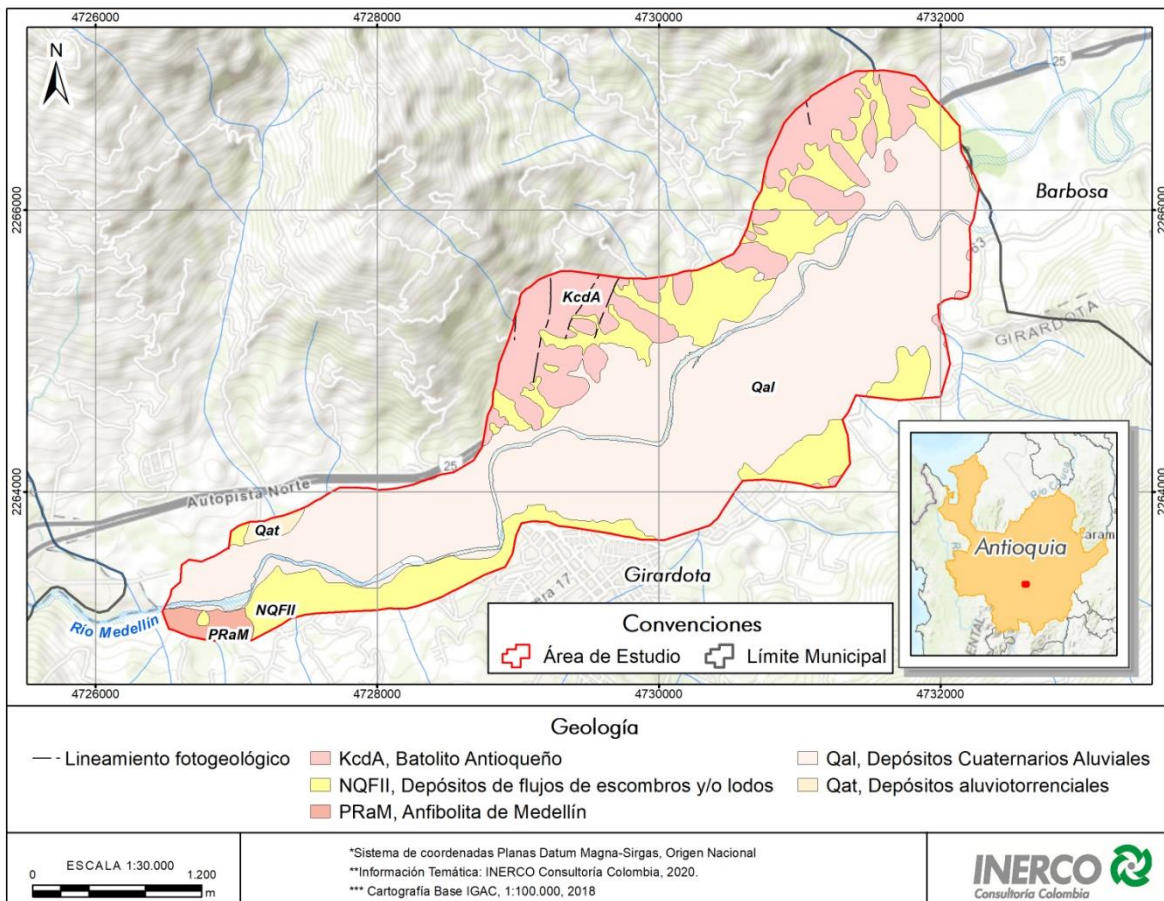


### 2.2.3.10.3 Caracterización física

#### 2.2.3.10.3.1 Geología

La geología del área de estudio<sup>99</sup> corresponde a depósitos cuaternarios aluviales (ocupan 59% del área) conformados por materiales arrastrados por el río Aburrá desde la parte alta y por lo tanto son de diferente composición y se caracterizan por presentar una ligera imbricación, selección moderada y alto grado de redondez de los bloques. Igualmente, presenta depósitos de flujos de escombros (20%) los cuales se encuentran dispersos reposando concordantemente sobre el basamento ígneo - metamórfico y sobre depósitos más antiguos o intercalados con ellos. También se presentan depósitos aluviotorrenciales (1%) generados por algunas corrientes durante avenidas torrenciales de diferente magnitud. El área restante la ocupa el Batolito Antioqueño y la Anfibolita de Medellín (20%).

Figura 2-29. Geología del área de estudio



Fuente: MINAMBIENTE et al. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020

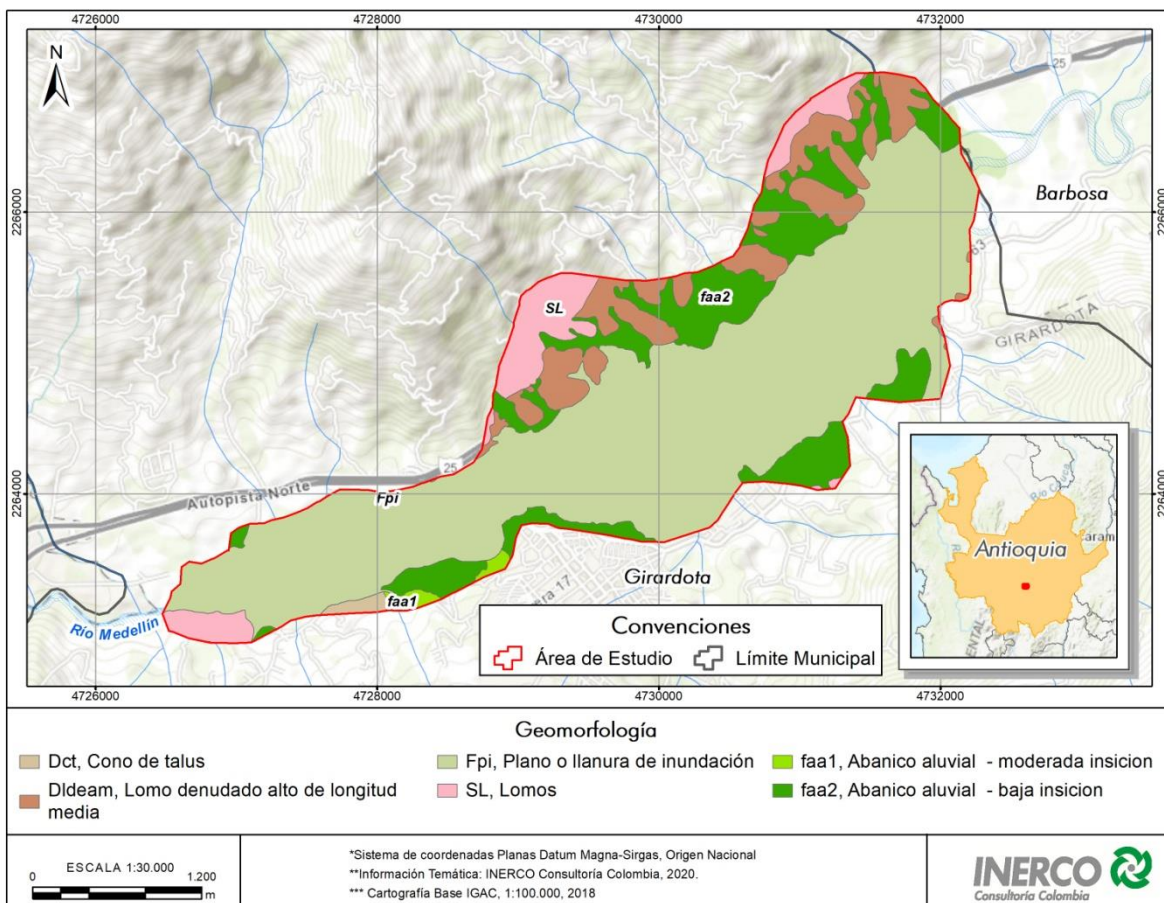
<sup>99</sup> Ibíd.



### 2.2.3.10.3.2 Geomorfología

Las geoformas de la zona de estudio<sup>100</sup> corresponden al plano o llanura de inundación (Fpi) que es una superficie de morfología plana, baja a ondulada, eventualmente inundable y se localiza bordeando el cauce del río Medellín, donde es limitado localmente por escarpes de terraza (ocupa el 65% del área). Su depósito está constituido por sedimentos originados durante eventos de inundación fluvial. Los abanicos fluvio-torrenciales (Faa) son superficies con forma de cono, de morfología semiplana originados por acumulación de flujos torrenciales en zonas de cambio de pendiente (ocupan el 18% del área). El resto del área la constituyen las unidades de lomo denudado alto de longitud media (17%) y los lomos (7%) (figura 2-30).

Figura 2-30. Geomorfología de área de estudio



Fuente: MINAMBIENTE *et al.* Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020

<sup>100</sup> *Ibid.*

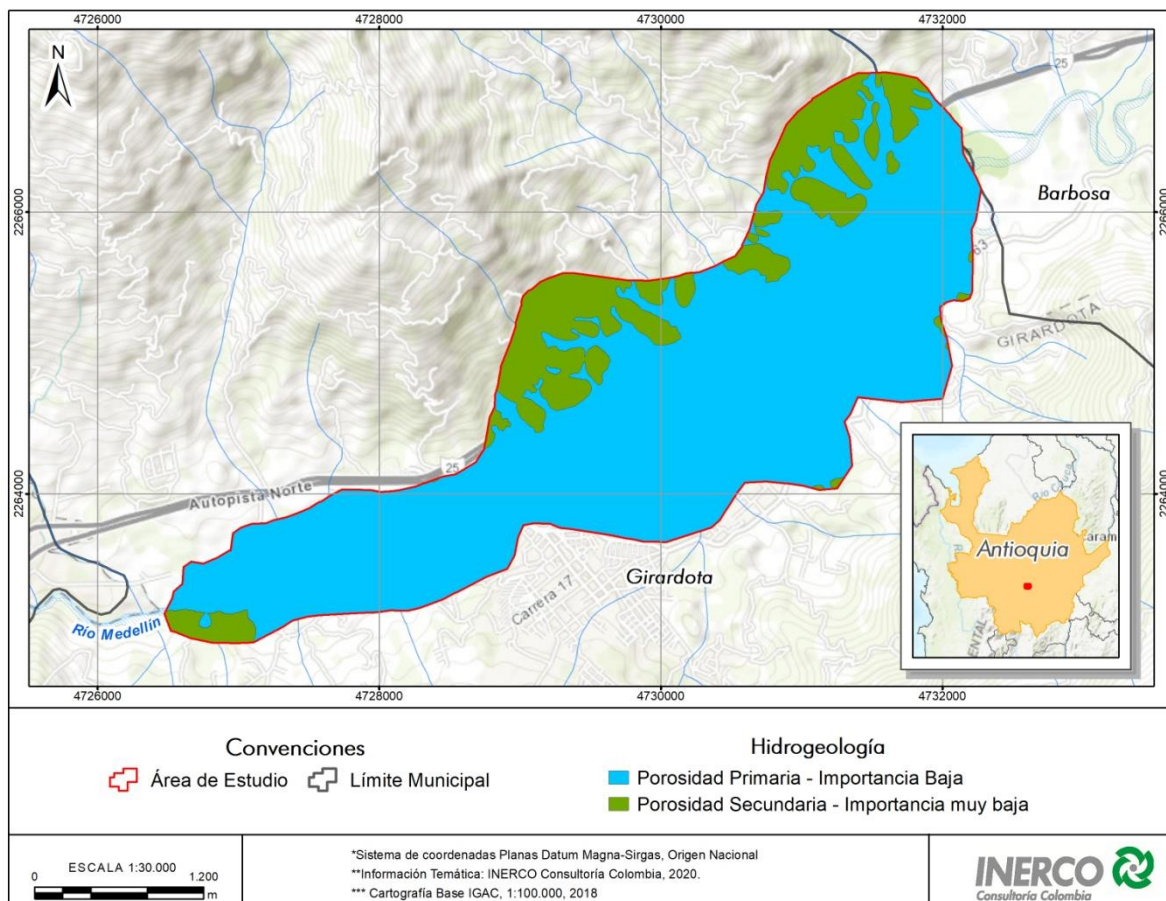




### 2.2.3.10.3.3 Hidrogeología

La hidrogeología del área de estudio<sup>101</sup> está representada por dos sistemas acuíferos (figura 2-31). El primero corresponde al acuífero de porosidad primaria de baja importancia, que ocupa el 82 % del área y está compuesto por los depósitos aluviales del río Medellín y sus afluentes, depósitos aluviotorrenciales, los depósitos de vertiente, categorizados como flujos de lodo y escombros, y los saprolitos arenosos, producto de la meteorización de las rocas ígneas y metamórficas. El segundo corresponde a un sistema de acuíferos de porosidad secundaria, de muy baja importancia, que ocupa el 18% restante del área y está compuesto por rocas ígneas y metamórficas fracturadas.

Figura 2-31. Hidrogeología del área de estudio



Fuente: MINAMBIENTE *et al.* Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020

<sup>101</sup> *Ibid.*





#### 2.2.3.10.4 Caracterización socioeconómica

En el anexo 1 – 2 se presenta la información socioeconómica del municipio de Girardota en donde se ubica el área de estudio.



## BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Nacional de Minería. *Caracterización de la actividad minera departamental*. 2017. [https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/bullets\\_meta\\_01-06-2017.pdf](https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/bullets_meta_01-06-2017.pdf).
- . «Documento Técnico Para La Inclusión Del Uso Minero en el Ordenamiento Territorial Del Municipio De Yumbo, Departamento Del Valle Del Cauca.» 2019. [https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/dtium-yumbo-valle-cauca\\_1.pdf](https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/dtium-yumbo-valle-cauca_1.pdf).
- Alcaldía Municipal de Acacías - Meta. *Alcaldía de Acacías - Meta*. 25 de 09 de 2017. <http://acacias-meta.gov.co/turismo.shtml>.
- Alcaldía Municipal de Villavicencio. *Alcaldía de Villavicencio - Meta*. 25 de 09 de 2017. <http://www.villavicencio.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Economia.aspx>.
- . *Alcaldía de Villavicencio - Meta*. 28 de 09 de 2017. <http://www.villavicencio.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Vias-de-Comunicacion.aspx>.
- . «Documento técnico de soporte al plan de ordenamiento territorial del municipio de Villavicencio: Norte 2000 - 2007.» *Informe técnico, Alcaldía Municipal de Villavicencio, Villavicencio*. s.f. [http://www.curaduria2villavicencio.com/wp-content/uploads/documento\\_tecnico.pdf](http://www.curaduria2villavicencio.com/wp-content/uploads/documento_tecnico.pdf).
- AMVA, CORANTIOQUIA, CORNARE, y UNIVERSIDAD NACIONAL. «POMCA Río Aburrá: Medellín.» Medellín, 2005.
- Arango, Martín, Julián Zapata, y Rodrigo Gómez. «Estrategias de la cadena de suministro para el distrito minero de Amagá.» *Boletín de Ciencias de la Tierra*, n° 28 (Junio-noviembre 2010): 27-38.
- CAR, CORPOGUAVIO, CORMACARENA, CORPOORINOQUIA, y UTGS. «POMCA Río Guayuriba actualización: Climatología.» Bogotá, 2018.
- CONCEJO INTERNACIONAL DE MINERÍA Y METALES. «Planificación del cierre integrado de minas: Equipo de herramientas.» Londres, 2018.
- Cormacarena - Corporación para el Desarrollo Sostenible del Area de Manejo Especial la Macarena. *CormacarenaIndex/ Pomcas / Pomca Río Guayuriba*. 13 de 10 de 2017. [http://www.cormacarena.gov.co/contenido-vin.php?tp=13&contenido\\_in=101&titulo=POMCA%20R%CDO%20GUAYURIBA](http://www.cormacarena.gov.co/contenido-vin.php?tp=13&contenido_in=101&titulo=POMCA%20R%CDO%20GUAYURIBA).
- CPA Ingeniería. «Actualización POMCA Río Aburrá: parte 2. fase de diagnóstico, apartado 2.4. caracterización de las condiciones sociales, culturales y económicas.» 2016.
- CVC - IGAC. *Geomorfología. Metadata Information*. 2004. <https://geo.cvc.gov.co/arcgis/sharing/rest/content/items/bce67a3947ac4637bca7cbd9f054e14/info/metadata/metadata.xml?format=default&output=html> (último acceso: 24 de 02 de 2021).
- CVC - Servicio Geológico Colombiano - IGAC. *Geología del Valle del Cauca*. 2007. <https://geo.cvc.gov.co/arcgis/sharing/rest/content/items/ef36a59aa9bc4bea9b88b2386c1beedd/info/metadata/metadata.xml?format=default&output=html> (último acceso: 15 de 02 de 2021).



- CVC, y Proagua. «POMCA de la subzona hidrográfica 2631: Arroyohondo, Yumbo, Mulaló, Vijes, Yotoco, Mediacanoa y Piedras. CONTRATO CVC No. 650 DE 2017 Fase de diagnóstico.» Informe Ejecutivo, Cali, 2019.
- DANE. *Estimaciones de población 1985 - 2005 y proyecciones de población 2005 - 2020 total departamental por área*. Bogotá: Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Dirección de Censos y Demografía – DCD. Coordinación de Demografía, 2010.
- Gobernación del Meta. *Informe de Coyuntura - Evaluaciones Agropecuarias 2014 - 2015*. Villavicencio: Gobernación del Meta, 2015.
- Gobernación del Valle del Cauca. «Evolución, impacto y retos del Sector Minero: Un análisis para el Valle del Cauca.» n° 7. Santiago De Cali, 2013. 23.
- IDEAM. *Mapa de Coberturas de la Tierra Metodología CORINE Land Cover Adaptada para Colombia. Escala 1:100.000 Periodo (2010-2012-2014)*. 2014. <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/coberturas-nacionales> (último acceso: 24 de 02 de 2021).
- IGAC - CVC. *Portal de Datos Abiertos Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca - CVC*. 2004. <https://geo.cvc.gov.co/arcgis/apps/sites/#/datosabiertos/items/bce67a3947ac4637bca7cbde9f054e14> (último acceso: 24 de 02 de 2021).
- INERCO Consultoría Colombia . «Implementación del mapa de ruta para la adaptación del sector energético al cambio climático (incluyendo el uso de la herramienta de servicios ecosistémicos) e identificación de factores de vulnerabilidad del sector minero y líneas gruesas de medidas de a.» Documento de factores de vulnerabilidad y riesgo relacionados con la variabilidad climática y el cambio climático del sector minero, Bogotá, 2015.
- INERCO Consultoría Colombia. «Implementación del mapa de ruta para la adaptación del sector energético al cambio climático (incluyendo el uso de la herramienta de servicios ecosistémicos) e identificación de factores de vulnerabilidad del sector minero y líneas gruesas de medidas de a.» *Metodología para estimar la vulnerabilidad y los riesgos al cambio climático para los tipos de minería analizados*. Bogotá, 2015.
- INERCO Consultoría Colombia, y Universidad Nacional. «Plan Integral de Gestión de Cambio Climático. Sector Minero Energético.» Bogotá, 2017.
- INGEOMINAS - CVC. *Portal de Datos Abiertos Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca - CVC*. s.f. <https://geo.cvc.gov.co/arcgis/apps/sites/#/datosabiertos/items/ef36a59aa9bc4bea9b88b2386c1beedd?geometry=-97.7%2C0.756%2C-55.886%2C8.416&layer=3> (último acceso: 15 de 02 de 2021).
- Marín , Andrés, y Juan Fernando Barros. «Modelación de tránsito de crecientes en el río Aburrá - Medellín para una propuesta de su restauración.» *Revista EIA Escuela de Ingeniería de Antioquia* 13, n° 26 (Julio-diciembre 2016).
- MINAMBIENTE, MINHACIENDA, AMVA, CORANTIOQUIA, CORNARE, y CPA INGENIERÍA. «POMCA Río Aburrá: Caracterización básica de la cuenca.» Medellín , 2019.
- Monsalve, G. *Hidrología en la ingeniería*. Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, 1995.



- Municipio de Yumbo. «Plan de saneamiento y manejo de vertimientos.» Yumbo, 2015.
- Ramírez Rojas, Maria Isabel. «Sostenibilidad de los materiales de construcción en el Valle de Aburrá.» Tesis de maestría Medio Ambiente y Desarrollo, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 2008, 112.
- Silva Mateus, Nathalie. «Análisis de impactos ambientales asociados a la explotación de materiales de construcción de arrastre en la zona media de la cuenca del río guayuriba.» Tesis de Especialista en Ordenamiento y Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas, Universidad Santo Tomás, 2019.
- UPME, y Consorcio Proyección IB2. «Evaluación de la situación actual y futura del mercado de los materiales de construcción y arcillas en las ciudades de Bogotá, Medellín, Bucaramanga, Barranquilla, Santa Marta y Eje Cafetero.» Bogota, 2013.
- UPME, y Proyección IB2. «Evaluación de la situación actual y de los escenarios futuros del mercado de los materiales de construcción y arcillas de las ciudades de Cali, Cúcuta, Villavicencio, Cartagena, Sincelejo, Yopal, Valledupar y Montería: Villavicencio.» Informe de consultoría elaborado por el Consorcio Proyección IB2 para la Unidad de Planeación Minero Energética -UPME, Bogotá, 2014.
- UTC-IPME. «Elaboración del instrumento de carácter técnico-ambiental que evidencie los diferentes procedimientos y técnicas necesarias para un desarrollo apropiado para la extracción de materiales de arrastre a partir del trabajo conjunto con las autoridades ambient.» Informe río cauca, Departamento De Valle Del Cauca, 2015.
- Velasquez, Gustavo Adolfo Toro. *Plan Maestro de Turismo del Departamento del Meta 2010 "Meta es Llano"*. Villavicencio: Instituto de Turismo del Meta, Gobernación del Meta, 2010.



ANÁLISIS DE RIESGO ANTE LA VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO DE LA CADENA DE VALOR CORRESPONDIENTE A LA PRODUCCIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN A DIVERSAS ESCALAS EN REGIONES PRIORIZADAS DEL PAÍS, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LOS PASOS CORRESPONDIENTES DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE RIESGOS ASOCIADOS A LA VARIABILIDAD Y EL CAMBIO CLIMÁTICO, DESARROLLADA POR UPME/MINENERGÍA

Producto 2. Análisis de amenazas directas e indirectas por cambios en patrones climáticos y por eventos climáticos recurrentes con énfasis en las áreas de interés priorizadas para la cadena de valor de materiales de construcción



Elaborado para:



Elaborado por:



Bogotá, D. C.,  
Diciembre de 2020

**ANÁLISIS DE RIESGO ANTE LA VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO DE LA CADENA DE VALOR CORRESPONDIENTE A LA PRODUCCIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN A DIVERSAS ESCALAS EN REGIONES PRIORIZADAS DEL PAÍS, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LOS PASOS CORRESPONDIENTES DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE RIESGOS ASOCIADOS A LA VARIABILIDAD Y EL CAMBIO CLIMÁTICO, DESARROLLADA POR UPME/MINENERGÍA**

**Producto 2. Análisis de amenazas directas e indirectas por cambios en patrones climáticos y por eventos climáticos recurrentes con énfasis en las áreas de interés priorizadas para la cadena de valor de materiales de construcción**

Hoja de control

INERCO Consultoría Colombia

	<b>Elaboró</b>	<b>Revisó</b>	<b>Aprobó</b>	
<b>Versión:</b> 1	Área de Sostenibilidad, INERCO Consultoría Colombia	Yenny Mancera Coordinadora de proyecto	Jose Alejandro Bernal Director Área de Sostenibilidad	<b>Fecha de aprobación:</b>
		V.º B.º:	V.º B.º:	Diciembre de 2020

Este *Análisis de riesgo ante la variabilidad y cambio climático de la cadena de valor correspondiente a la producción de materiales de construcción* ha sido preparado por INERCO Consultoría Colombia con un conocimiento razonable y con el cuidado y la diligencia establecidos en los términos del contrato con UPME.

INERCO Consultoría Colombia niega alguna responsabilidad con UPME y con terceros respecto de cualquier materia fuera del alcance anterior. Este informe es confidencial e INERCO Consultoría Colombia no acepta ninguna responsabilidad en absoluto, si otros tienen acceso a parte o la totalidad del informe.

Anotaciones:

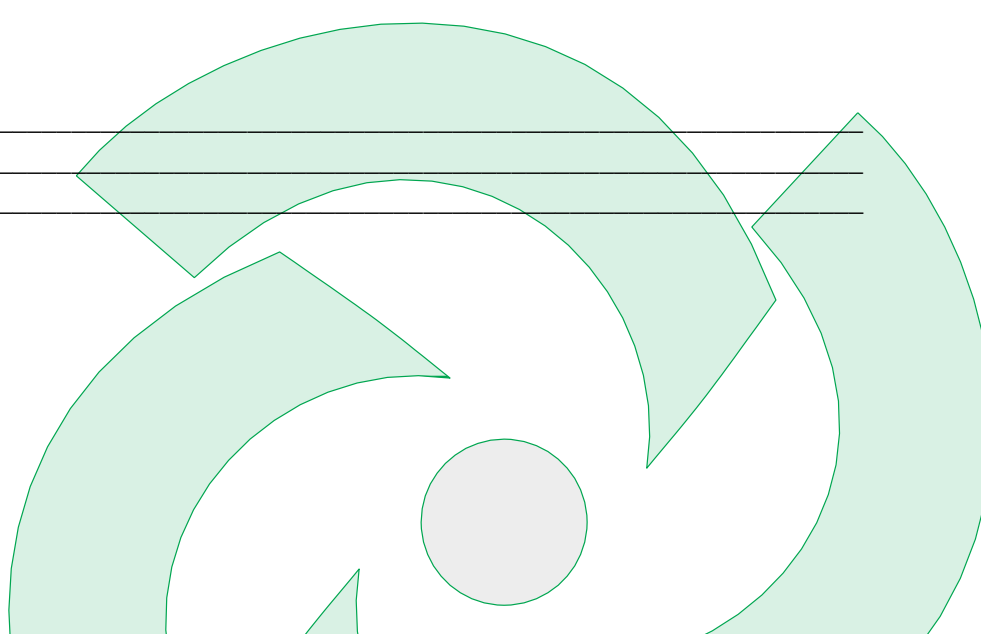
---



---




---



**ANÁLISIS DE RIESGO ANTE LA VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO DE LA CADENA DE VALOR CORRESPONDIENTE A LA PRODUCCIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN A DIVERSAS ESCALAS EN REGIONES PRIORIZADAS DEL PAÍS, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LOS PASOS CORRESPONDIENTES DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE RIESGOS ASOCIADOS A LA VARIABILIDAD Y EL CAMBIO CLIMÁTICO, DESARROLLADA POR UPME/MINENERGÍA**

Hoja de control

Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME)

Versión: 1	<b>Elaboró</b>	<b>Revisó</b>	<b>Aprobó</b>	Fecha de aprobación:  Diciembre de 2020
	 V.º B.º:	Wilson Sandoval  V.º B.º:	Wilson Sandoval  V.º B.º:	

En la preparación de este *Análisis de riesgo ante la variabilidad y cambio climático de la cadena de valor correspondiente a la producción de materiales de construcción*, INERCO Consultoría Colombia y la UPME utilizaron la información provista por consultores especializados, autoridades nacionales y regionales, así como de otras fuentes no gubernamentales. UPME realizó la verificación de la información que su conocimiento y experiencia le permitió.

Este informe ha sido preparado por INERCO Consultoría Colombia, con un conocimiento razonable y con el cuidado y la diligencia establecidos en los términos del contrato con UPME.

Anotaciones:

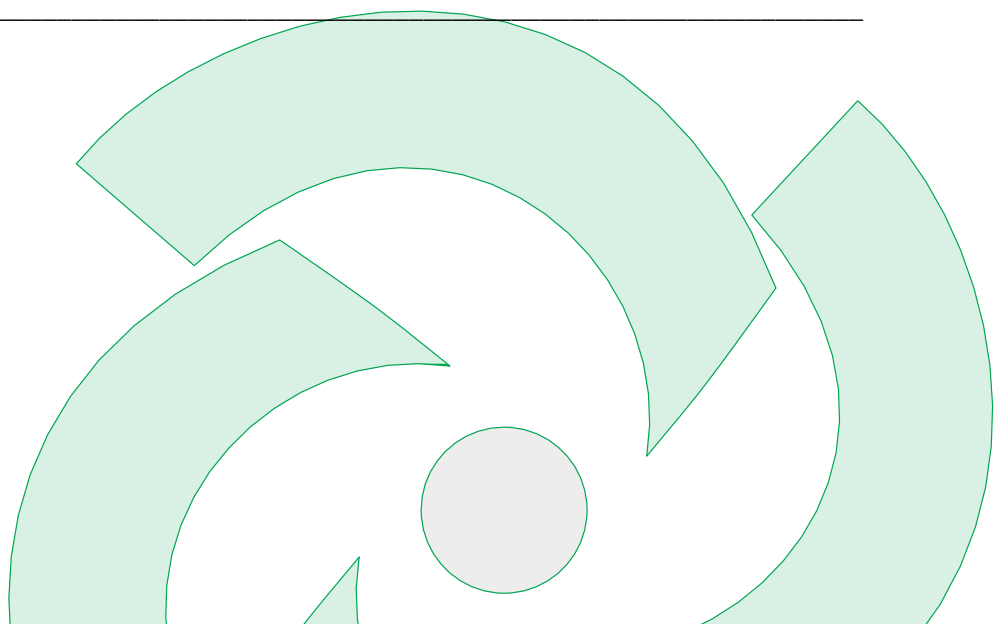
---



---



---



## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. REVISIÓN DE LOS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO DEFINIDOS POR EL INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM), EN LA TERCERA COMUNICACIÓN NACIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO (TCNCC).....	1
1.1    Ámbito nacional .....	1
1.1.1    Región Amazonía .....	1
1.1.2    Región Andina .....	3
1.1.3    Región Caribe.....	6
1.1.4    Región Llanos .....	8
1.1.5    Región pacífica .....	9
1.2    Áreas priorizadas para el análisis de riesgo .....	10
1.2.1    Acacías – Villavicencio .....	11
1.2.2    Cali – Yumbo .....	23
1.2.3    Girardota .....	35
2. METODOLOGÍA.....	47
3. CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA OPERACIÓN MINERA BAJO LOS ESCENARIOS DE CAMBIOS DE PATRONES CLIMÁTICOS DEFINIDOS ..	51
3.1    Definiciones de los subeventos considerados para el análisis de riesgo .....	53
3.1.1    Inundaciones .....	53
3.1.2    Avenidas torrenciales (crecientes súbitas).....	53
3.1.3    Fenómenos de remoción en masa.....	54
3.1.4    Olas de calor .....	54
3.1.5    Sequías o déficit de lluvias.....	55
3.1.6    Incendios forestales .....	55
3.2    Análisis de amenazas en las áreas priorizadas para el análisis de riesgo .....	55
3.2.1    Acacías – Villavicencio .....	57
3.2.2    Cali – Yumbo .....	94
3.2.3    Girardota .....	130



## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1-1.</b> Categorización de los cambios en la temperatura y precipitación.....	11
<b>Tabla 3-1</b> Matriz de doble entrada para la construcción de los escenarios prospectivos – Variación de la precipitación.....	56
<b>Tabla 3-2</b> Matriz de doble entrada para la construcción de los escenarios prospectivos – Variación de la temperatura.....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1-1.</b> Escenario de precipitación 1976-2005, Acacías-Villavicencio.....	12
<b>Figura 1-2.</b> Escenario de temperatura media 1976-2005, Acacías-Villavicencio.....	13
<b>Figura 1-3.</b> Cambio de precipitación 2011-2040 vs. 1976-2005, Acacías-Villavicencio .....	14
<b>Figura 1-4.</b> Cambio de la temperatura media 2011-2040 vs. 1976-2005, Acacías-Villavicencio .....	15
<b>Figura 1-5.</b> Cambio de precipitación 2041-2070 vs. 1976-2005, Acacías-Villavicencio .....	16
<b>Figura 1-6.</b> Cambio de temperatura media 2041-2070 vs. 1976-2005, Acacías-Villavicencio .....	17
<b>Figura 1-7.</b> Cambio de precipitación 2071-2100 vs. 1976-2005, Acacías-Villavicencio .....	18
<b>Figura 1-8.</b> Cambio de temperatura media 2071-2100 vs. 1976-2005, Acacías-Villavicencio .....	19
<b>Figura 1-9.</b> Variación de precipitación por fenómeno de La Niña, Acacías-Villavicencio .....	20
<b>Figura 1-10.</b> Variación de temperatura por fenómeno de La Niña, Acacías-Villavicencio .....	21
<b>Figura 1-11.</b> Variación de la precipitación por fenómeno de El Niño, Acacías-Villavicencio ...	22
<b>Figura 1-12.</b> Variación de temperatura por fenómeno de El Niño, Acacías-Villavicencio.....	23
<b>Figura 1-13.</b> Escenario de precipitación 1976-2005, Cali-Yumbo .....	24
<b>Figura 1-14.</b> Escenario de temperatura media 1976-2005, Cali-Yumbo .....	25
<b>Figura 1-15.</b> Cambio de precipitación 2011-2040 vs. 1976-2005, Cali-Yumbo.....	26
<b>Figura 1-16.</b> Cambio de la temperatura media 2011-2040 vs. 1976-2005, Cali-Yumbo .....	27
<b>Figura 1-17.</b> Cambio de precipitación 2041-2070 vs. 1976-2005, Cali-Yumbo.....	28
<b>Figura 1-18.</b> Cambio de temperatura media 2041-2070 vs 1976-2005, Cali-Yumbo .....	29
<b>Figura 1-19.</b> Cambio de precipitación 2071-2100 vs. 1976-2005, Cali-Yumbo.....	30
<b>Figura 1-20.</b> Cambio de temperatura media 2071-2100 vs. 1976-2005, Cali-Yumbo .....	31
<b>Figura 1-21.</b> Variación de precipitación por fenómeno de La Niña, Cali-Yumbo.....	32
<b>Figura 1-22.</b> Variación de temperatura por fenómeno de La Niña, Cali-Yumbo.....	33
<b>Figura 1-23.</b> Variación de precipitación por fenómeno de El Niño, Cali-Yumbo .....	34
<b>Figura 1-24.</b> Variación de temperatura por fenómeno de El Niño, Cali-Yumbo .....	35

<b>Figura 1-25.</b> Cambio de precipitación 1976-2005, Girardota .....	36
<b>Figura 1-26.</b> Cambio de temperatura media 1976-2005, Girardota.....	37
<b>Figura 1-27.</b> Cambio de precipitación 2011-2040 vs. 1976-2005, Girardota .....	38
<b>Figura 1-28.</b> Cambio de la temperatura media 2011-2040 vs. 1976-2005, Girardota.....	39
<b>Figura 1-29.</b> Cambio de precipitación 2041-2070 vs. 1976-2005, Girardota .....	40
<b>Figura 1-30.</b> Cambio de temperatura media 2041-2070 vs. 1976-2005, Girardota .....	41
<b>Figura 1-31.</b> Cambio de precipitación 2071-2100 vs. 1976-2005, Girardota .....	42
<b>Figura 1-32.</b> Cambio de temperatura media 2071-2100 vs. 1976-2005, Girardota .....	43
<b>Figura 1-33.</b> Variación de precipitación por fenómeno de La Niña, Girardota.....	44
<b>Figura 1-34.</b> Variación de temperatura por fenómeno La Niña, Girardota .....	45
<b>Figura 1-35.</b> Variación de precipitación por fenómeno El Niño, Girardota.....	46
<b>Figura 1-36.</b> Variación de temperatura por fenómeno de El Niño, Girardota .....	47
<b>Figura 2-1</b> Esquema metodológico para la estimación y cálculo de las vulnerabilidades y riesgos del subsector de materiales de construcción en Colombia .....	48
<b>Figura 3-1</b> Amenaza por inundación área de estudio Acacias - Villavicencio .....	58
<b>Figura 3-2</b> Escenario prospectivo 2011 – 2040 amenaza por inundación. Aumento de precipitación, área de estudio Acacias - Villavicencio.....	59
<b>Figura 3-3</b> Amenaza por avenidas torrenciales área de estudio Acacias - Villavicencio .....	60
<b>Figura 3-4</b> Escenario prospectivo 2011 – 2040 amenaza por avenida torrencial. Aumento de precipitación, área de estudio Acacias – Villavicencio .....	61
<b>Figura 3-5.</b> Amenaza por fenómenos de remoción en masa área de estudio Acacias - Villavicencio.....	62
<b>Figura 3-6.</b> Escenario prospectivo 2011 – 2040 amenaza por remoción en masa. Aumento de precipitación, área de estudio Acacias - Villavicencio.....	63
<b>Figura 3-7.</b> Amenaza por olas de calor área de estudio Acacias - Villavicencio .....	64
<b>Figura 3-8</b> Escenario prospectivo 2011 – 2040 amenaza por olas de calor – aumento de temperatura, área de estudio Acacias - Villavicencio.....	65
<b>Figura 3-9.</b> Amenaza por sequía área de estudio Acacias - Villavicencio.....	66
<b>Figura 3-10.</b> Escenario prospectivo 2011 – 2040 amenaza por sequía. Disminución de precipitación, área de estudio Acacias - Villavicencio.....	67
<b>Figura 3-11.</b> Escenario prospectivo 2011 – 2040 amenaza por sequía – aumento de temperatura, área de estudio Acacias - Villavicencio.....	68
<b>Figura 3-12.</b> Amenaza por incendios forestales área de estudio Acacias - Villavicencio .....	69
<b>Figura 3-13.</b> Escenario prospectivo 2011 – 2040 amenaza por incendios forestales. Disminución de precipitación, área de estudio Acacias - Villavicencio .....	70
<b>Figura 3-14.</b> Escenario prospectivo 2011 – 2040 amenaza por incendios forestales. Aumento de temperatura, área de estudio Acacias - Villavicencio.....	71
<b>Figura 3-15.</b> Amenaza por inundación área de estudio Cali -Yumbo.....	95
<b>Figura 3-16.</b> Escenario prospectivo 2011-2040 amenaza por inundación. Aumento de precipitación, área de estudio Cali-Yumbo .....	96
<b>Figura 3-17.</b> Amenaza por avenidas torrenciales área de estudio Cali - Yumbo.....	97

<b>Figura 3-18.</b> Escenario prospectivo 2011-2040 amenaza por avenida torrencial. Aumento de precipitación, área de estudio Cali-Yumbo .....	98
<b>Figura 3-19.</b> Amenaza por remoción en masa área de estudio Cali -Yumbo .....	99
<b>Figura 3-20.</b> Escenario prospectivo 2011-2040 amenaza por remoción en masa. Aumento de precipitación, área de estudio Cali-Yumbo .....	100
<b>Figura 3-21.</b> Amenaza por olas de calor área de estudio Cali - Yumbo .....	101
<b>Figura 3-22.</b> Escenario prospectivo 2011-2040 amenaza por olas de calor. Aumento de temperatura, área de estudio Cali-Yumbo .....	102
<b>Figura 3-23.</b> Amenaza por sequía área de estudio Cali - Yumbo .....	103
<b>Figura 3-24.</b> Escenario prospectivo 2011-2040 amenaza por sequía. Aumento de temperatura, área de estudio Cali-Yumbo .....	104
<b>Figura 3-25.</b> Amenaza por incendios forestales área de estudio Cali -Yumbo.....	105
<b>Figura 3-26.</b> Escenario prospectivo 2011-2040 amenaza por incendios forestales. Aumento de temperatura, área de estudio Cali-Yumbo .....	106
<b>Figura 3-27</b> Amenaza por inundación área de estudio Girardota.....	132
<b>Figura 3-28.</b> Escenario prospectivo 2011-2040 amenaza por inundación. Aumento de precipitación, área de estudio Girardota .....	133
<b>Figura 3-29</b> Amenaza por avenida torrencial área de estudio Girardota .....	134
<b>Figura 3-30.</b> Escenario prospectivo 2011-2040 amenaza por avenida torrencial. Aumento de precipitación, área de estudio Girardota .....	135
<b>Figura 3-31.</b> Amenaza por remoción en masa área de estudio Girardota .....	136
<b>Figura 3-32.</b> Escenario prospectivo 2011-2040 amenaza por remoción en masa. Aumento de precipitación, área de estudio Girardota .....	137
<b>Figura 3-33.</b> Amenaza por olas de calor área de estudio Girardota .....	138
<b>Figura 3-34 .</b> Escenario prospectivo 2011-2040 amenaza por olas de calor. Aumento de temperatura, área de estudio Girardota .....	139
<b>Figura 3-35.</b> Amenaza por sequía área de estudio Girardota .....	140
<b>Figura 3-36.</b> Escenario prospectivo 2011-2040 amenaza por sequía. Aumento de temperatura, área de estudio Girardota .....	141
<b>Figura 3-37.</b> Amenaza por incendios forestales área de estudio Girardota.....	142
<b>Figura 3-38.</b> Escenario prospectivo amenaza por incendios forestales área de estudio Girardota .....	143

## LISTADO DE ANEXOS

**Anexo 2-1.** Matriz de amenazas Acacias - Villavicencio

**Anexo 2-2.** Matriz de amenazas Cali - Yumbo

**Anexo 2-3.** Matriz de amenazas Girardota

## 1. REVISIÓN DE LOS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO DEFINIDOS POR EL INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM), EN LA TERCERA COMUNICACIÓN NACIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO (TCNCC)

El efecto del cambio climático y la variabilidad climática se ve reflejado en variaciones de temperatura y precipitación, las cuales generan consecuencias en la dinámica hidrometeorológica y, a su vez, influyen en la susceptibilidad por eventos de tipo hidrometeorológicos que tienen la posibilidad de exacerbar o mostrar efectos adicionales. En un sentido prospectivo, las valoraciones de susceptibilidad o amenaza de un área de estudio se pueden modificar por las variaciones de temperatura y precipitación que se puedan presentar.

### 1.1 Ámbito nacional

El escenario de cambio climático establecido por el IDEAM<sup>1</sup> para 2040 evidencia que las principales zonas de aumento de temperatura corresponden a la región Caribe y Pacífica. De igual forma, los valles interandinos podrán verse afectados por aumentos en la temperatura media anual. La Orinoquia colombiana podrá presentar aumentos elevados de temperatura, comparado con el escenario actual.

Por su parte, la precipitación presenta dos tendencias diferenciales al año 2040. Se identifica un aumento gradual en territorios de la región Andina, mientras, regiones como Caribe y Amazonia evidencian reducción gradual en la precipitación.

Según lo anterior, el país podrá afectarse diferencialmente dependiendo del territorio y municipio evaluado bajo los escenarios de cambio climático y, en ese sentido, las operaciones mineras de materiales de construcción también podrán verse afectadas de manera diferencial. A continuación, se presenta una síntesis del comportamiento histórico de los subeventos de cambio climático y variabilidad climática que se abordan en este análisis de riesgos, de manera que sea posible dar una mirada a las situaciones que las operaciones mineras de materiales de construcción pueden enfrentar en el territorio nacional dados los cambios en la temperatura y la precipitación. La información se presenta por departamento de acuerdo con los datos que presenta el IDEAM en la TCNCC.

#### 1.1.1 Región Amazonía

Para la región Amazonia el escenario 2011 – 2040 prevé una reducción significativa en los regímenes pluviométricos que se considera como déficit. Teniendo en cuenta los datos históricos, los cuales presentan un régimen de precipitación entre 3.000 mm y 4.000 mm para el 81,7 % del área, una variación como la proyectada en este escenario repercutiría en la posible

---

<sup>1</sup> COLOMBIA. INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM. Tercera Comunicación Nacional de Colombia a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Bogotá: IDEAM, 2017.

disminución de eventos de origen hidrometeorológico (inundaciones, avenidas torrenciales, remoción en masa) y en la exacerbación de otros (sequías o incendios forestales).

En cuanto a la temperatura, en la comparación del escenario 2011-2040 vs. el periodo 1976-2005, la TCNCC estableció que habrá amento entre 0,81 °C y 1,0 °C en el 96 % de la región, lo que corresponde a una variación baja. No obstante, dados los registros históricos de temperaturas altas, entre 26,1 °C y 28 °C, un incremento de temperatura aumentaría la ocurrencia futura de ciertos eventos, tales como incendios forestales, sequías y olas de calor.

En cuanto a los subeventos que pueden afectarse por la disminución de la precipitación o el aumento de la temperatura, a continuación, se presenta una síntesis del comportamiento histórico en cada departamento de la región Amazonía.

De acuerdo al reporte histórico nacional de eventos asociados a fenómenos hidrometeorológicos, meteorológicos e hidrometeogeomorfológicos, desde 1946 Caquetá se ha visto afectado principalmente por eventos de inundación. En los últimos 30 años (1985 – 2015), se han registrado 102 eventos de inundación representando el 27% del total de eventos reportados en el departamento. Otros fenómenos y eventos registrados con menor frecuencia en los últimos 30 años, han sido incendios forestales (18%), deslizamientos (17%), y avenidas torrenciales (3%). En el año 2012 se reportaron 49 incendios forestales, el mayor número registrado en el departamento. Se observan incrementos en los registros de deslizamientos en 2014 y 2015, con 12 y 10 eventos registrados respectivamente<sup>2</sup>.

Igualmente, el departamento de Guainía se ha visto afectado principalmente por eventos de inundación. En el período 1973 – 2015, se han registrados 27 eventos de inundación representando el 63% del total de fenómenos reportados en este departamento. Otros fenómenos y eventos registrados con menor frecuencia en el período 1973 – 2015, han sido incendios forestales con 7 eventos, 6 registrados en el año 2013 y 1 en el año 2012<sup>3</sup>.

El departamento de Guaviare se ha visto afectado principalmente por eventos de inundación. Entre el período 1971 – 2015, se han registrados 35 eventos de inundación (eventos hidrometeorológicos) representando el 54% del total de fenómenos reportados en este departamento. Otros fenómenos registrados con menor frecuencia entre el período 1971 – 2015, han sido incendios forestales con 10 eventos, 9 de estos reportados entre 2012 y 2015<sup>4</sup>.

Desde 1970 Putumayo se ha visto afectado principalmente por eventos de inundación, y en 2017 por la más grande avenida torrencial conocida en la historia del departamento, fenómeno que afectó a la ciudad capital Mocoa, generando grandes pérdidas humanas, económicas y ecológicas. En los últimos 30 años (1985 – 2015), han sido registrados 205 eventos de

---

<sup>2</sup> *Ibíd.*, p. 123.

<sup>3</sup> *Ibíd.*, p. 172.

<sup>4</sup> *Ibíd.*, p. 179



inundación (hidrometeorológicos) representando el 57% del total de fenómenos reportados en este departamento. Durante este período, los 3 años en que se registraron mayores frecuencias en los eventos de inundación en el departamento, fueron los años 2012, 2013 y 2011, donde se reportaron 43, 35 y 18 eventos respectivamente. Otros fenómenos y eventos registrados con menor frecuencia en los últimos 30 años, han sido deslizamientos (17%) y avenidas torrenciales (2%). En el año 2014, se registraron 7 eventos de deslizamiento en el departamento<sup>5</sup>.

### 1.1.2 Región Andina

La comparación del escenario 2011-2040 vs. el periodo 1976-2005 reveló que, en el 52,3 % de la región Andina la precipitación tendrá una variación entre -9 % y 10 %; mientras, en el área restante, 28,1 %, se incrementará entre 11 % y 20 %, y en el 10,5 %, se aumentará entre 31 % y 40 %. En general, se espera un aumento significativo de las precipitaciones, el cual se categoriza como exceso.

Considerando los datos históricos, los cuales presentan un régimen de precipitación amplio en la zona, desde bajo hasta medio-alto, una variación como la proyectada repercutiría en el posible aumento de eventos de origen hidrometeorológico sensibles a las variaciones de precipitación (inundaciones, avenidas torrenciales y remoción en masa), y en la disminución de otros (sequías o incendios forestales).

Por otro lado, al contrastar el escenario 2011-2040 vs. el periodo 1976-2005, la TCNCC determinó que la temperatura media aumentará entre 0,51 °C y 0,8 °C en el 46,5 % de la región Andina, y entre los 0,81 °C y 1,0 °C en el 38,5 % del área, lo que corresponde a un nivel de variación bajo. No obstante, dado el amplio rango de temperaturas históricas, un incremento incidiría puntualmente en determinadas áreas con una mayor ocurrencia futura de ciertos eventos, tales como incendios forestales, sequías y olas de calor.

En cuanto a los subeventos que pueden afectarse por el aumento de la precipitación o el aumento de la temperatura, a continuación, se presenta una síntesis del comportamiento histórico en cada departamento de la región Andina.

De acuerdo al reporte histórico nacional de eventos asociados a fenómenos hidrometeorológicos, meteorológicos, hidrometeogeomorfológicos y meteopiroecológicos, en Norte de Santander, desde 1927 se han presentado principalmente eventos de inundación y deslizamientos. En los últimos 30 años (1985 – 2015), se han registrado 337 eventos de inundación y 292 eventos de deslizamiento representando respectivamente, el 36% y 31% del total de fenómenos reportados en este departamento. Otros fenómenos y eventos registrados con menor frecuencia en los últimos 30 años, han sido incendios forestales (16%) y avenidas torrenciales (3%). En cuanto a incendios forestales, se observan altas frecuencias en los años

---

<sup>5</sup> *Ibíd.*, p. 179

2001, 2003 y entre el período 2012 - 2015. Asimismo, los años con mayor frecuencia de avenidas torrenciales fueron 2010 y 2005, con 7 y 5 eventos reportados respectivamente<sup>6</sup>.

Desde 1932 Santander se ha visto afectado principalmente por eventos de inundación, deslizamientos e incendios forestales. En los últimos 30 años (1985 – 2015), se han registrado 832 eventos de inundación, 452 eventos de incendio forestal y 421 eventos de deslizamiento representando respectivamente, el 41%, 22% y 21% del total de fenómenos reportados en este departamento<sup>7</sup>.

En Boyacá, desde 1925 se han presentado principalmente eventos de deslizamiento, inundación e incendios forestales. En los últimos 30 años (1985 – 2015) se han registrado 451 eventos de deslizamiento, 438 eventos de inundación y 421 eventos de incendio forestal, representando respectivamente el 29%, 28% y 27% del total de fenómenos reportados en este departamento. Otros fenómenos y eventos registrados con menor frecuencia en los últimos 30 años, han sido avenidas torrenciales con el 4% y sequías con el 4%<sup>8</sup>.

De acuerdo al reporte histórico nacional de eventos asociados a fenómenos hidrometeorológicos, meteorológicos, hidrometeogeomorfológicos, meteopiroecológicos e hidroclimáticos, desde 1906 Antioquia ha sido afectada principalmente por eventos de deslizamiento e inundación. En los últimos 30 años (1985 – 2015), se han registrado 885 eventos de inundación y 679 eventos de deslizamiento, representando respectivamente el 41% y 31% del total de fenómenos registrados en este departamento. Otros fenómenos y eventos registrados con menor frecuencia en los últimos 30 años, han sido incendios forestales con 8% y avenidas torrenciales (3%). De los 180 incendios forestales registrados entre 1985-2015, alrededor de 150 incendios se presentaron entre 2012 y 2015<sup>9</sup>.

Desde 1922 el departamento de Caldas ha sido afectado principalmente por deslizamientos. En los últimos 30 años (1985 – 2015) se han registrado 432 eventos de deslizamiento representando el 53% del total de fenómenos reportadas en este departamento. Otros fenómenos reportados con menor frecuencia en los últimos 30 años han sido inundaciones con el 14%, incendios forestales con el 7% y avenidas torrenciales con el 2%<sup>10</sup>.

En el caso del departamento de Risaralda, desde 1922 se han presentado principalmente eventos de deslizamiento e inundaciones. En los últimos 30 años (1985 – 2015), se han registrado 385 eventos de deslizamiento y 231 eventos de inundación los que representa respectivamente, el 37% y 22% del total de fenómenos y eventos reportados para este departamento. Otros fenómenos registrados con menor frecuencia en los últimos 30 años son incendios forestales

---

<sup>6</sup> *Ibíd.*, p. 221

<sup>7</sup> *Ibíd.*, p. 256

<sup>8</sup> *Ibíd.*, p. 109

<sup>9</sup> *Ibíd.*, p. 74

<sup>10</sup> *Ibíd.*, p. 116

(7%). Los años con mayor frecuencia de incendios forestales fueron 2014, 2013 y 2012, con reporte de 30, 16 y 14 eventos respectivamente<sup>11</sup>.

Desde 1922 Quindío se ha visto afectado principalmente por deslizamientos e inundaciones. En los últimos 30 años (1985 – 2015), se han registrado 223 eventos de deslizamiento y 153 inundaciones, lo que representa respectivamente el 32% y 22% del total de fenómenos y eventos reportados en este departamento. Otros fenómenos y eventos reportados con menor frecuencia en los últimos 30 años, han sido incendios forestales (7%) y avenidas torrenciales (2%). Los años con mayor frecuencia de incendios forestales fueron 2012 y 2013, con 19 y 10 eventos reportados respectivamente<sup>12</sup>.

En Cundinamarca, de acuerdo al reporte histórico nacional de eventos asociados a fenómenos hidrometeorológicos, meteorológicos, hidrometeogeomorfológicos y meteopiroecológicos, se han presentado desde 1921, principalmente eventos de inundación, incendios forestales y deslizamientos. En los últimos 30 años (1985 – 2015) se han registrado 834 eventos de incendio forestal, 700 eventos de inundación y 472 eventos de deslizamiento, esto representa respectivamente el 35%, 30% y 20% del total de fenómenos reportados para el departamento<sup>13</sup>.

Desde 1922 Tolima se ha visto afectado principalmente por eventos de inundación, deslizamientos e incendios forestales. En los últimos 30 años (1985 – 2015), han sido registrados 568 eventos de inundación, 388 eventos de deslizamiento y 353 eventos de incendio forestal, representando respectivamente, el 35%, 24% y 22% del total de fenómenos reportados en este departamento. Otros fenómenos registrados con menor frecuencia en los últimos 30 años, han sido avenidas torrenciales (2%)<sup>14</sup>.

Desde 1924 Cauca se ha visto afectado principalmente por eventos de inundación y deslizamientos. En los últimos 30 años (1985 – 2015), se han registrado 446 eventos de inundación y 395 eventos de deslizamiento representando respectivamente, el 29% y 26% del total de fenómenos reportados en este departamento. Otros fenómenos registrados con menor frecuencia en los últimos 30 años, han sido incendios forestales con el 7%, sequías con el 3% y avenidas torrenciales con el 2%. Las mayores frecuencias en incendios forestales se han registrado en 2012 (32 eventos) y 2001 (22 eventos). Igualmente, en sequía los registros más numerosos se han presentado en 2001 (15 eventos) y 2014 (11 eventos)<sup>15</sup>.

Desde 1921 Valle del Cauca se ha visto afectado principalmente por eventos de inundación y deslizamientos. En los últimos 30 años (1985 – 2015) se han registrado 982 eventos de inundación y 467 eventos de deslizamiento representando respectivamente, el 44% y 21% del total de fenómenos reportados para este departamento. Otros fenómenos y eventos registrados

---

<sup>11</sup> *Ibíd.*, p. 242

<sup>12</sup> *Ibíd.*, p. 235

<sup>13</sup> *Ibíd.*, p. 165

<sup>14</sup> *Ibíd.*, p. 270

<sup>15</sup> *Ibíd.*, p. 137

con menor frecuencia en los últimos 30 años, han sido incendios forestales con el 14%, avenidas torrenciales con el 3% y lluvias (3%). Los años con mayor frecuencia de incendios forestales fueron 2001, 2012 y 2013, con 85, 69 y 47 eventos reportados respectivamente<sup>16</sup>.

El departamento de Huila, desde 1932, se ha visto afectado principalmente por eventos de inundación, deslizamiento e incendios forestales. En los últimos 30 años (1985 – 2015), han sido registrados 387 eventos de inundación, 375 eventos de incendio forestal y 327 eventos de deslizamiento representando respectivamente, el 30%, 29% y 25% del total de fenómenos reportados en este departamento. Otros fenómenos registrados con menor frecuencia en los últimos 30 años, han sido avenidas torrenciales con el 4%; la mayor frecuencia de avenidas torrenciales registradas en un año ha sido de 5 eventos en los años 1994, 1999, 2005 y 2012<sup>17</sup>.

Desde 1935 Nariño se ha visto afectado principalmente por eventos de deslizamiento e inundación. En los últimos 30 años (1985 – 2015), se han registrado 695 eventos de deslizamiento y 427 eventos de inundación lo que representa respectivamente, el 48% y 30% del total de fenómenos reportados en este departamento. Otros fenómenos y eventos registrados con menor frecuencia en los últimos 30 años, han sido incendios forestales (9%), se observan altas frecuencias en los años 2012, 2013, 2015 y 2001, con 42, 22, 19 y 18 eventos registrados, respectivamente<sup>18</sup>.

### 1.1.3 Región Caribe

El escenario de cambio en el periodo 2011-2040 vs. 1976-2005 mostró que, en el 41,2 % de la región Caribe, la precipitación variará entre -9 % a 10 %; mientras, en el 29,1 % se reducirá entre -19 % y -10 %, y en el 21,5 % del área, disminuirá entre el -29 % y el -20 %. En general, se espera una reducción significativa de las precipitaciones, la cual se categoriza como déficit.

Teniendo en cuenta los datos históricos, los cuales presentaron un régimen de precipitación entre los 1.000 mm y 2.500 mm para el 66 % del área, una variación como la proyectada en este escenario repercutiría en la posible disminución de eventos de origen hidrometeorológico (inundaciones, avenidas torrenciales, remoción en masa), y en la exacerbación de otros como sequías o incendios forestales.

En cuanto a la temperatura media la TCNCC determinó que aumentará entre 1,01 °C y 1,2 °C en el 60,9 % de la región, lo que corresponde a una variación alta. Adicionalmente, dados los registros históricos de temperaturas altas, entre 27,1 °C y 28 °C, un incremento de temperatura incidiría en una mayor ocurrencia futura de eventos, tales como incendios forestales, sequías y olas de calor.

---

<sup>16</sup> Ibid., p. 277

<sup>17</sup> Ibid., p. 186

<sup>18</sup> Ibid., p. 217

A continuación, se presenta una síntesis del comportamiento histórico en cada departamento de la región Caribe, de los subeventos que pueden afectarse por la disminución de la precipitación o el aumento de la temperatura.

En La Guajira, de acuerdo al reporte histórico nacional de eventos asociados a fenómenos hidrometeorológicos, meteorológicos, hidrometeogeomorfológicos, meteopiroecológicos e hidroclimáticos, desde 1939 se han reportado principalmente eventos de inundación. En los últimos 30 años (1985 – 2015), se han registrado 229 eventos de inundación lo que representa el 59% del total de fenómenos y eventos reportados en este departamento. Otros fenómenos y eventos registrados con menor frecuencia en los últimos 30 años, han sido incendios forestales con el 6%, sequías con el 2% y deslizamientos con el 2%. En cuanto a incendios forestales, se observan altas frecuencias en 2012 y 2013, con 12 y 7 eventos registrados, respectivamente<sup>19</sup>.

El departamento del Cesar desde 1939 se ha visto afectado principalmente por eventos de inundación. En los últimos 30 años (1985 – 2015), se han registrado 474 inundaciones que corresponden al 55% del total de fenómenos reportados para este departamento. Otros fenómenos registrados con menor frecuencia en los últimos 30 años, han sido incendios forestales (13%) y deslizamientos (4%). En cuanto a incendios forestales, se observan altas frecuencias en 2013 y 2014, con 40 y 32 eventos registrados, respectivamente<sup>20</sup>.

Desde 1935 Magdalena se ha visto afectado principalmente por eventos de inundación. En los últimos 30 años (1985 – 2015), han sido registrados 523 eventos representando el 62% del total de fenómenos reportados en este departamento. Otros fenómenos y eventos reportados en los últimos 30 años, son incendios forestales (10%), lluvias (3%), deslizamientos (2%) y sequías (2%). Se observan incrementos en los registros de incendios forestales entre 2012 y 2015, para el 2013 y 2014 se reportaron 30 y 21 eventos, respectivamente. En el año 2005 se registró el mayor número<sup>21</sup>.

Atlántico, desde 1929, se ha visto afectado principalmente por eventos de inundación. En los últimos 30 años (1985 – 2015), se han registrado 448 inundaciones que corresponden al 54% del total de fenómenos reportados para este departamento. Otros fenómenos registrados con menor frecuencia en los últimos 30 años, han sido deslizamientos con el 6%, incendios forestales con el 4%, y lluvias con el 2%. Durante los años 2010 y 2011, se presentaron las mayores frecuencias en los eventos de deslizamiento en el departamento, con 16 y 10 registros respectivamente<sup>22</sup>.

Bolivar, de acuerdo al reporte histórico nacional de eventos asociados a fenómenos hidrometeorológicos, meteorológicos, hidrometeogeomorfológicos e hidroclimáticos, se ha visto afectado desde 1932 principalmente por eventos de inundación. En los últimos 30 años (1985

---

<sup>19</sup> *Ibíd.*, p. 193

<sup>20</sup> *Ibíd.*, p. 144

<sup>21</sup> *Ibíd.*, p. 200

<sup>22</sup> *Ibíd.*, p. 88



– 2015) se han registrado 747 eventos de inundación representando el 70% del total de fenómenos reportados en el departamento. Otros fenómenos registrados con menor frecuencia en los últimos 30 años, han sido deslizamientos con el 8%<sup>23</sup>.

Desde 1940 Sucre se ha afectado principalmente por eventos de inundación. En los últimos 30 años (1985 – 2015), se han registrado 407 eventos lo que representa el 63% del total de fenómenos reportados. Entre otros fenómenos y eventos registrados con menor frecuencia en los últimos 30 años, se encuentran las sequías con 10 y 8 eventos reportados durante el período 1985 – 2015, representando cada uno menos del 2% del total de eventos del departamento<sup>24</sup>.

El departamento de Córdoba desde 1938 ha sufrido afectaciones principalmente por eventos de inundación. En los últimos 30 años (1985 – 2015), se han registrado 675 eventos lo que corresponde al 74% del total de eventos registrados para el departamento. Otros fenómenos reportados con menor frecuencia en los últimos 30 años, han sido incendios forestales con el 3% y sequías con el 2%. Con registros desde 2012, la más alta frecuencia de incendios forestales se presentó en 2014, con 12 eventos<sup>25</sup>.

#### 1.1.4 Región Llanos

El escenario 2011-2040 vs. el periodo 1976-2005 mostró que, en el 86,3 % de la región Llanos, la precipitación variará entre -9 % a 10 %; mientras, en el 12,2% se reducirá entre -19 % y -10 %. En general, se espera una tendencia neutra en la mayor extensión de la región, con una reducción de las precipitaciones categorizada como déficit en una zona puntual.

Teniendo en cuenta los datos históricos que presentaron un régimen de precipitación entre 2.000 mm y 4.000 mm para el área, una variación como la proyectada en este escenario repercutiría en zonas concretas con la posible disminución de eventos de origen hidrometeorológico (inundaciones, avenidas torrenciales y remoción en masa), y en la exacerbación de otros (sequías o incendios forestales).

En cuanto a la temperatura media, la TCNCC precisó que aumentará entre 0,81 °C y 1,0 °C en el 87,4 % de la región, lo que corresponde a una variación baja. Adicionalmente, dados los registros históricos de las temperaturas altas, entre 26 °C y 28 °C, un incremento de temperatura leve incidiría en una mayor ocurrencia futura de eventos, tales como incendios forestales, sequías y olas de calor.

A continuación, se presenta una síntesis del comportamiento histórico en cada departamento de la región Llanos, de los subeventos analizados en esta consultoría que pueden afectarse por la disminución de la precipitación o el aumento de la temperatura.

---

<sup>23</sup> *Ibid.*, p. 102

<sup>24</sup> *Ibid.*, p. 263

<sup>25</sup> *Ibid.*, p. 158

Desde 1938, Arauca se ha visto afectado principalmente por eventos de inundación. En los últimos 30 años (1985 – 2015), se han registrado 193 eventos lo que representa el 71% del total de fenómenos reportados en este departamento. Otros fenómenos que se han registrado con menor frecuencia en los últimos 30 años, han sido incendios forestales con el 16% y sequías con el 2%. En el año 2013 se reportaron 31 incendios forestales en el departamento<sup>26</sup>.

De acuerdo al reporte histórico nacional de eventos asociados a fenómenos hidrometeorológicos, meteorológicos, hidrometeogeomorfológicos, e hidroclimáticos, desde 1938 Casanare se ha visto afectado principalmente por eventos de inundación e incendios forestales. En los últimos 30 años (1985 – 2015), se han registrado 377 eventos de inundación y 282 incendios forestales, esto representa, respectivamente, el 48% y 36% del total de eventos reportados. Otros fenómenos registrados con menor frecuencia en los últimos 30 años, han sido deslizamientos (6%)<sup>27</sup>.

El departamento de Vichada se ha visto afectado principalmente por eventos de inundación e incendios forestales. Entre el período 1971 – 2015, se han registrado 46 inundaciones y 14 incendios forestales, lo que representa, respectivamente, el 67% y 20% del total de fenómenos y eventos reportados en este departamento<sup>28</sup>.

Desde 1938 Meta se ha visto afectado principalmente por eventos de inundación. En los últimos 30 años (1985 – 2015), se han registrado 429 inundaciones, lo que representa el 63% del total de fenómenos y eventos que han ocurrido en este departamento. Otros fenómenos registrados con menor frecuencia en los últimos 30 años, han sido deslizamientos con el 13% e incendios forestales con el 9%. En cuanto a incendios forestales, se observan altas frecuencias en los años 2014, 2012 y 2013, con 15, 15 y 14 eventos registrados, respectivamente<sup>29</sup>.

Los departamentos de Guaviare y Guainía cuentan con área compartida en las regiones Amazonía y Llanos, en ese sentido, su análisis se presenta en el ítem de la región Amazonía (numeral 1.1.1).

### 1.1.5 Región pacífica

Para el caso del escenario 2011-2040 vs. el periodo 1976-2005, la TCNCC definió que en el 84,6 % de la región Pacífica, la precipitación variará entre -9 % a 10 %; mientras, en el área restante (14,9 %) se incrementará entre 11 % y 20 %. En general, se espera una tendencia neutra, con aumento de precipitaciones en zonas específicas, lo cual se considera como exceso. Teniendo en cuenta los datos históricos con amplios rangos de precipitación, una variación como la proyectada en este escenario incidiría en ciertas zonas en la tendencia al incremento de eventos

---

<sup>26</sup> *Ibíd.*, p. 81

<sup>27</sup> *Ibíd.*, p. 130

<sup>28</sup> *Ibíd.*, p. 291

<sup>29</sup> *Ibíd.*, p. 207

de origen hidrometeorológico como las inundaciones, las avenidas torrenciales y la remoción en masa.

En cuanto a la temperatura media, esta aumentará entre 1,01 °C y 1,2 °C en el 66,7 % de la región, lo que corresponde a una variación media. No obstante, dados los registros históricos de temperaturas altas con valores hasta de 28 °C, un incremento de temperatura incidirá en una mayor ocurrencia futura de eventos, tales como incendios forestales, sequías y olas de calor.

A continuación, se presenta una síntesis del comportamiento histórico en el departamento del Chocó, de los subeventos analizados en esta consultoría que pueden afectarse por aumentos de la precipitación o la temperatura. Los departamentos Valle del Cauca, Cauca y Nariño cuentan con área compartida en las regiones Andina y Pacífica, en ese sentido, su análisis se presenta en el ítem de la región Andina (numeral 1.1.2 ).

De acuerdo al reporte histórico nacional de eventos asociados a fenómenos hidrometeorológicos, meteorológicos, hidrometeogeomorfológicos, meteomarineros e hidroclimáticos, desde 1935 el departamento del Chocó se ha visto afectado principalmente por eventos de inundación. En los últimos 30 años (1985 – 2015), se han registrado 585 eventos de inundación lo que representa el 60% del total de eventos reportados para el departamento. Otros fenómenos y eventos reportados con menor frecuencia en los últimos 30 años, han sido los deslizamientos con el 14% y cuyos registros han aumentado desde 2006, con al menos 10 eventos por año, excepto para los años 2007 y 2012, que reportaron solo 3 eventos. Otro evento que se reporta con menor frecuencia es la sequía con 8 eventos reportados<sup>30</sup>.

## 1.2 Áreas priorizadas para el análisis de riesgo

Los escenarios de cambio climático para la precipitación y temperatura generados para Colombia por el IDEAM y recogidos en la TCNCC, se constituyen como modificadores indispensables que se deben incorporar en los análisis de riesgos climáticos. Así, para el análisis objeto de la presente consultoría, se sigue un proceso cualitativo cuyo punto de inicio es la reclasificación de los valores oficiales del IDEAM en tres categorías. Para el caso de la temperatura los rangos son bajo, medio y alto, y para la precipitación se definen los rangos déficit, normal y exceso, como se muestra en la tabla 1-1:

---

<sup>30</sup> Ibid., p. 151

Tabla 1-1. Categorización de los cambios en la temperatura y precipitación

Temperatura			Precipitación		
Categoría	Escala de color	Diferencia de la temperatura media (°C)	Categoría	Escala de color	Diferencia de la precipitación media (%)
Bajo		0,0-1,0	Déficit		≤ -11
Medio		1,1-1,5	Normal		-10 a 10
Alto		1,51-3,9	Exceso		≥ 11

Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2017.

A continuación, se presenta las proyecciones de precipitación y temperatura de los escenarios de la TCNCC para las áreas priorizadas en este estudio, teniendo en cuenta la reclasificación mencionada previamente. Estas proyecciones serán utilizadas en el análisis de riesgo, para generar los escenarios prospectivos de amenaza.

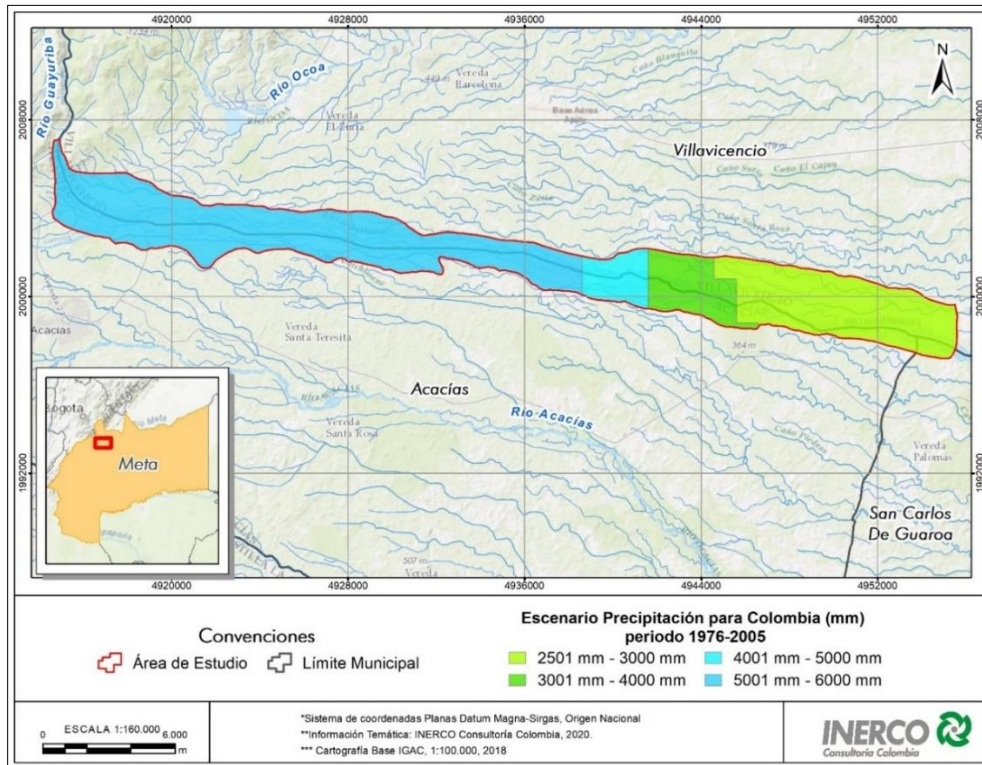
## 1.2.1 Acacías – Villavicencio

### 1.2.1.1 Proyecciones de temperatura y precipitación para el área

#### 1.2.1.1.1 Periodo 1976 - 2005

De acuerdo con el análisis histórico de la precipitación, durante el periodo 1976-2005, en el 55 % del área de estudio, Acacías-Villavicencio, se registraron precipitaciones anuales entre 5.000 mm y 6.000 mm; seguido, en el 30 % del área, por valores que están entre 2.501 mm a 3.000 mm y, finalmente, en el 9 % y 6 % del área restante, se registraron valores entre 3.001 mm y 4.000 mm, y entre 4.001 mm y 5.000 mm, respectivamente.

Figura 1-1. Escenario de precipitación 1976-2005, Acacías-Villavicencio



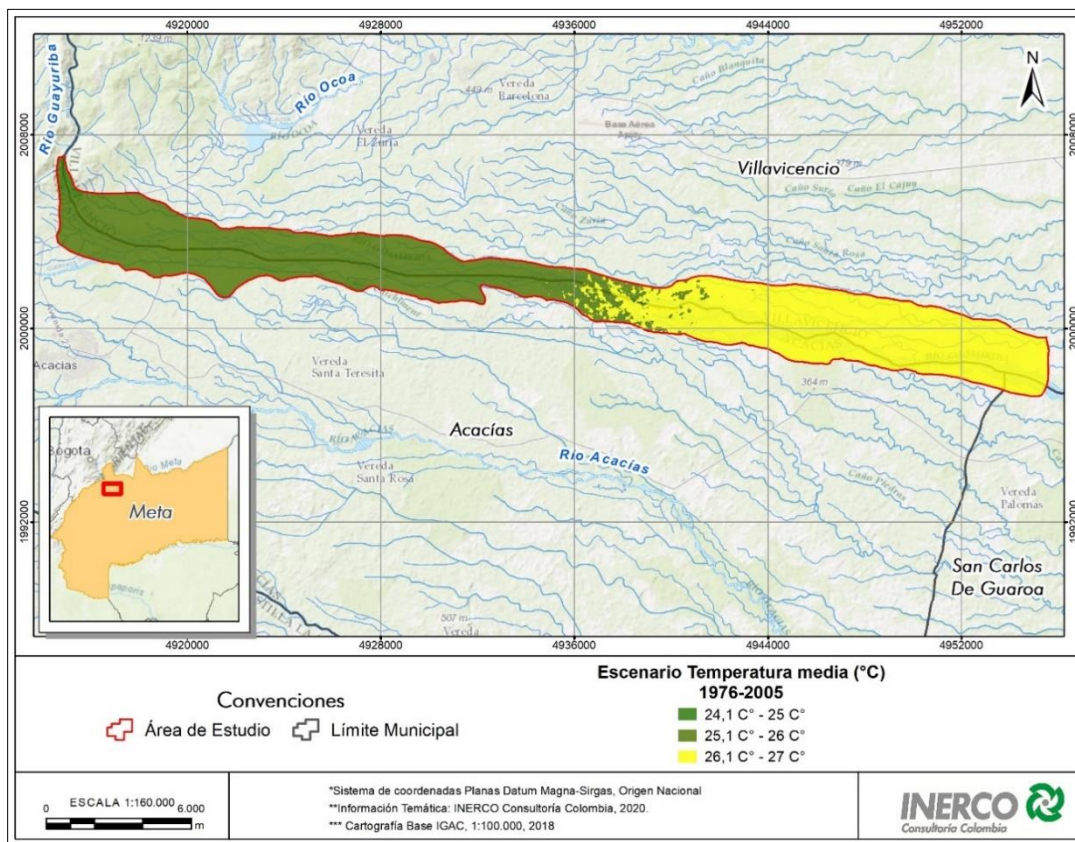
Fuente: IDEAM<sup>31</sup>. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

En el caso de la temperatura media para el periodo 1976-2005, la TCNCC estableció que los valores registrados estaban comprendidos entre 25,1 °C y 26 °C para el 51,89 % del área de estudio; mientras, para el área restante (47,4 %), los valores estaban entre 26,1 °C y 27 °C, lo que corresponde a temperaturas medias altas.

<sup>31</sup> COLOMBIA. INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM. Tercera Comunicación Nacional de Colombia a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Bogotá: IDEAM, 2017.



Figura 1-2. Escenario de temperatura media 1976-2005, Acacías-Villavicencio



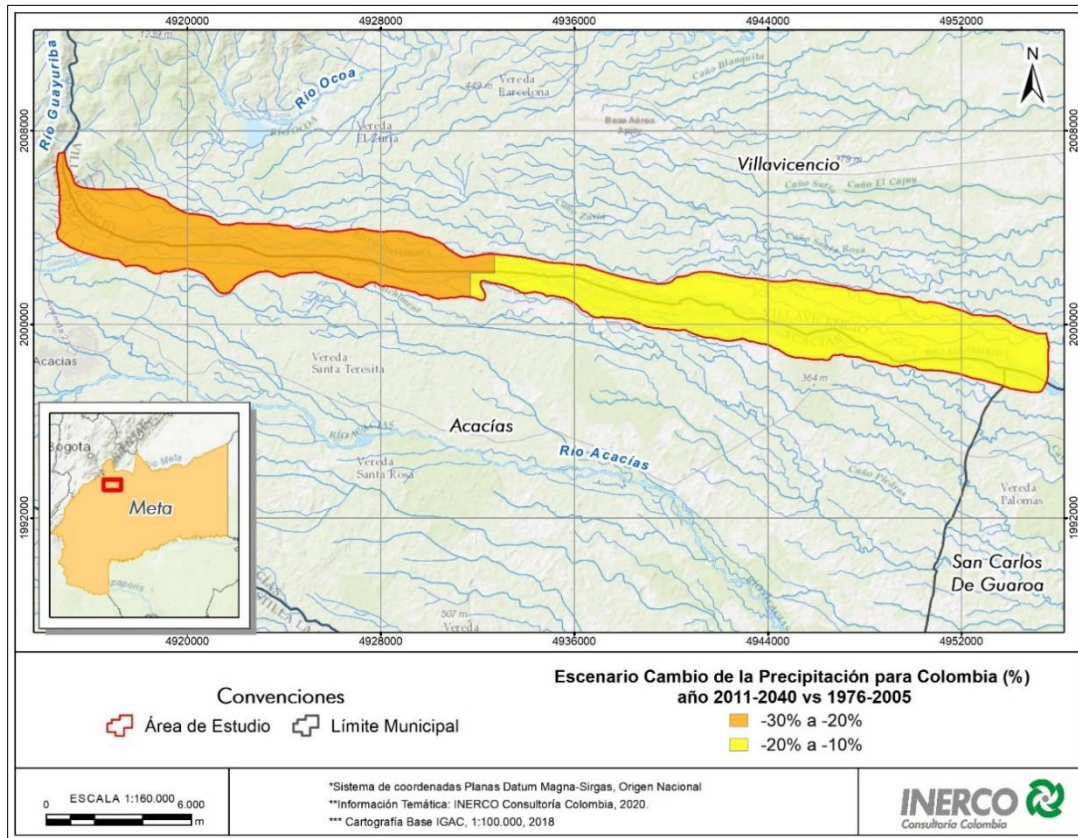
Fuente: IDEAM. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

### 1.2.1.1.2 Escenario 2011 - 2040

El escenario 2011-2040 vs. el periodo 1976-2005 mostró que, en el 57 % del área de estudio Acacías-Villavicencio, la precipitación disminuirá entre -20 % y -10 %; mientras, el área restante (43 %) tendría una reducción de la precipitación entre -30 % y -20 %. En general, se espera una reducción significativa en los regímenes pluviométricos, que se considera como déficit.

Teniendo en cuenta los datos históricos, los cuales presentaron un régimen de precipitación alto para la zona de estudio, entre los 5.000 mm y 6.000 mm, para el 55 % del área de estudio, una variación como la proyectada en este escenario repercutiría en la posible disminución de eventos de origen hidrometeorológico (inundaciones, las avenidas torrenciales, la remoción en masa), y la exacerbación de otros (sequías o incendios forestales).

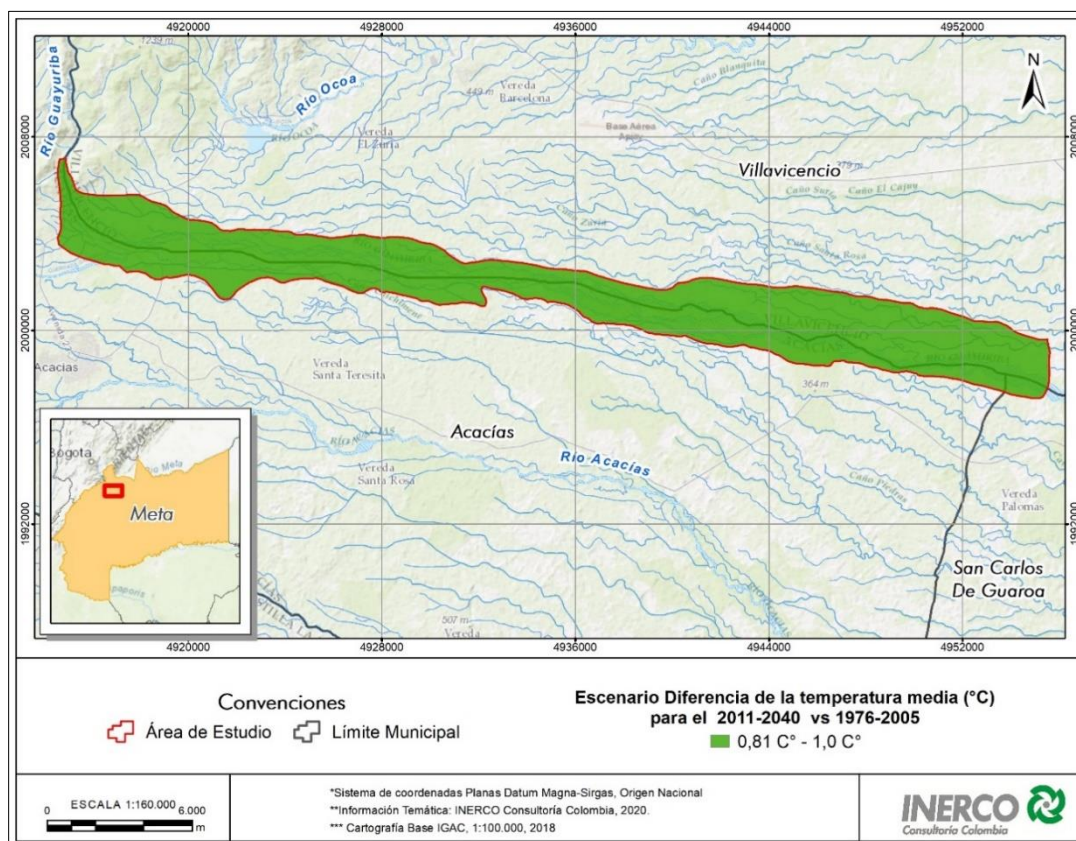
Figura 1-3. Cambio de precipitación 2011-2040 vs. 1976-2005, Acacías-Villavicencio



Fuente: IDEAM. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

Para el caso del escenario 2011-2040 vs. el periodo 1976-2005, la TCNCC estableció que la temperatura media aumentará entre 0,81 °C y 1,0 °C en el 100 % del área objeto de este análisis de riesgo, lo que corresponde a una variación baja. No obstante, dados los registros de temperaturas históricas altas, entre 26,1 °C y 27 °C, un incremento de la temperatura incidiría en una mayor ocurrencia futura de eventos, tales como incendios forestales, sequías y olas de calor.

Figura 1-4. Cambio de la temperatura media 2011-2040 vs. 1976-2005, Acacías-Villavicencio



Fuente: IDEAM. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

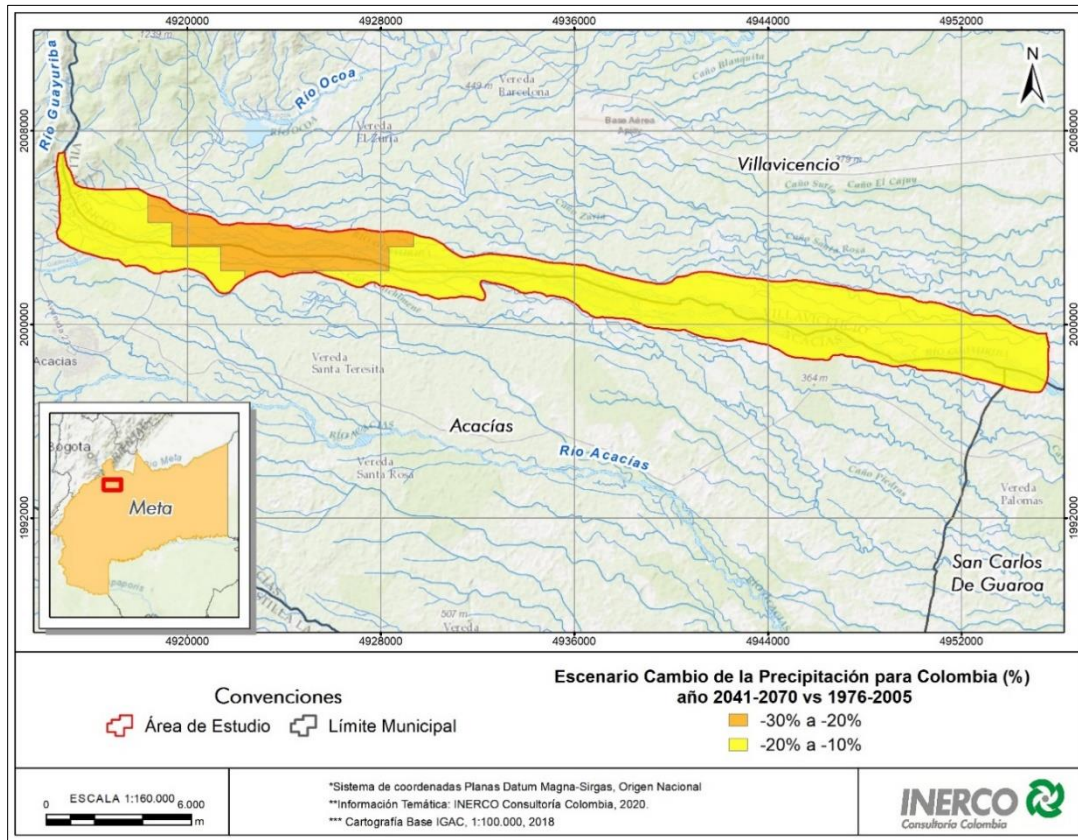
### 1.2.1.1.3 Escenario 2041 - 2070

El escenario 2041-2070 vs. el periodo 1976-2005 mostró que en el 82,35 % del área de estudio Acacías-Villavicencio, la precipitación disminuirá entre -20 % y -10 %; mientras, en el área restante (17,65 %) se esperaría una reducción de la precipitación entre -30 % y -20 %. En general, la variación en este escenario corresponde a los mayores niveles de reducción del régimen pluviométrico, lo que se considera como déficit.

Teniendo en cuenta los datos históricos, los cuales presentan un régimen de precipitación alto para la zona de estudio, entre los 5.000 mm y 6.000 mm para el 55 % del área, una variación como la proyectada en este escenario ratificaría las conclusiones respecto al escenario 2011-2040 en cuanto a las repercusiones a mediano plazo de la disminución de eventos de origen hidrometeorológico como las inundaciones, avenidas torrenciales, remoción en masa, y exacerbación de otras como sequías o incendios forestales.



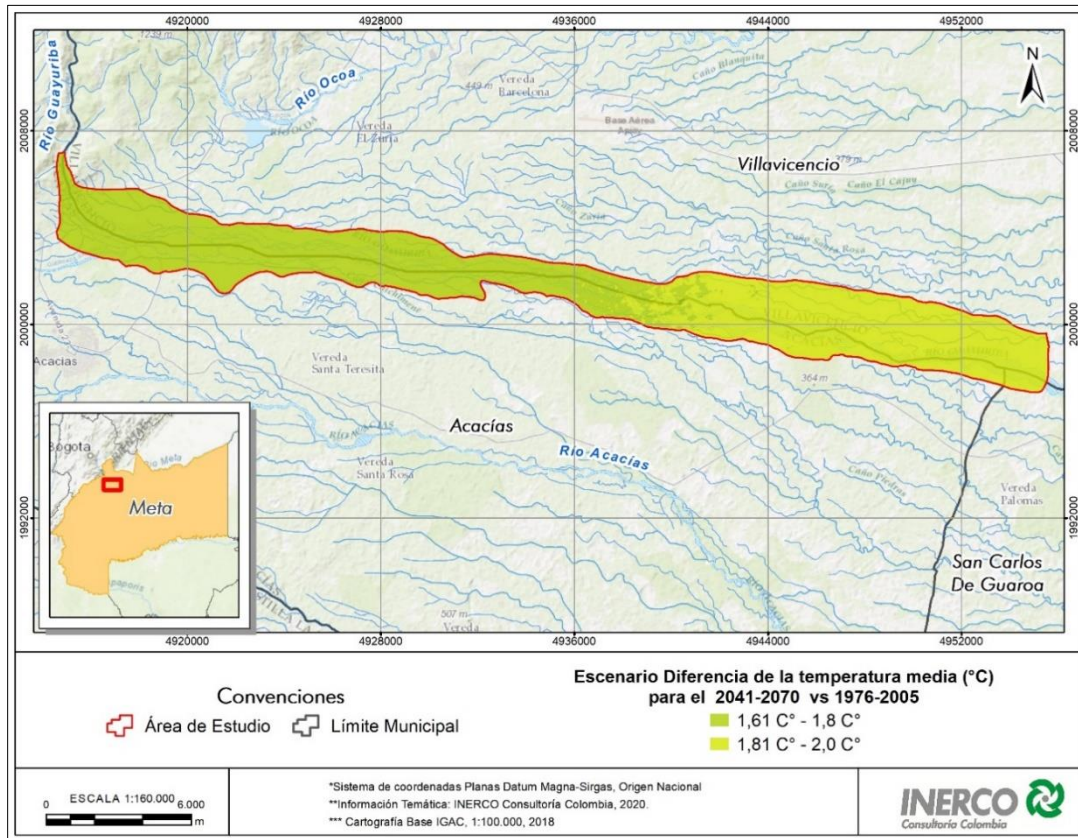
Figura 1-5. Cambio de precipitación 2041-2070 vs. 1976-2005, Acacías-Villavicencio



Fuente: IDEAM, Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

Para el caso del escenario 2041-2070 vs. el periodo 1976-2005, se estableció que la temperatura media aumentará entre 1,6 °C a 1,8 °C para el 55,82 % del área objeto del presente análisis de riesgo; mientras, en el área restante (44,18 %) variaría entre 1,81 °C a 2,0 °C, lo que corresponden a variaciones altas. Teniendo en cuenta los registros históricos de temperaturas altas, entre 26,1 °C y 27 °C, un incremento de temperatura incidiría en la mayor ocurrencia futura de eventos, tales como incendios forestales, sequías y olas de calor.

Figura 1-6. Cambio de temperatura media 2041-2070 vs. 1976-2005, Acacías-Villavicencio



Fuente: IDEAM. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

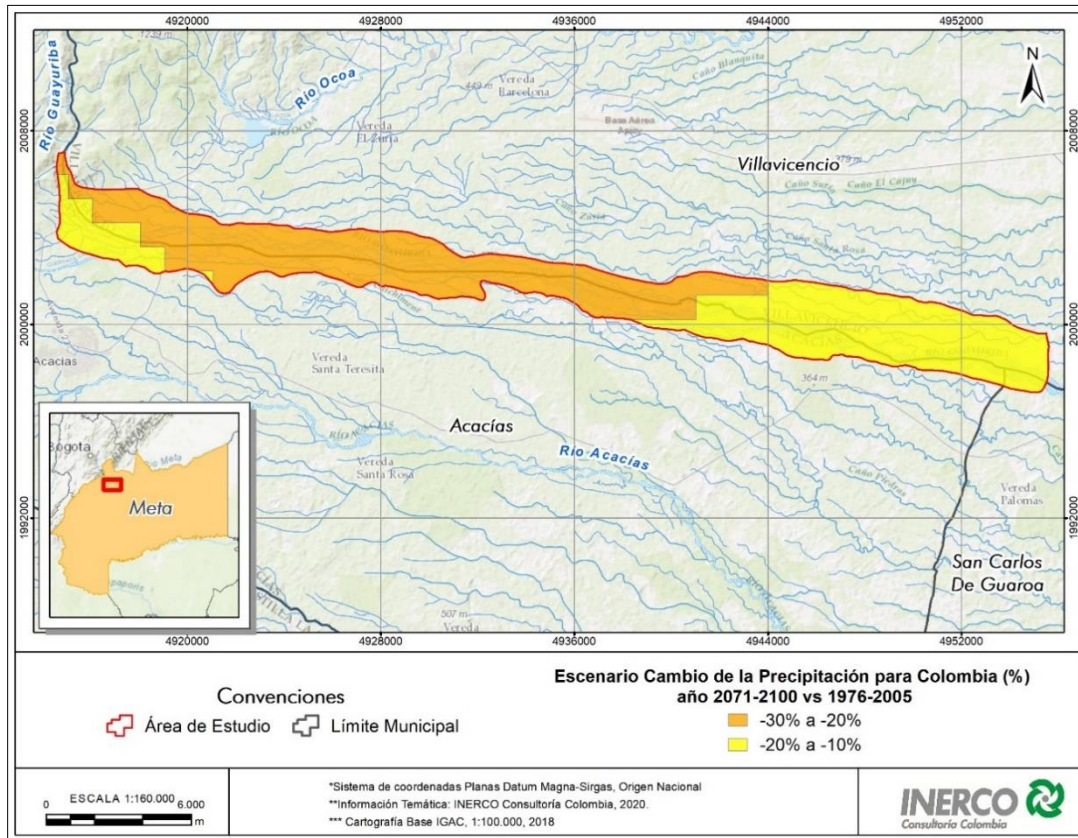
#### 1.2.1.1.4 Escenario 2071 - 2100

En el escenario 2071-2100 vs. el periodo 1976-2005, la TCNCC del IDEAM mostró que en el 51,55 % del área de estudio, Acacías-Villavicencio, la precipitación disminuirá entre -30 % y -20 %; mientras, en el área restante (48,45 %) se esperaría una reducción entre -20 % y -10 %. En general, la variación en este escenario corresponde a niveles altos de reducción del régimen pluviométrico, que se categorizan como déficit.

Teniendo en cuenta los datos históricos, los cuales presentan un régimen de precipitación alto para la zona de estudio, entre los 5.000 mm y 6.000 mm para el 55 % del área de estudio, una variación como la proyectada en este escenario ratificaría las conclusiones respecto a los escenarios 2011-2040 y 2041-2070 en cuanto a las repercusiones a largo plazo en la disminución de eventos de origen hidrometeorológico como las inundaciones, avenidas torrenciales, remoción en masa, y exacerbación de otras como sequías o incendios forestales.



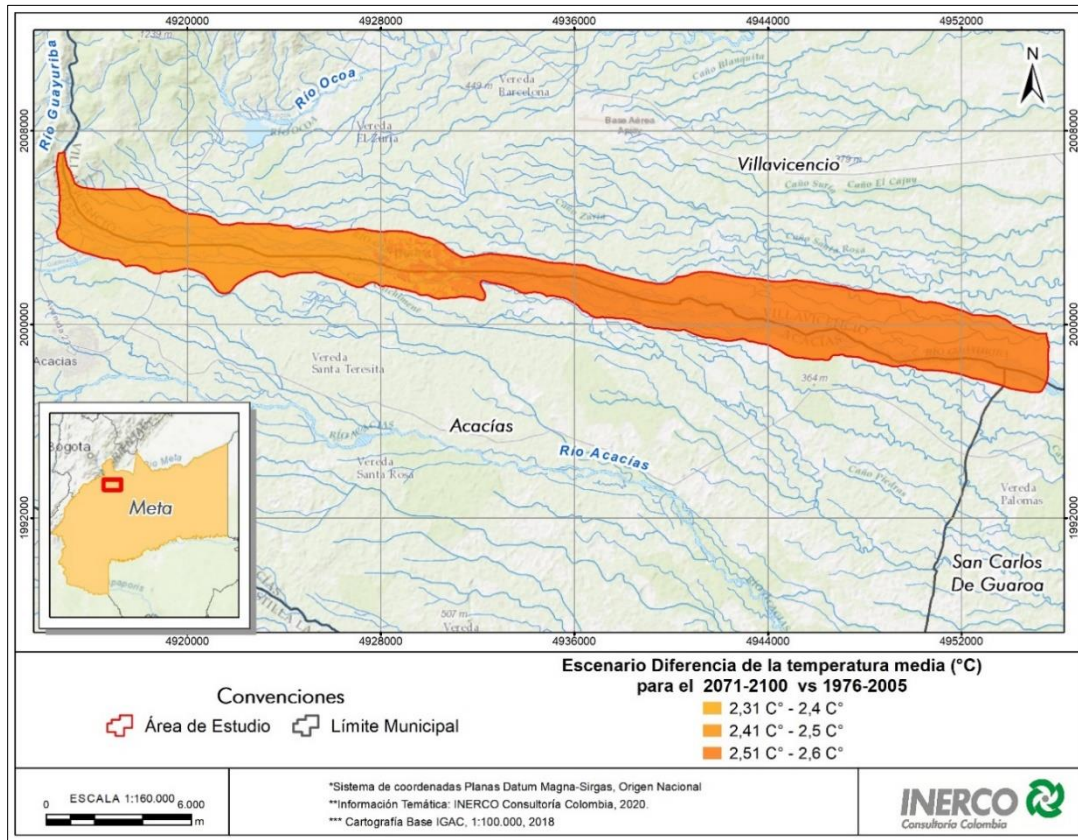
Figura 1-7. Cambio de precipitación 2071-2100 vs. 1976-2005, Acacías-Villavicencio



Fuente: IDEAM. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

Para el escenario 2071-2100 vs. el periodo 1976-2005, la TCNCC estableció que la temperatura media aumentará entre 2,41 °C a 2,5 °C en un 61,20 % del área objeto de este análisis de riesgo; mientras, el área restante (38,75 %) experimentaría una variación de temperatura entre 2,31 °C y 2,4 °C, lo que corresponde a variaciones altas. Teniendo en cuenta los registros históricos de temperaturas, entre 26,1 °C y 27 °C, un incremento de temperatura incidiría en una mayor ocurrencia futura de eventos, tales como incendios forestales, sequías y olas de calor.

Figura 1-8. Cambio de temperatura media 2071-2100 vs. 1976-2005, Acacías-Villavicencio



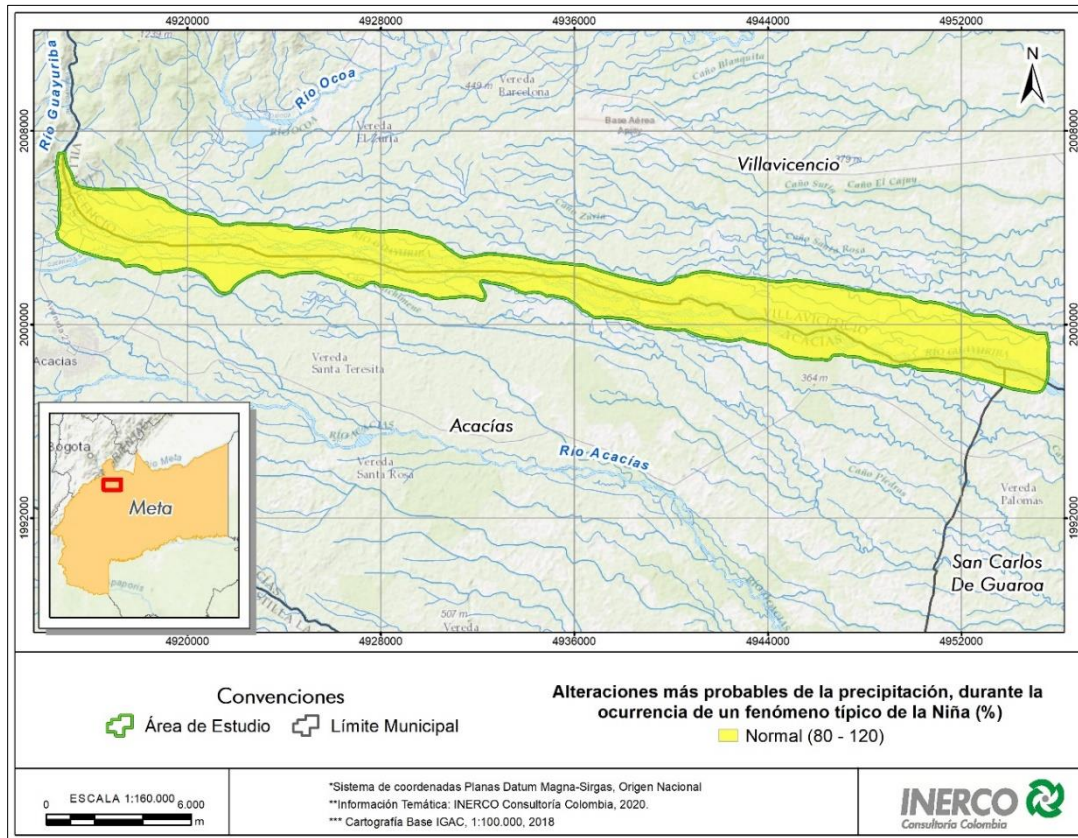
Fuente: IDEAM. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

### 1.2.1.2 Fenómenos de variabilidad climática

#### 1.2.1.2.1 Fenómeno de La Niña

Ante un escenario de un fenómeno típico de La Niña, en el área de Acacías-Villavicencio, la probable alteración de la precipitación se ubicaría en un intervalo normal, entre 80 % y 120 %, lo cual no modifica significativamente las tendencias actuales de ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos.

Figura 1-9. Variación de precipitación por fenómeno de La Niña, Acacías-Villavicencio



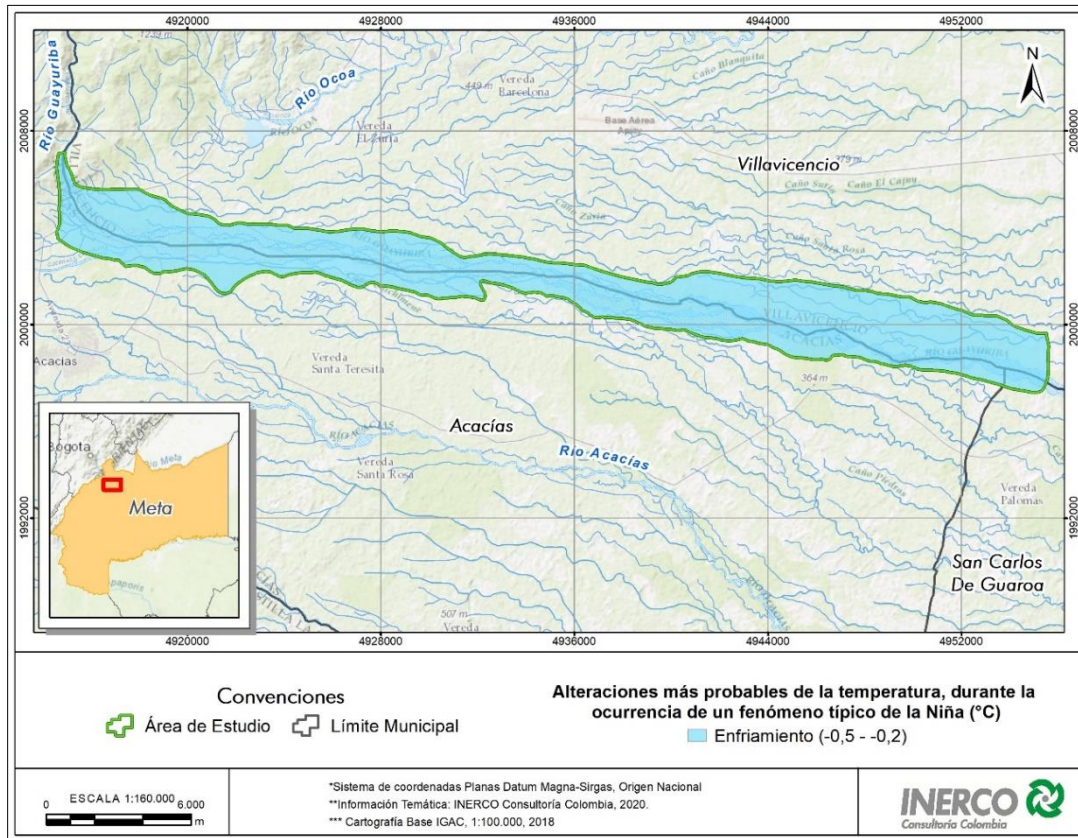
Fuente: IDEAM<sup>32</sup>. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

En cuanto a la temperatura, se esperaría una reducción entre  $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $-0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  ante la ocurrencia de un fenómeno típico de La Niña, lo que corresponde a un enfriamiento. Esta variación no incidiría directamente en las tendencias a la ocurrencia de fenómenos de origen hidrometeorológico.

<sup>32</sup> COLOMBIA. INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM. Atlas climatológico de Colombia. Bogotá: IDEAM, 2014.



Figura 1-10. Variación de temperatura por fenómeno de La Niña, Acacías-Villavicencio

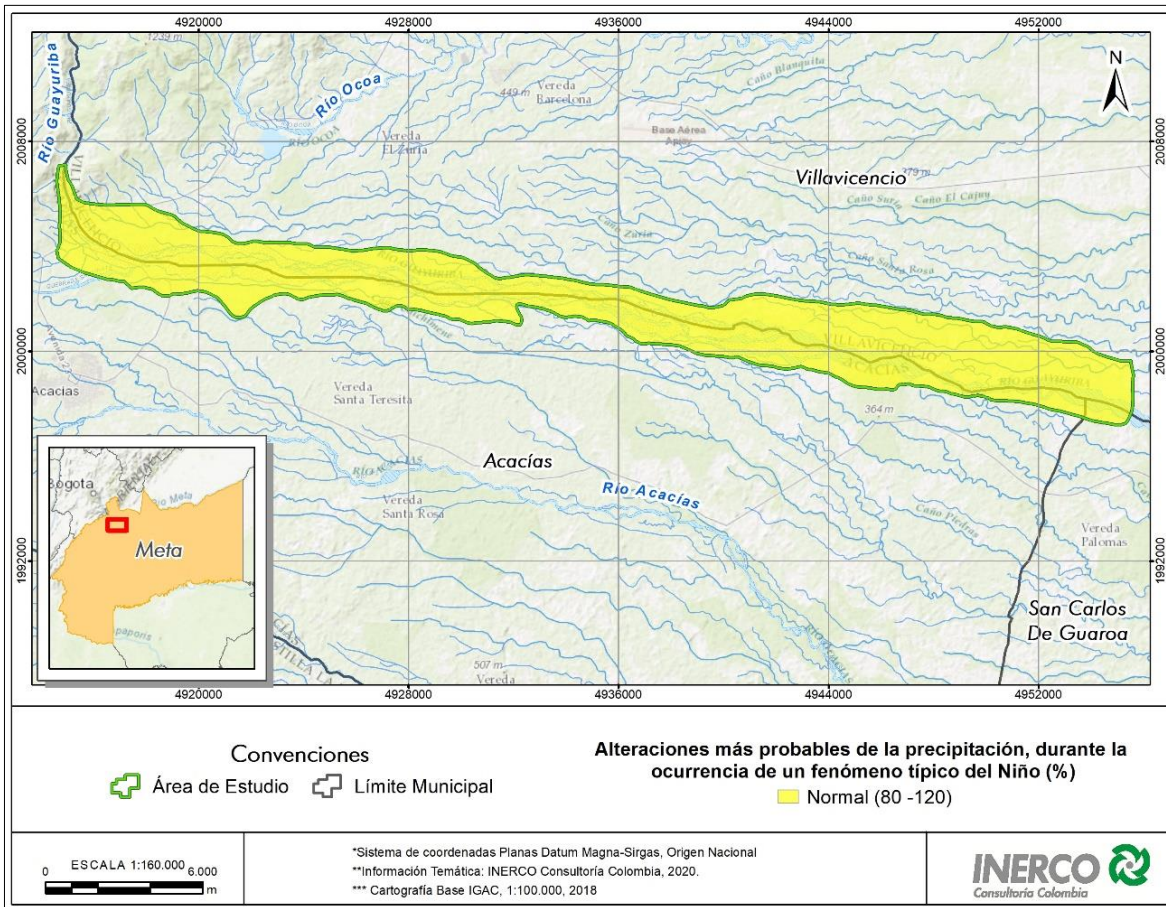


Fuente: IDEAM. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

### 1.2.1.2.2 Fenómeno de El Niño

Ante un escenario de un fenómeno típico de El Niño, la probable alteración de la precipitación se ubicaría en un intervalo normal, entre 80 % y 120 %, lo cual no modifica significativamente las tendencias actuales de ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos.

Figura 1-11. Variación de la precipitación por fenómeno de El Niño, Acacías-Villavicencio

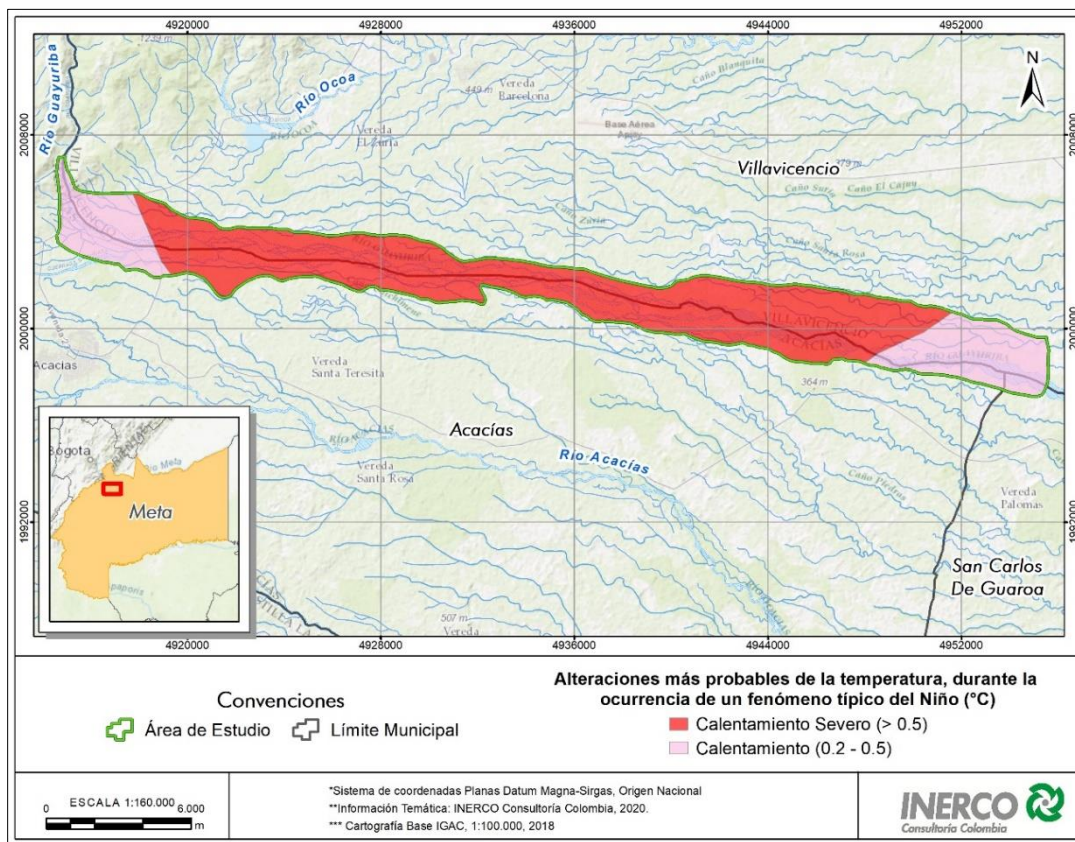


Fuente: IDEAM. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

Ante la ocurrencia de un fenómeno típico de El Niño, se espera un calentamiento severo (mayor a 0,5 °C), lo cual, aunado a las temperaturas altas registradas históricamente en la zona, puede exacerbar los fenómenos de olas de calor o sequías.



Figura 1-12. Variación de temperatura por fenómeno de El Niño, Acacías-Villavicencio



Fuente: IDEAM. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

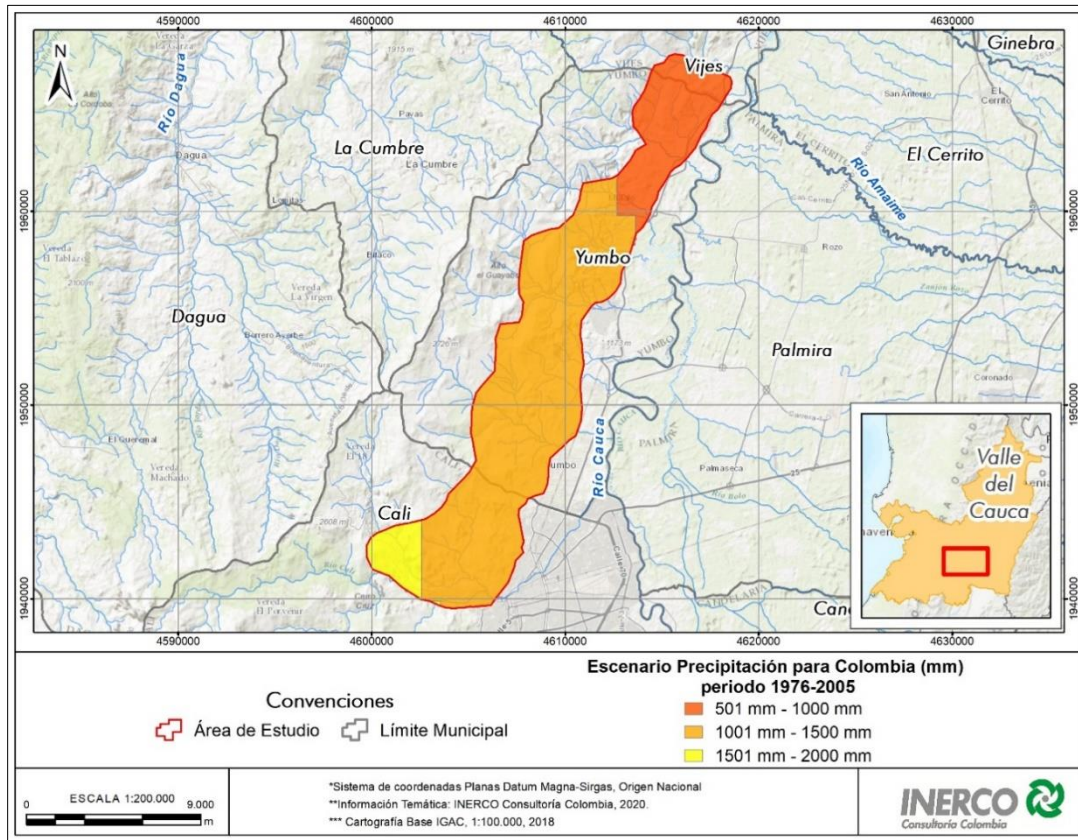
## 1.2.2 Cali – Yumbo

### 1.2.2.1 Proyecciones de temperatura y precipitación para el área

#### 1.2.2.1.1 Periodo 1976 -2005

De acuerdo con el análisis histórico, la precipitación es baja en el área de estudio Cali -Yumbo, en ese sentido, en el periodo 1976-2005 se registraron precipitaciones entre 1.001 mm y 1.500 mm en el 73,85 % del área, seguido por el intervalo de 501 mm a 1.000 mm para el 20 % del área.

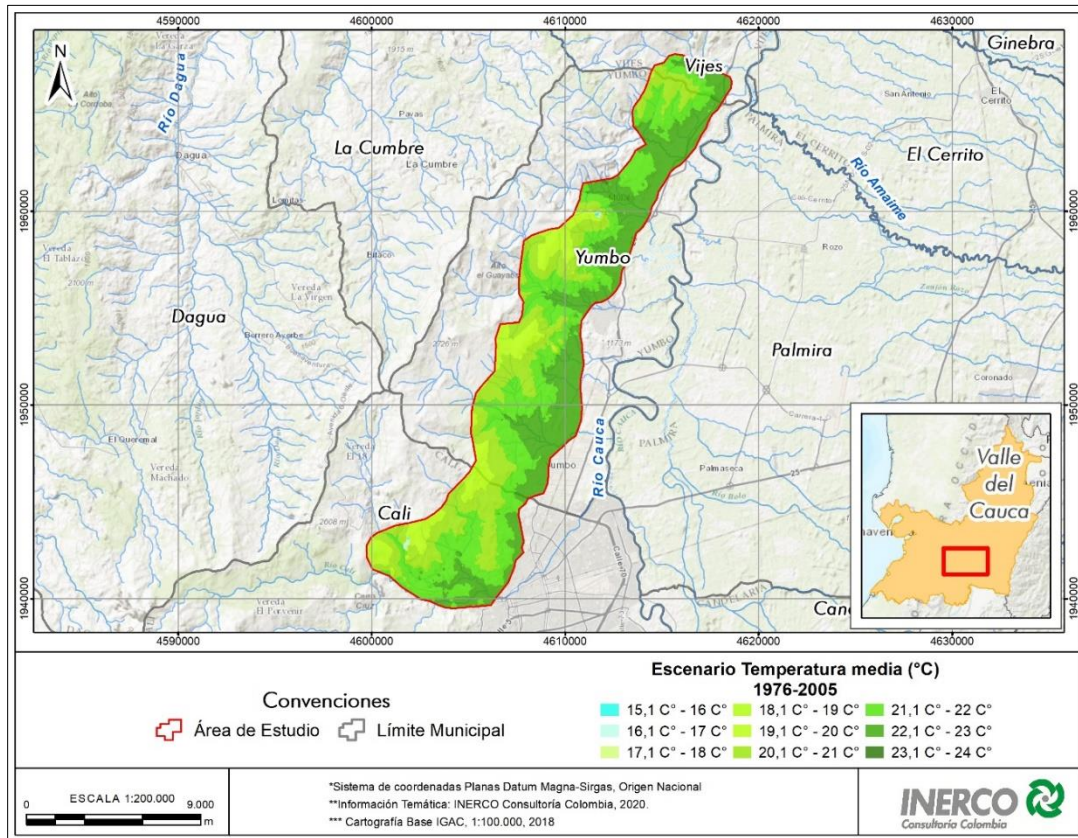
Figura 1-13. Escenario de precipitación 1976-2005, Cali-Yumbo



Fuente: IDEAM. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

En cuanto al escenario de temperatura, se muestran intervalos de 21 °C a 22 °C en un 33,17 % del área de estudio, seguidos por valores de 22,1 °C a 23 °C para el 31,7 % del área, y de 20,1 °C a 21 °C para el 24,67 % del área. Los demás intervalos de temperatura se presentan en áreas muy pequeñas.

Figura 1-14. Escenario de temperatura media 1976-2005, Cali-Yumbo



Fuente: IDEAM. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

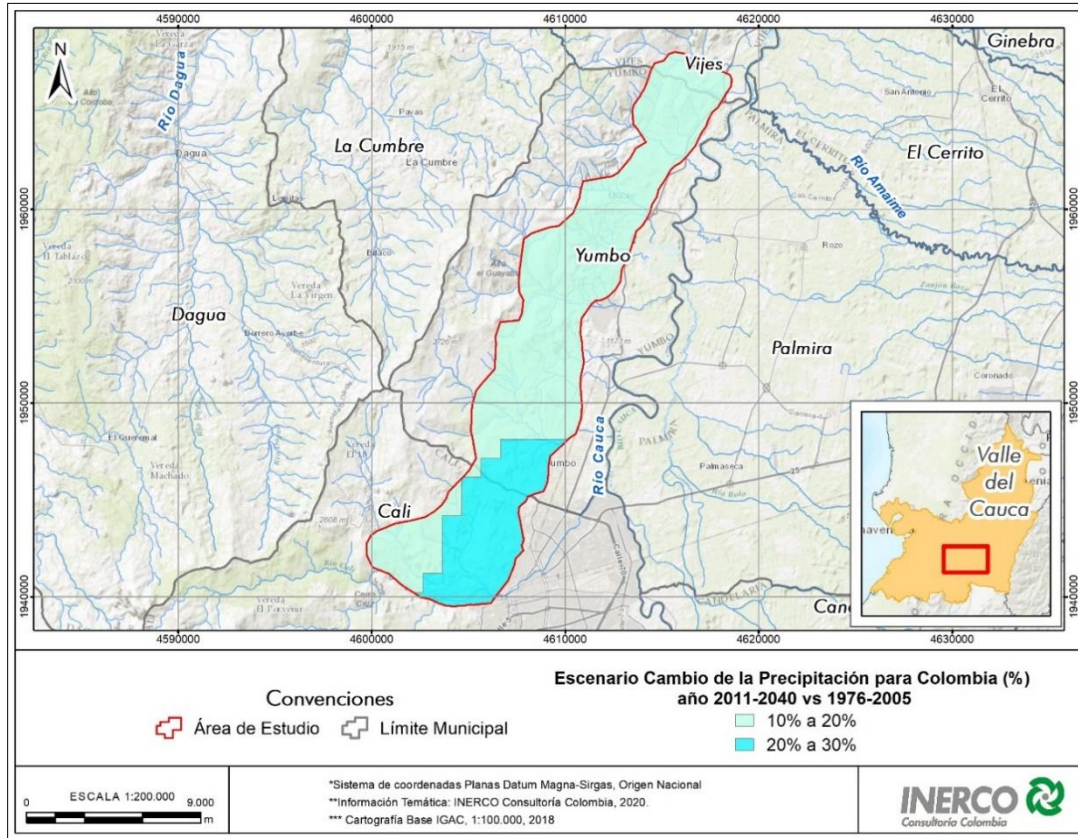
### 1.2.2.1.2 Escenario 2011 - 2040

Las variaciones de precipitación en el área de estudio Cali-Yumbo, para el escenario 2011-2040, corresponden en mayor proporción (75,94 % del área de estudio) a un aumento de 10 % a 20 %. El 24,06 % de área restante presentará aumentos entre 20 % y 30 %. En general, se esperan variaciones altas catalogadas como exceso.

Considerando los datos históricos, los cuales presentan un régimen de precipitación bajo para la zona de estudio, entre los 500 mm y 1.500 mm, una variación como la proyectada en este escenario, de exceso de precipitaciones, repercutiría significativamente en la posible tendencia a exacerbar la ocurrencia de eventos, tales como inundaciones, avenidas torrenciales y procesos de remoción en masa.



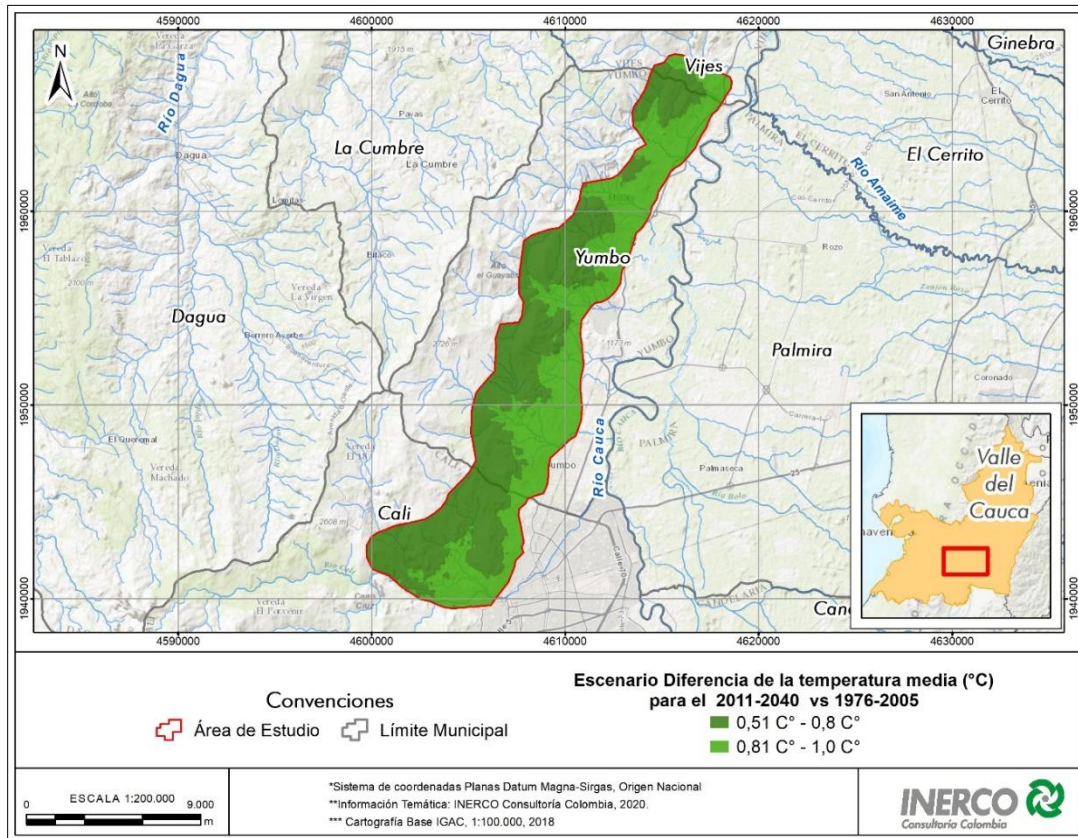
Figura 1-15. Cambio de precipitación 2011-2040 vs. 1976-2005, Cali-Yumbo



Fuente: IDEAM. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

En cuanto a la diferencia de la temperatura media, se esperarían variaciones entre 0,51 °C y 0,8 °C en el 53,92 % del área, e incrementos entre 0,81 °C y 1 °C en el área restante, los cuales representan valores bajos. Consideradas las temperaturas registradas históricamente en el área, entre 17 °C y 24 °C, se proyectaría un incremento aproximado de 1 °C; es decir, representaría una variación considerable en las condiciones de temperatura, posiblemente con reflejo de una mayor ocurrencia de eventos relacionados, tales como sequías y olas de calor.

Figura 1-16. Cambio de la temperatura media 2011-2040 vs. 1976-2005, Cali-Yumbo



Fuente: IDEAM. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

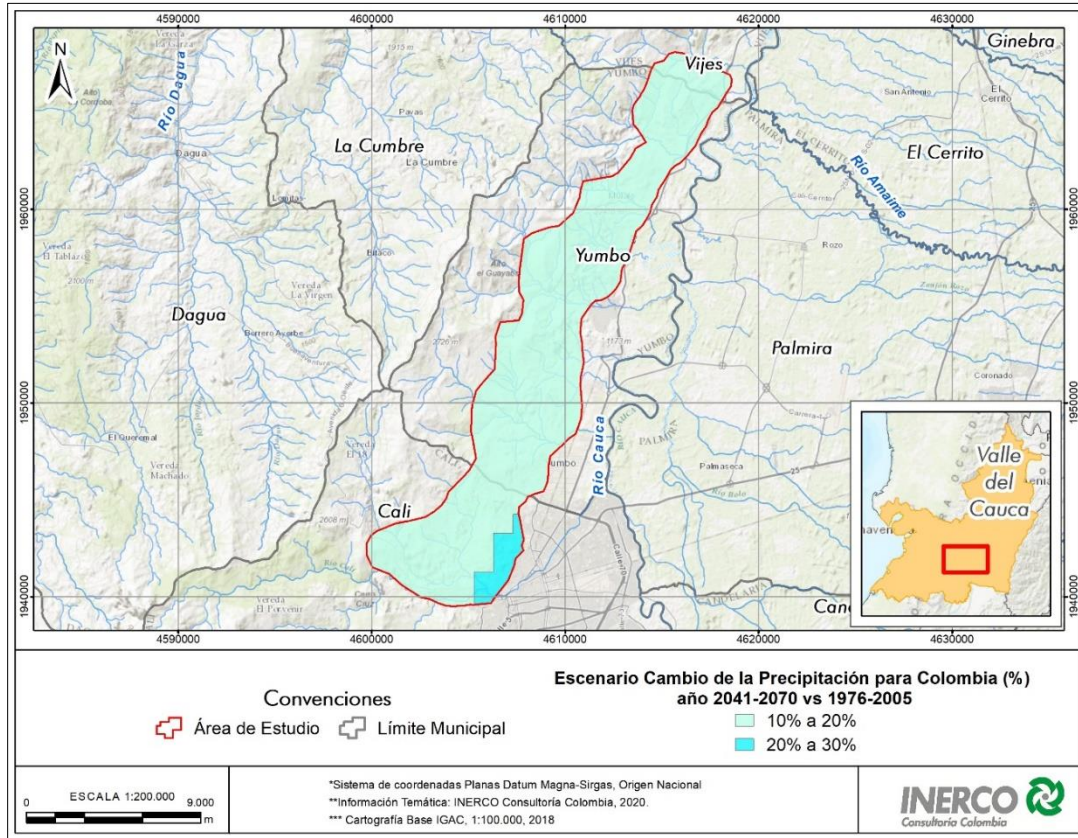
### 1.2.2.1.3 Escenario 2041 - 2070

Las variaciones de precipitación para el escenario 2041-2070 vs. 1976-2005 corresponderán en mayor proporción (96,27 % del área de estudio) a un aumento de 10 % a 20 %. El área restante, 3,73 %, presentará aumentos entre el 20 % y 30 %; es decir, variaciones altas catalogadas como exceso.

Considerando los datos históricos que presentan un régimen de precipitación bajo para la zona de estudio, entre los 500 mm y 1.500 mm, una variación como la proyectada en este escenario de exceso de precipitaciones repercutiría significativamente en la posible tendencia a exacerbar la ocurrencia de eventos, tales como inundaciones, avenidas torrenciales y procesos de remoción en masa.



Figura 1-17. Cambio de precipitación 2041-2070 vs. 1976-2005, Cali-Yumbo

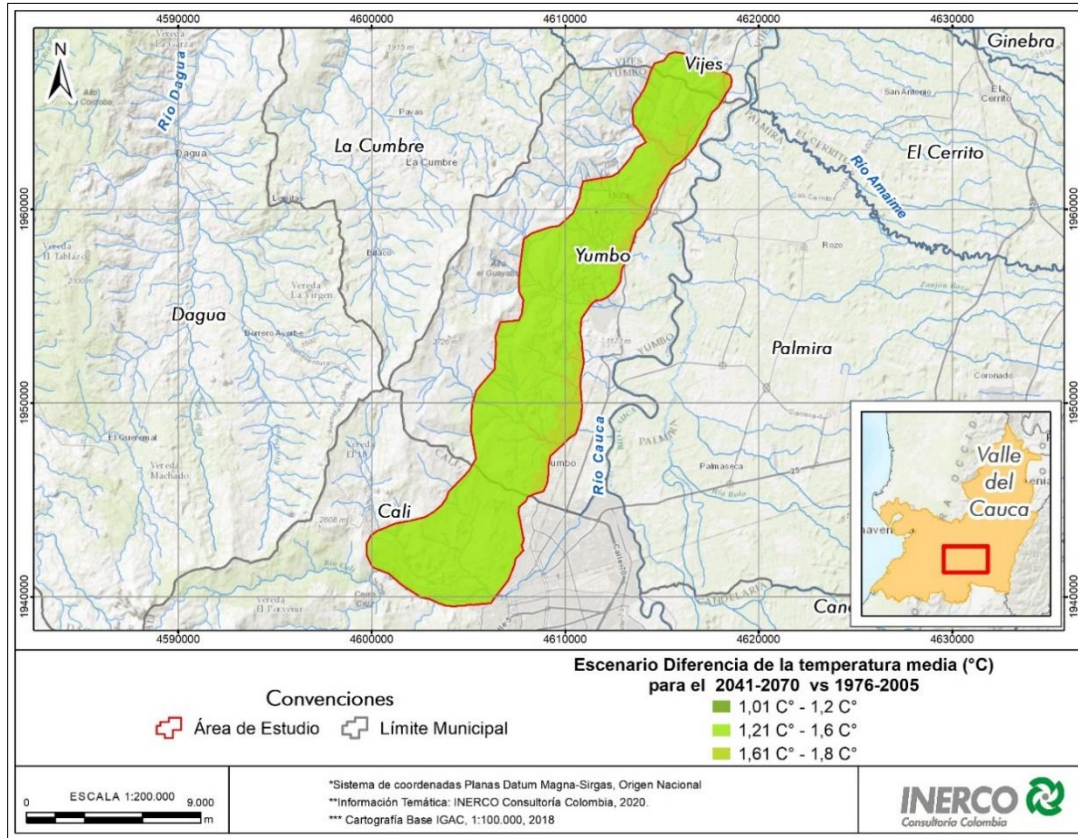


Fuente: IDEAM. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

En cuanto a la diferencia de la temperatura media, se esperarían incrementos entre 1,21 °C y 1,6 °C para el 88,28 % del área objeto de este análisis de riesgo, este intervalo corresponde a variaciones altas. Mientras, en el área restante (11,71 %) se experimentarían incrementos entre 1,01 °C y 1,2 °C, y 1,61 °C y 1,8 °C; en otras palabras, valores medios y altos, respectivamente.

Consideradas las temperaturas históricas registradas en el área, entre 17 °C y 24 °C, un incremento cercano a los 2 °C representaría una variación importante en las condiciones de temperatura, posiblemente con reflejo en la mayor ocurrencia de eventos relacionados, tales como sequías y olas de calor.

Figura 1-18. Cambio de temperatura media 2041-2070 vs 1976-2005, Cali-Yumbo

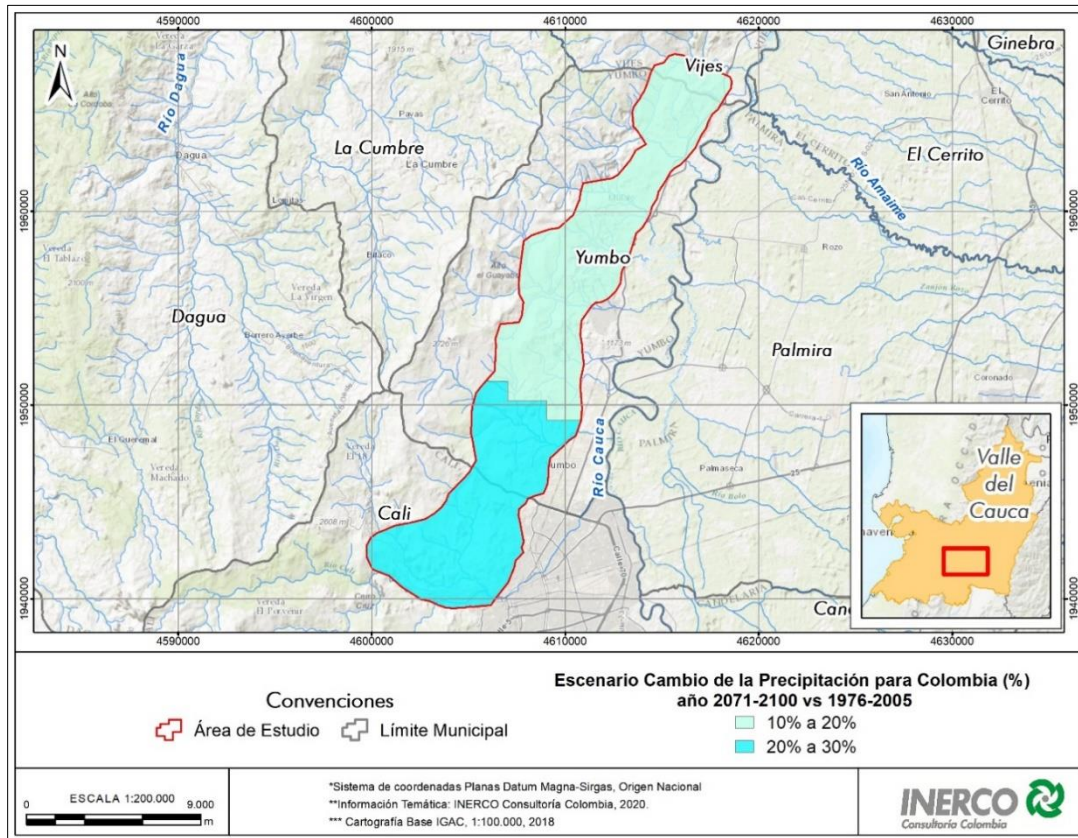


Fuente: IDEAM. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

#### 1.2.2.1.4 Escenario 2071 - 2100

Las variaciones de precipitación para el escenario 2071-2100 vs. el periodo 1976 – 2005 corresponderían en mayor proporción (54.81 % del área de estudio) a un aumento entre 10 % y 20 %. El 45,19 % de área restante presentará aumentos entre 20 % y 30 %, lo que representa variaciones altas y generadoras de exceso. Considerando los datos históricos que presentan un régimen de precipitación bajo para la zona de estudio, entre 500 mm y 1.500 mm, una variación como la proyectada en este escenario de exceso de precipitaciones repercutiría significativamente en la posible tendencia a exacerbar la ocurrencia de eventos como inundaciones, avenidas torrenciales y procesos de remoción en masa.

Figura 1-19. Cambio de precipitación 2071-2100 vs. 1976-2005, Cali-Yumbo



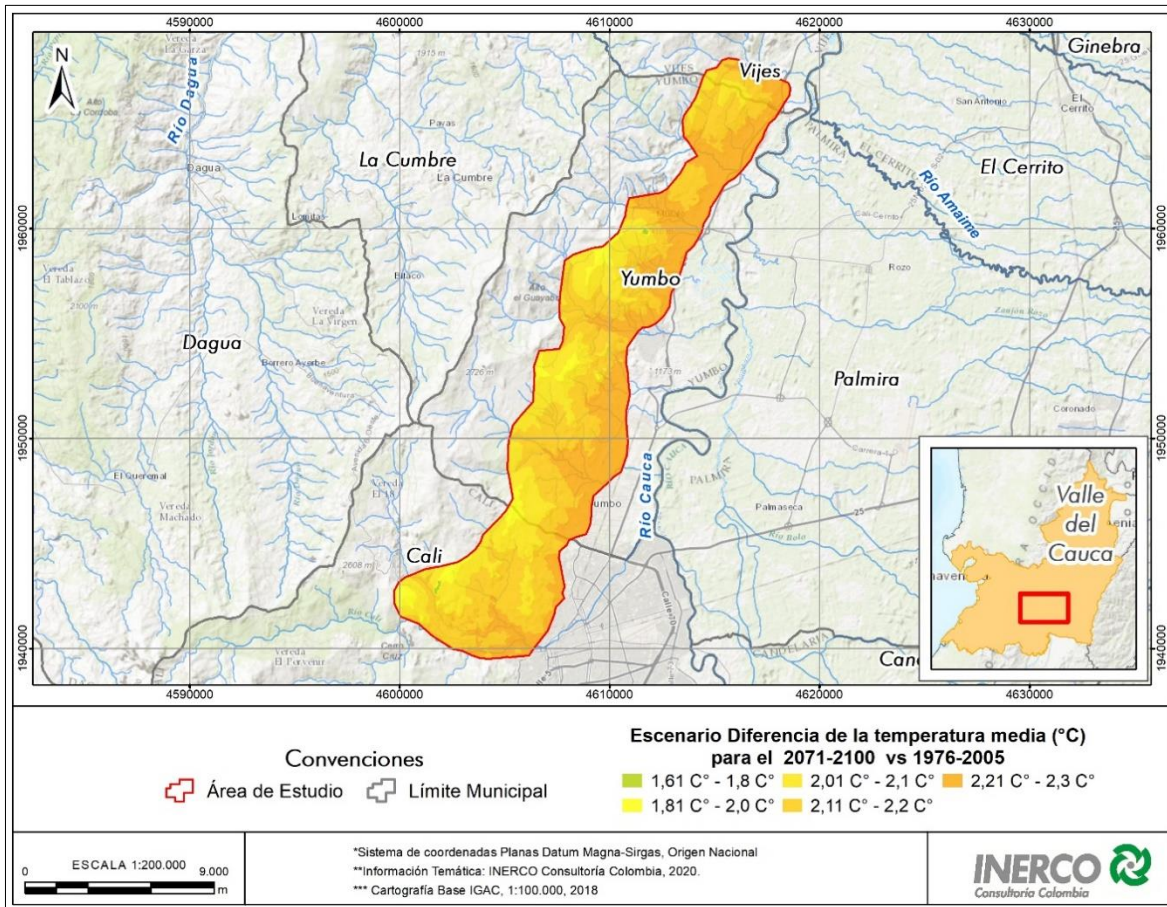
Fuente: IDEAM. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

En cuanto a la diferencia de la temperatura media para el escenario 2071-2100 vs. 1976-2005, correspondería en mayor proporción (40,68 % del área de estudio) a un aumento entre 2,01 °C y 2,1 °C, seguido de variaciones entre 2,11 °C y 2,2 °C para el 31,94 % del área de estudio. En general, se esperan incrementos altos.

Consideradas las temperaturas históricas registradas en el área, en un intervalo entre 17 °C y 24 °C, un incremento cercano a los 2 °C representaría una variación importante en las condiciones de temperatura, posiblemente con reflejo en una mayor ocurrencia de eventos relacionados, tales como sequías, olas de calor e incendios forestales.



Figura 1-20. Cambio de temperatura media 2071-2100 vs. 1976-2005, Cali-Yumbo



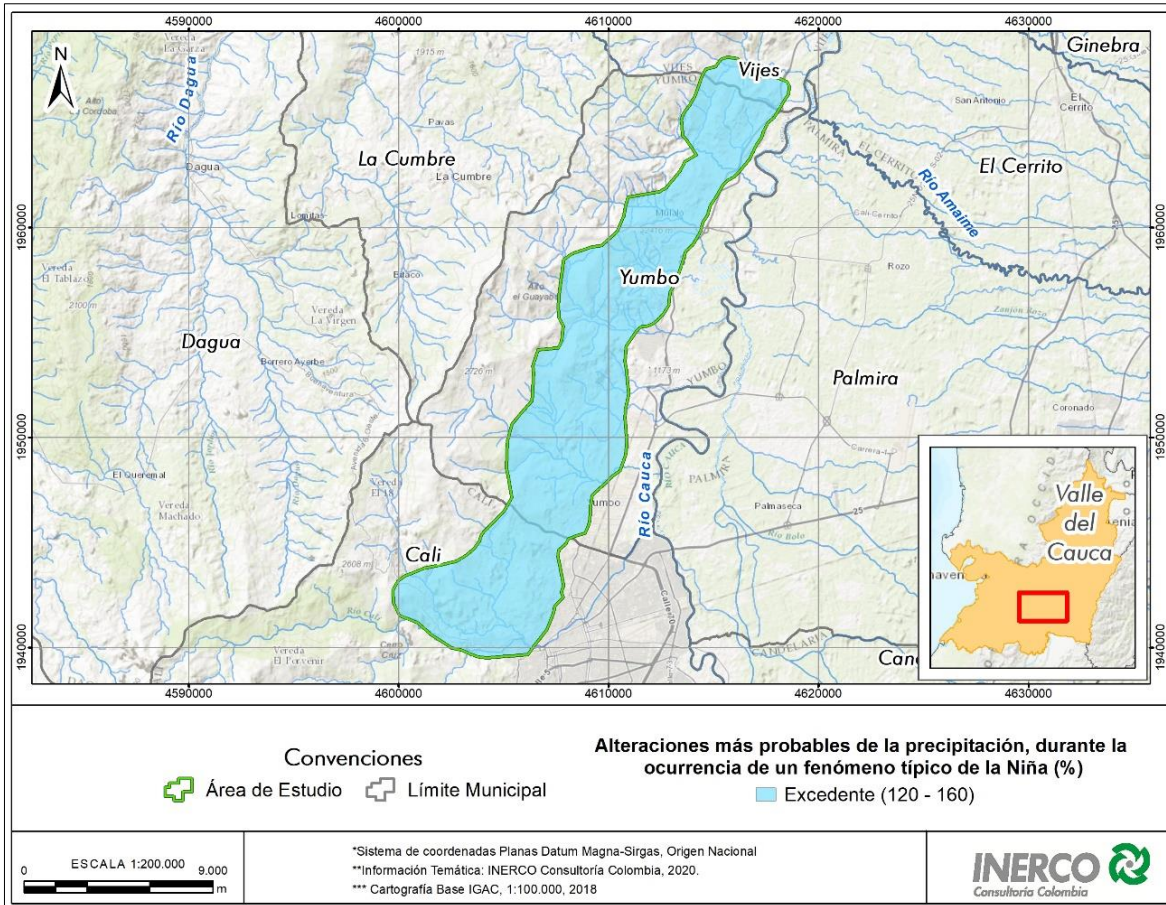
Fuente: IDEAM. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

### 1.2.2.2 Fenómenos de variabilidad climática

#### 1.2.2.2.1 Fenómeno de La Niña

Ante la ocurrencia de un fenómeno típico de La Niña, en el área de Cali-Yumbo, la probable alteración de la precipitación sería un exceso, entre 120 % y 160 %, lo cual implicaría la mayor frecuencia de ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos, tales como inundaciones, avenidas torrenciales y procesos de remoción en masa.

Figura 1-21. Variación de precipitación por fenómeno de La Niña, Cali-Yumbo

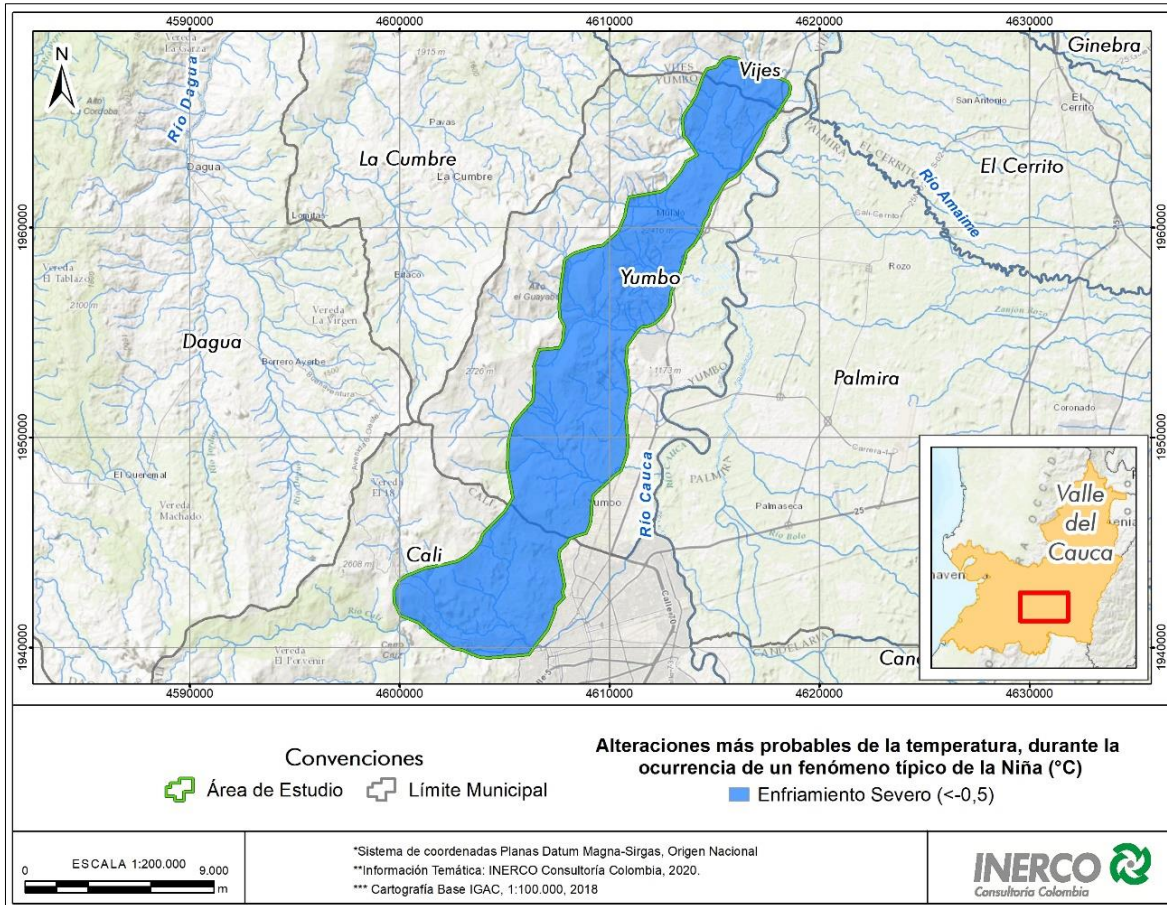


Fuente: IDEAM. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

En cuanto a la temperatura, ante la ocurrencia de un fenómeno típico de La Niña, se esperaría una reducción por debajo de  $-0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , correspondiente a un enfriamiento severo. Esta variación no incidiría directamente en las tendencias a la ocurrencia de fenómenos de origen hidrometeorológico, aunque aportaría a la reducción de probabilidad de ocurrencia de fenómenos, tales como olas de calor y sequías.



Figura 1-22. Variación de temperatura por fenómeno de La Niña, Cali-Yumbo

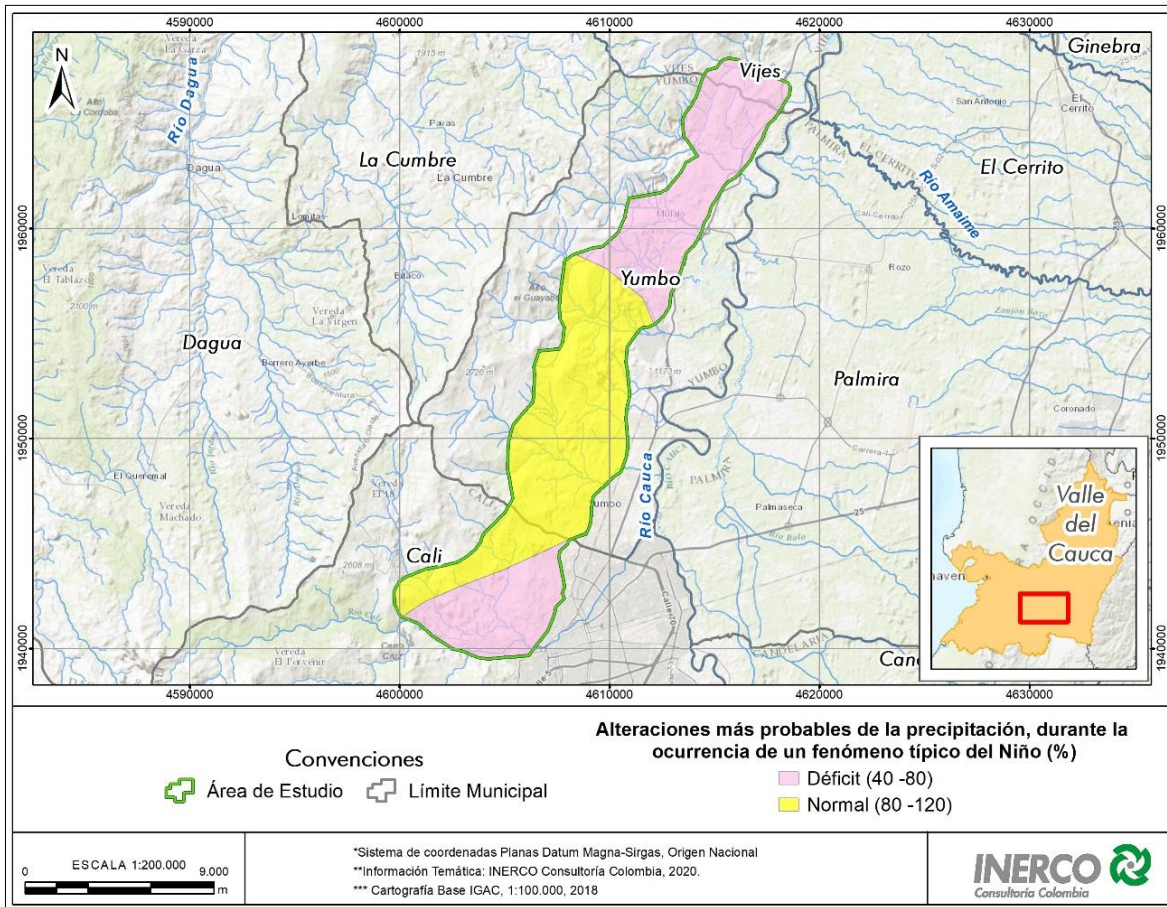


Fuente: IDEAM. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

### 1.2.2.2.2 Fenómeno de El Niño

Ante un escenario de ocurrencia de un fenómeno típico de El Niño, la probable alteración de la precipitación se ubicaría en un rango normal y un déficit, de 40 % a 120 %, lo cual no modificaría significativamente las tendencias actuales de ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos, aunque puede representar períodos de menor ocurrencia de fenómenos, tales como inundaciones, avenidas torrenciales y procesos de remoción en masa.

Figura 1-23. Variación de precipitación por fenómeno de El Niño, Cali-Yumbo

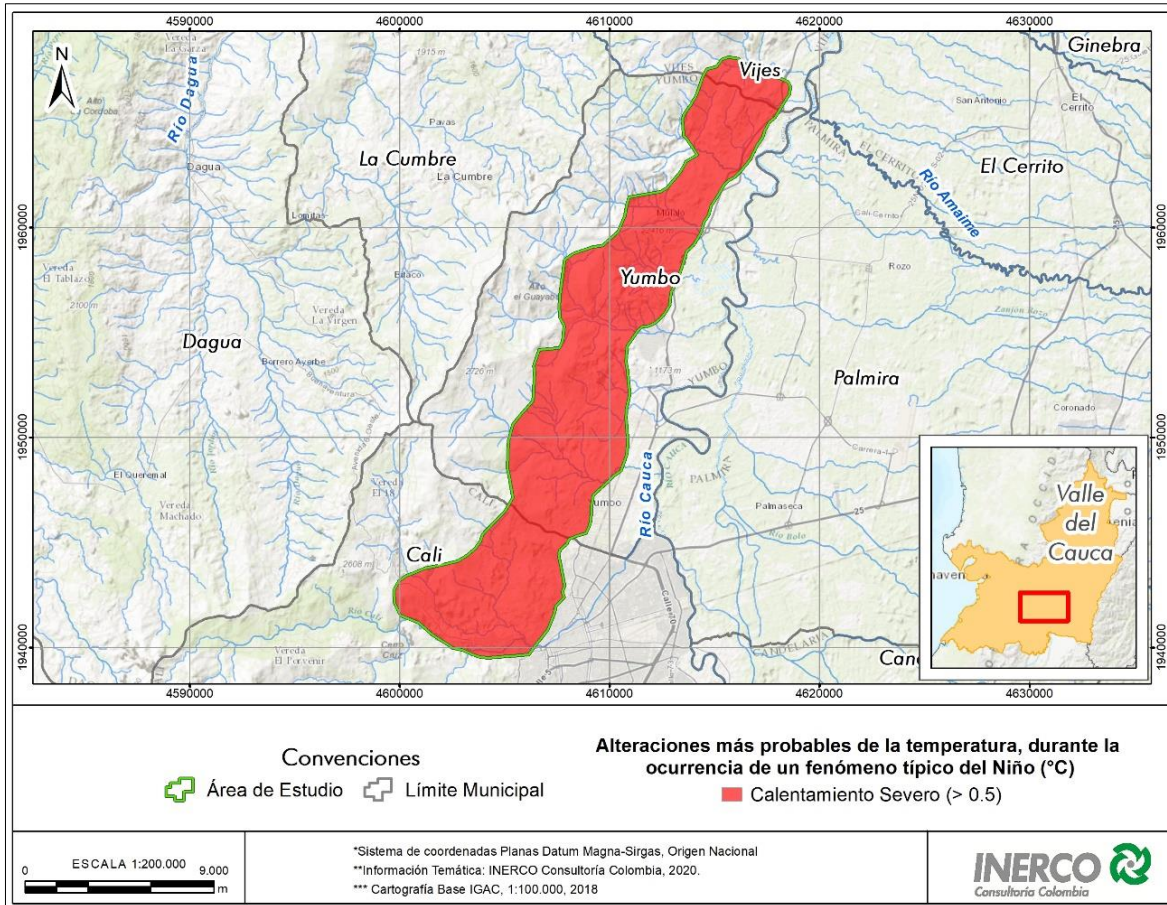


Fuente: IDEAM. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

Ante la ocurrencia de un fenómeno típico de El Niño, para el área Cali-Yumbo, se espera un calentamiento severo (mayor a 0,5 °C), lo cual, aunado a las temperaturas intermedias históricas registradas en la zona, puede exacerbar fenómenos de olas de calor o sequías.



Figura 1-24. Variación de temperatura por fenómeno de El Niño, Cali-Yumbo



Fuente: IDEAM. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

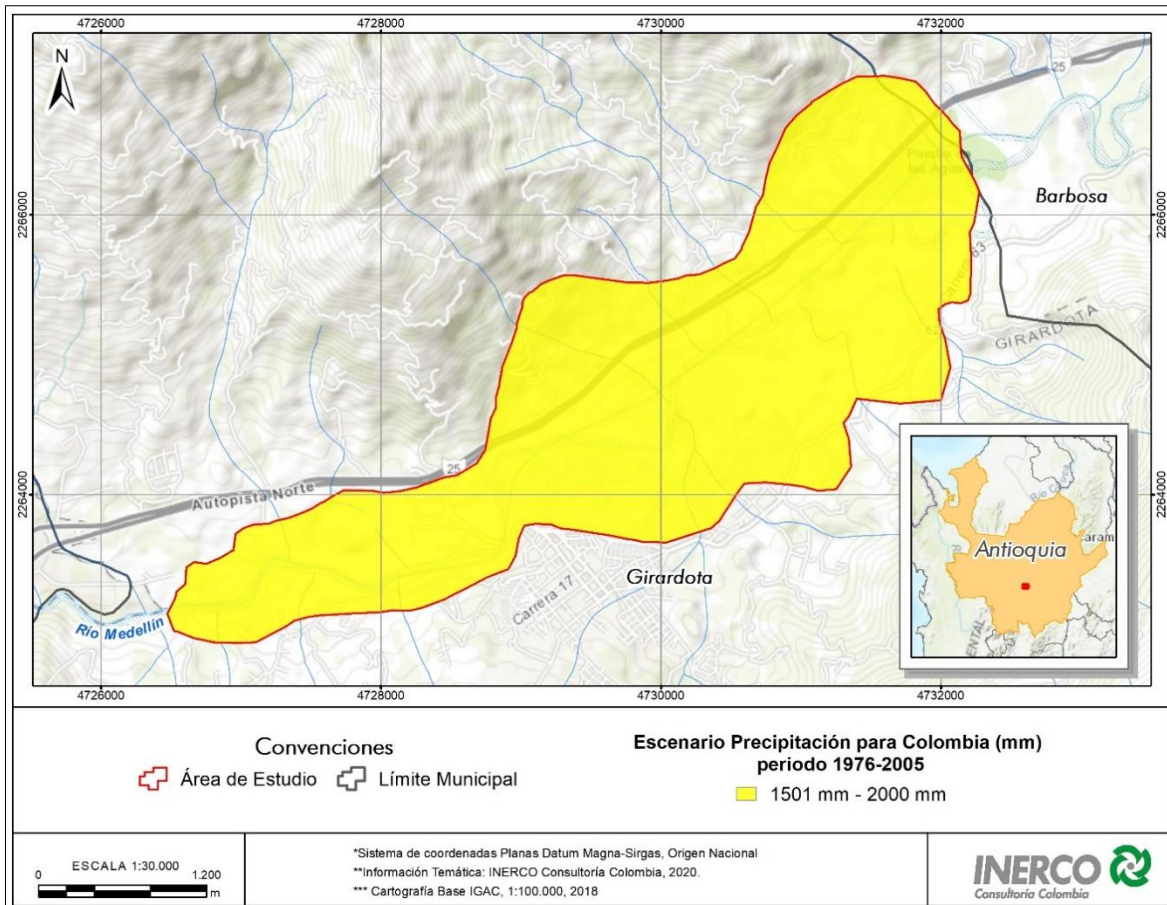
### 1.2.3 Girardota

#### 1.2.3.1 Proyecciones de temperatura y precipitación para el área

##### 1.2.3.1.1 Periodo 1976 – 2005

De acuerdo con el análisis histórico de la precipitación para el periodo 1976-2005, el área de estudio de Girardota presentó un intervalo entre 1.501 mm y 2.000 mm, lo que constituye valores medios.

Figura 1-25. Cambio de precipitación 1976-2005, Girardota

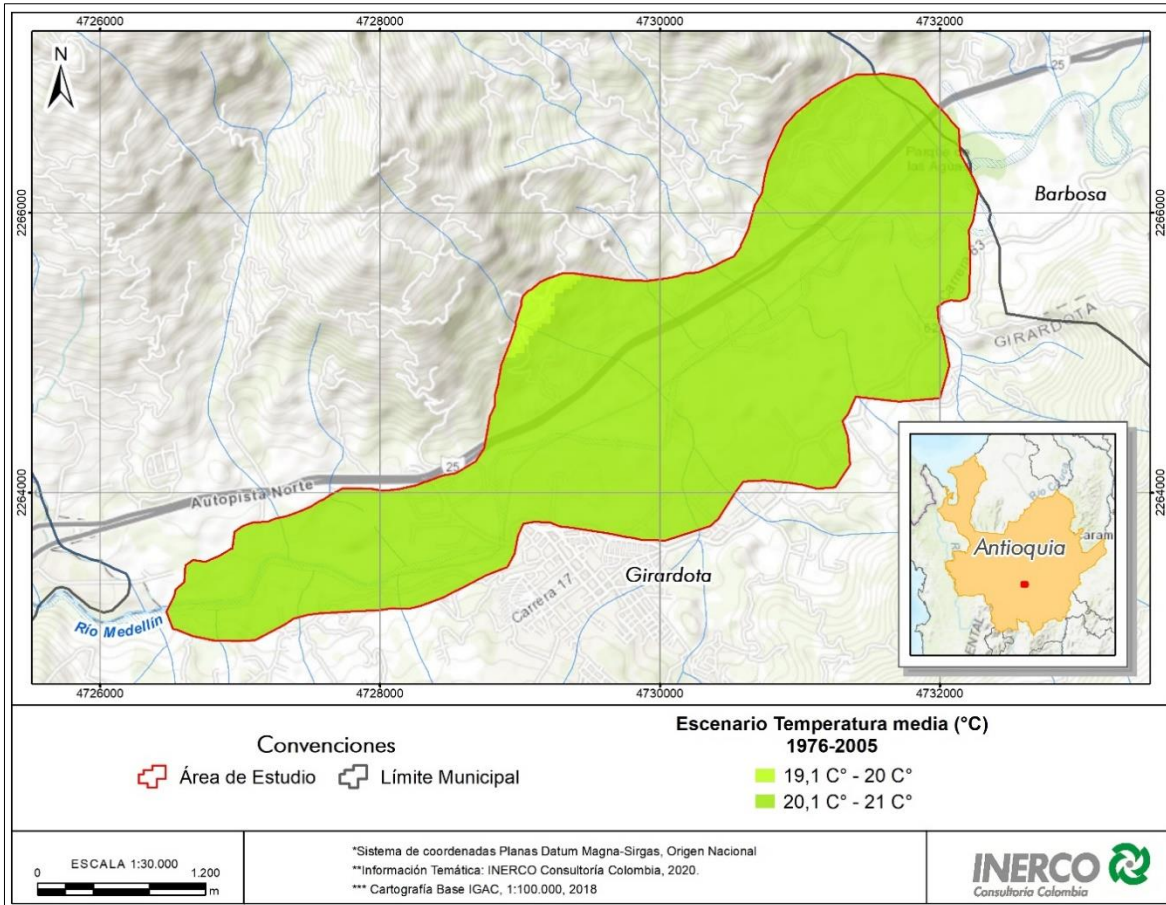


Fuente: IDEAM. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

En el caso de la temperatura media para el periodo 1976-2005, se presentan valores entre 20,1 °C a 21 °C en mayor proporción (98,57 % del área de estudio).



Figura 1-26. Cambio de temperatura media 1976-2005, Girardota

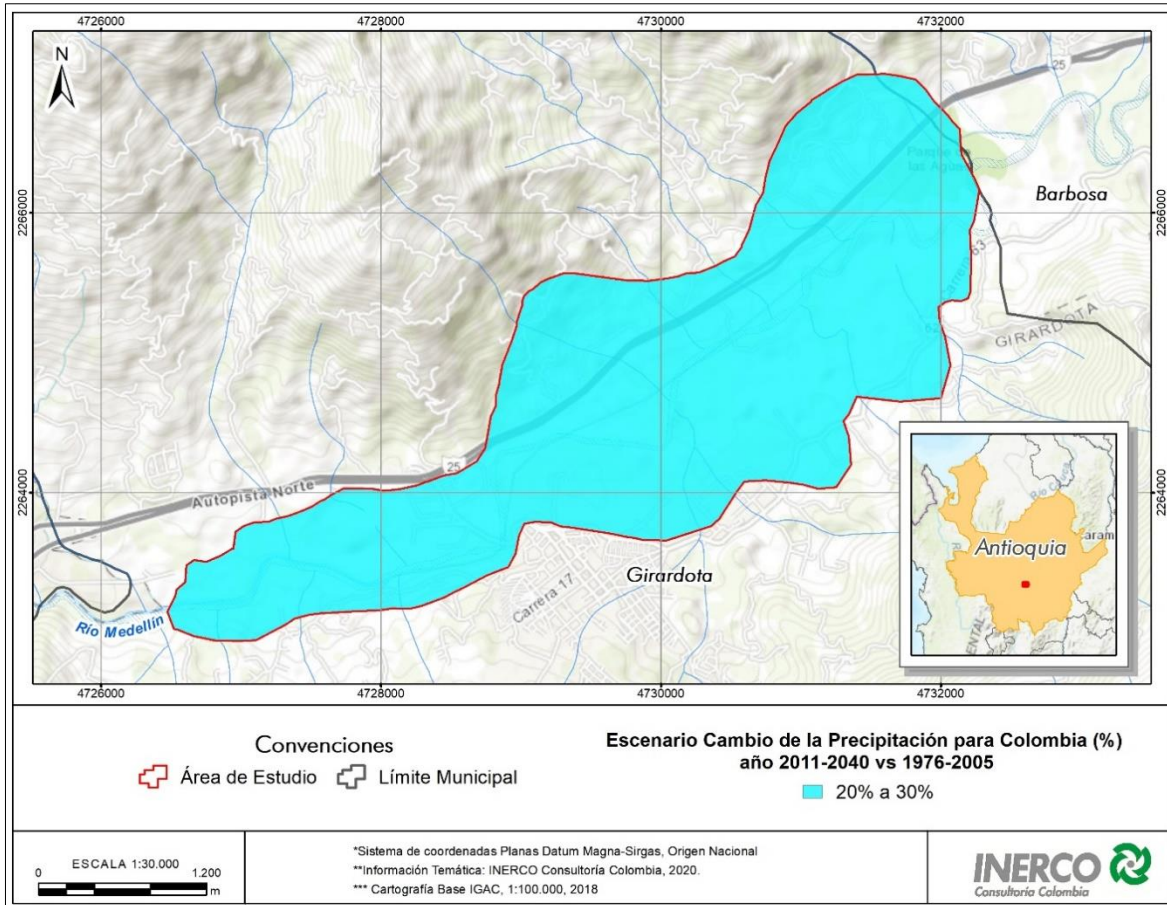


Fuente: IDEAM. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

### 1.2.3.1.2 Escenario 2011 - 2040

Con respecto al escenario de cambio de precipitación para el periodo 2011-2040 vs. el periodo 1976-2005, se estima un incremento que va de 20 % a 30 % en el área de estudio de Girardota, lo que corresponde a un incremento alto; es decir, se categoriza como exceso. Considerando los datos históricos que presentan un régimen de precipitación medio para la zona de estudio, entre 1.500 mm y 2.000 mm, para el 100 % del área, una variación como la proyectada en este escenario repercutiría significativamente en el posible aumento de eventos de origen hidrometeorológico sensibles a las variaciones de precipitación (inundaciones, avenidas torrenciales y remoción en masa), y en la disminución de otras (sequías o incendios forestales).

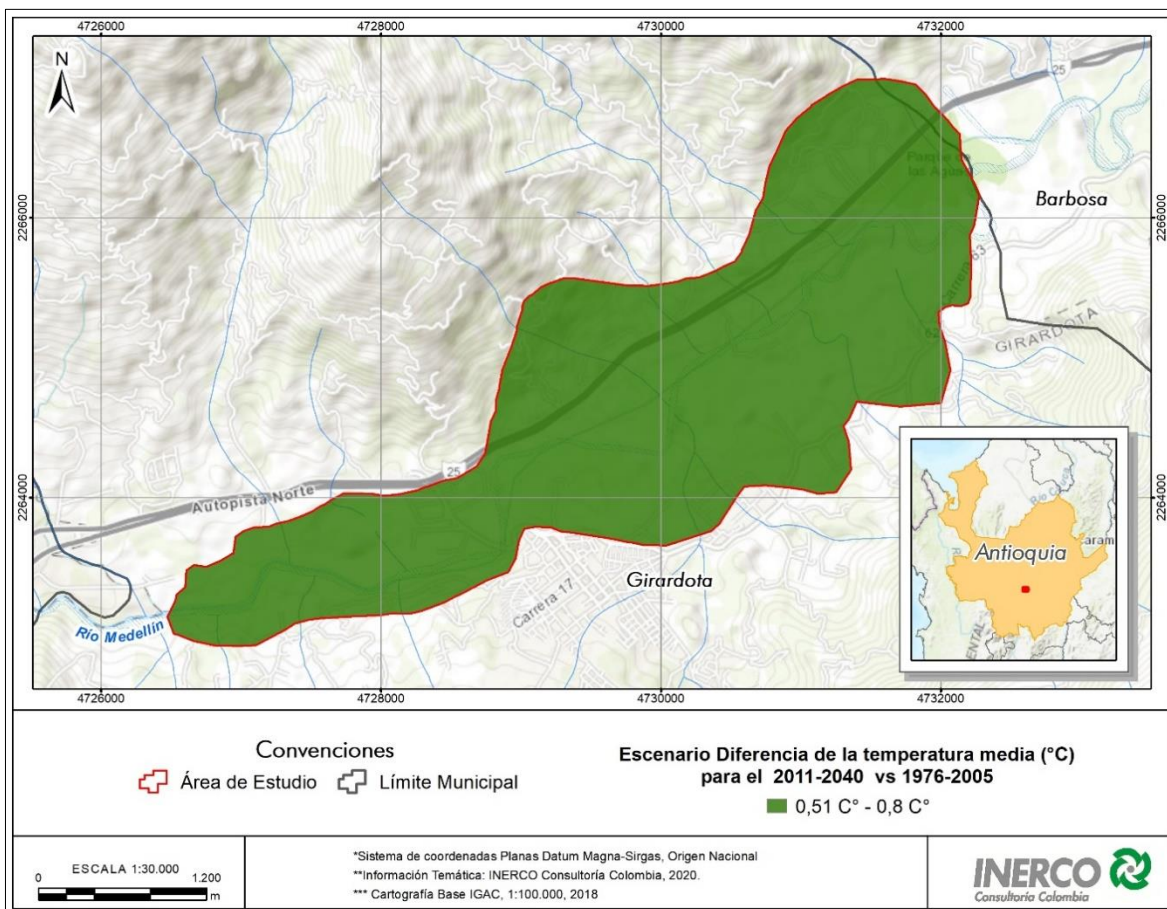
Figura 1-27. Cambio de precipitación 2011-2040 vs. 1976-2005, Girardota



Fuente: IDEAM. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

Para la variable diferencia de la temperatura media (°C) en el escenario 2011-2040 vs. 1976-2005, se esperarían variaciones de 0,51 °C a 0,8 °C que corresponden a la categorización baja. No obstante, considerando que las temperaturas históricas medias están entre los 19 °C y 21 °C, las variaciones de temperatura de este escenario podrían representar la exacerbación de ciertos eventos, tales como sequías y olas de calor.

Figura 1-28. Cambio de la temperatura media 2011-2040 vs. 1976-2005, Girardota



Fuente: IDEAM. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

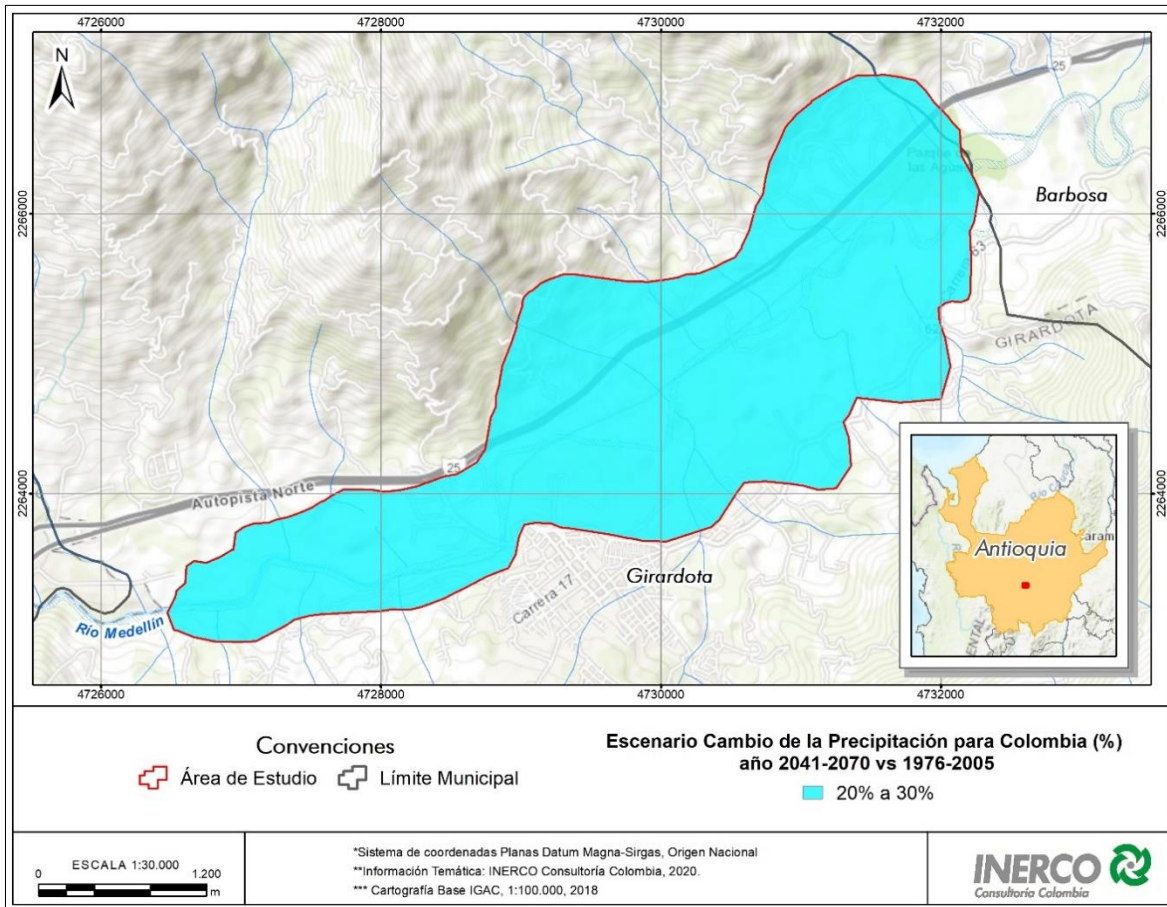
### 1.2.3.1.3 Escenario 2041 - 2070

Con respecto al escenario de cambio de precipitación para el periodo 2041-2070 vs. 1976-2005, se estima un incremento del 20 % al 30 % en el área de estudio Girardota, que corresponde a una condición potencial de exceso.

Considerando los datos históricos que presentan un régimen de precipitación medio para la zona de estudio, entre 1.500 mm y 2.000 mm, para el 100 % del área, una variación como la proyectada en este escenario repercutiría significativamente en el posible aumento de eventos de origen hidrometeorológico sensibles a las variaciones de precipitación (inundaciones, avenidas torrenciales y remoción en masa), y en la disminución de otros (sequías o incendios forestales).



Figura 1-29. Cambio de precipitación 2041-2070 vs. 1976-2005, Girardota

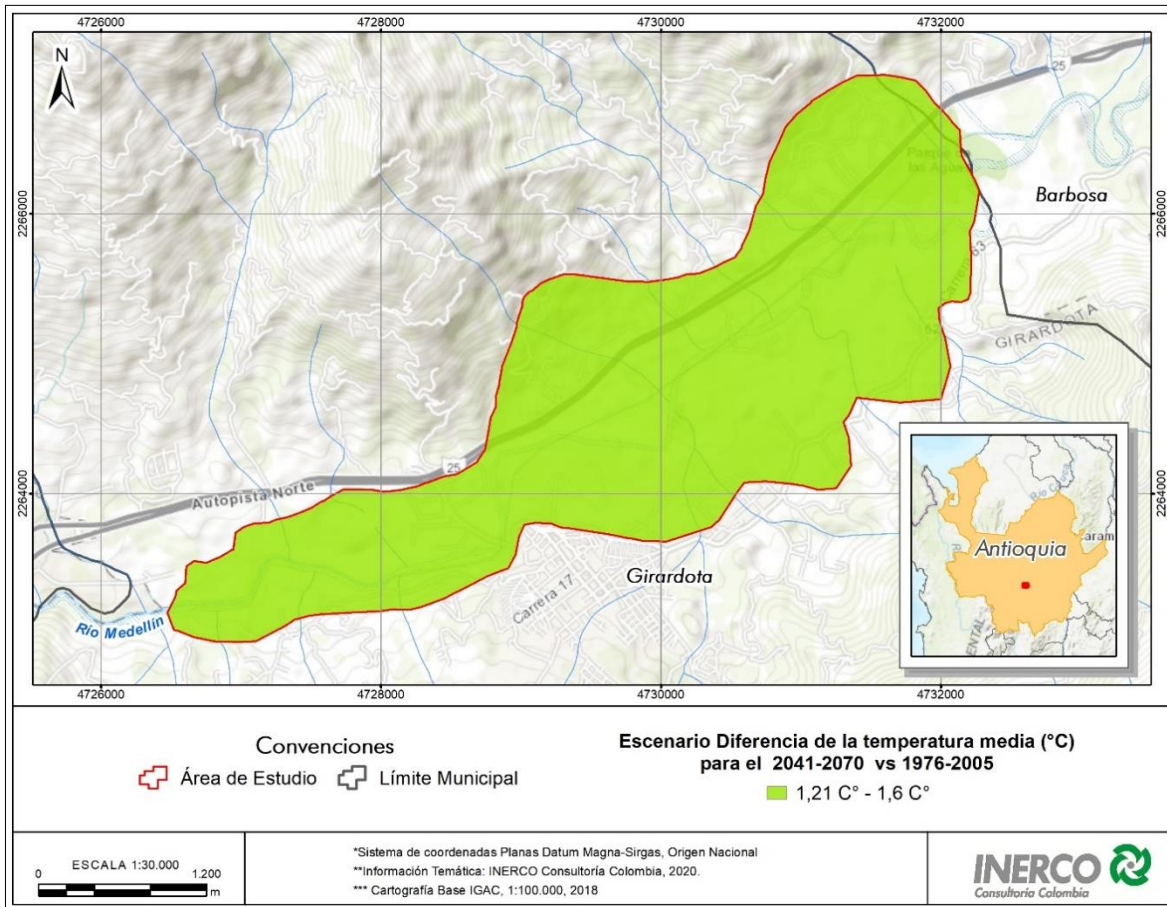


Fuente: IDEAM. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

Para temperatura media, se esperan variaciones de 1,21 °C a 1,6 °C en el escenario 2041-2070 vs. 1976-2005, las cuales se categorizan como altas. Considerando las temperaturas históricas medias, entre 19 °C y 21 °C, las variaciones de este escenario pueden representar una exacerbación de eventos, tales como sequías y olas de calor.



Figura 1-30. Cambio de temperatura media 2041-2070 vs. 1976-2005, Girardota

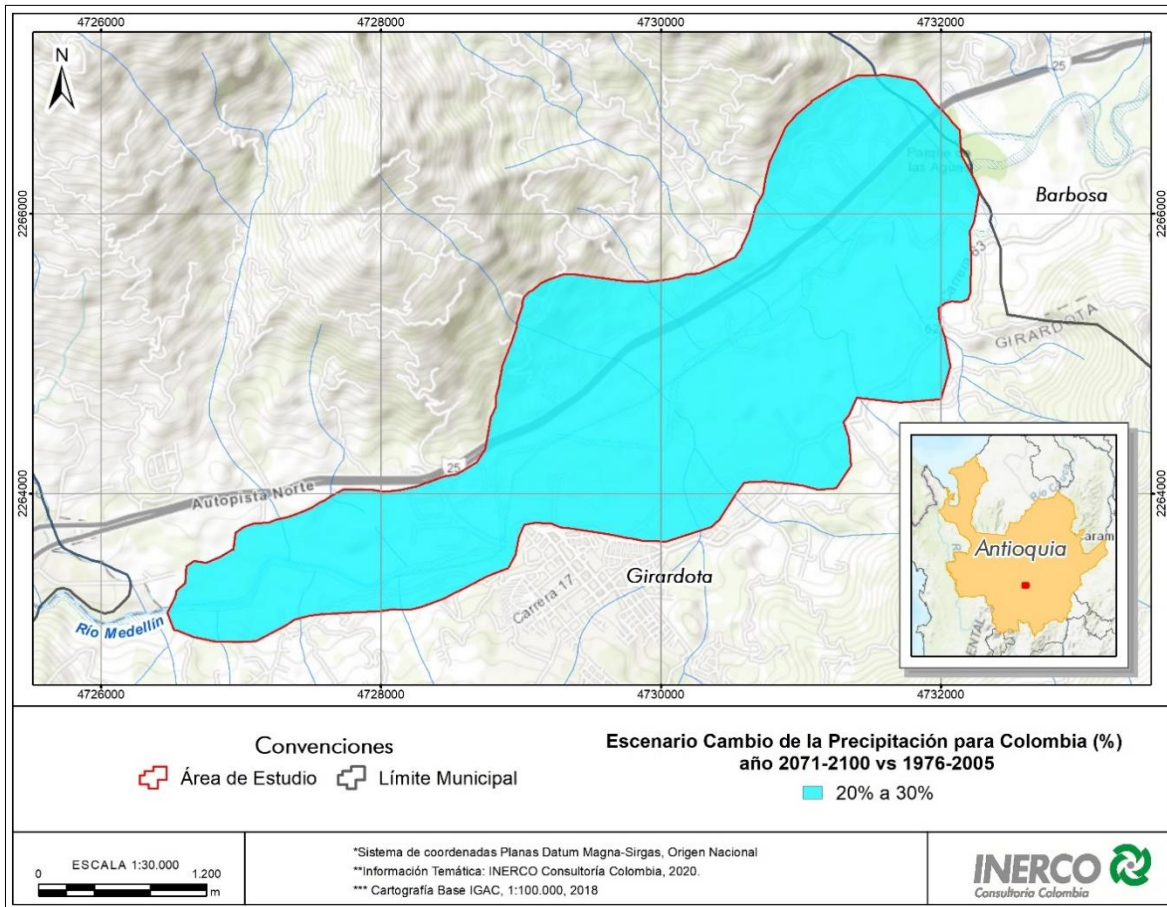


Fuente: IDEAM. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

#### 1.2.3.1.4 Escenario 2071 - 2100

Con respecto al escenario de cambio de precipitación para el periodo 2071-2100 vs. 1976-2005, se estima un incremento que va de 20 % a 30 % en el área de estudio Girardota, lo que corresponde a una condición de exceso. Considerando los datos históricos que presentan un régimen de precipitación medio para la zona de estudio, entre 1.500 mm y 2.000 mm, para el 100 % del área, una variación como la proyectada en este escenario repercutiría significativamente en el posible aumento de eventos de origen hidrometeorológico sensibles a las variaciones de precipitación (inundaciones, avenidas torrenciales y remoción en masa), y en la disminución de otros (sequías o incendios forestales).

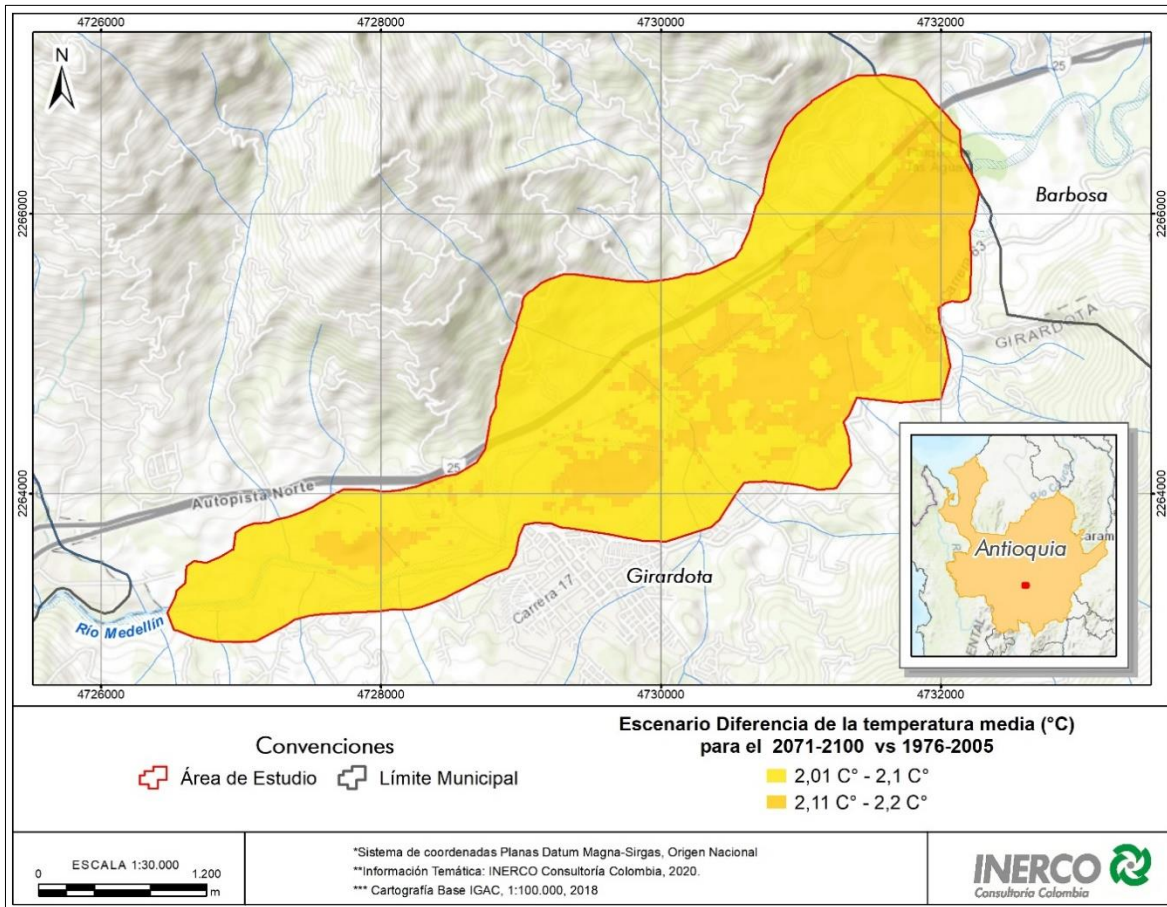
Figura 1-31. Cambio de precipitación 2071-2100 vs. 1976-2005, Girardota



Fuente: IDEAM. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

Para la temperatura media en el escenario 2071-2100 vs. el periodo 1976-2005, se esperarían incrementos de 2,01 °C a 2,1 °C en el 67,7 % en el área de estudio de Girardota; mientras, para el área restante (32,3 %) la variación estaría entre 2,11 °C y 2,2 °C. En los dos casos existirían aumentos de temperatura categorizados como altos. Teniendo en cuenta las temperaturas históricas medias, entre 19 °C y 21 °C, las variaciones de este escenario pueden representar la exacerbación de ciertos eventos a largo plazo, tales como sequías y olas de calor.

Figura 1-32. Cambio de temperatura media 2071-2100 vs. 1976-2005, Girardota



Fuente: IDEAM. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

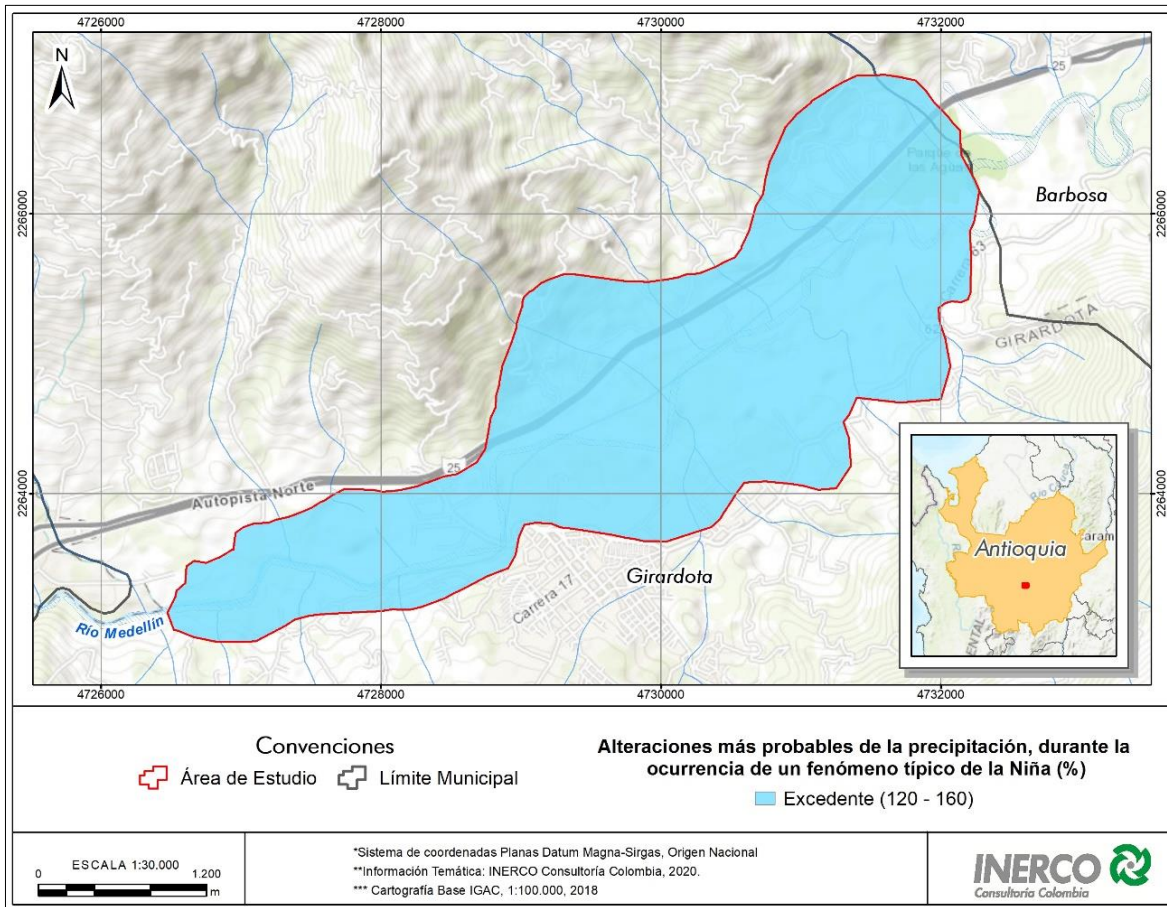
### 1.2.3.2 Fenómenos de variabilidad climática

#### 1.2.3.2.1 Fenómeno de La Niña

Ante un escenario de un fenómeno típico de La Niña, la probable alteración de la precipitación sería un incremento entre 120 % y 160 % en el área de Girardota, lo que constituye un exceso. Este hecho implica modificaciones significativas en las tendencias actuales de ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos, con una probable ocurrencia de fenómenos como inundaciones, avenidas torrenciales y procesos de remoción en masa.



Figura 1-33. Variación de precipitación por fenómeno de La Niña, Girardota

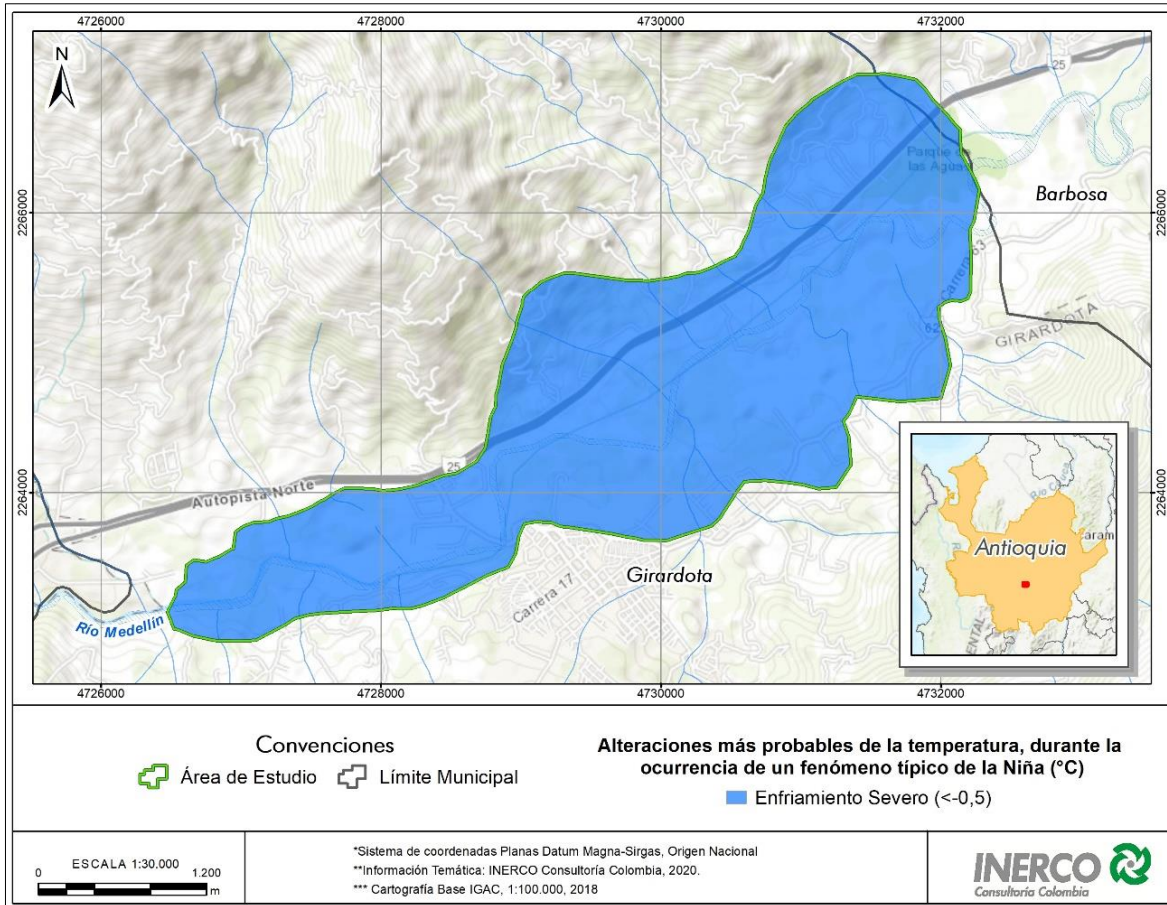


Fuente: IDEAM. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

En cuanto a la temperatura, ante la ocurrencia de un fenómeno típico La Niña, se esperaría una reducción por debajo de  $-0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , lo que corresponde a un enfriamiento severo. Esta variación no incidiría directamente en las tendencias a la ocurrencia de fenómenos de origen hidrometeorológico, aunque aportaría a la reducción de la probabilidad de ocurrencia de fenómenos, tales como olas de calor y sequías.



Figura 1-34. Variación de temperatura por fenómeno La Niña, Girardota

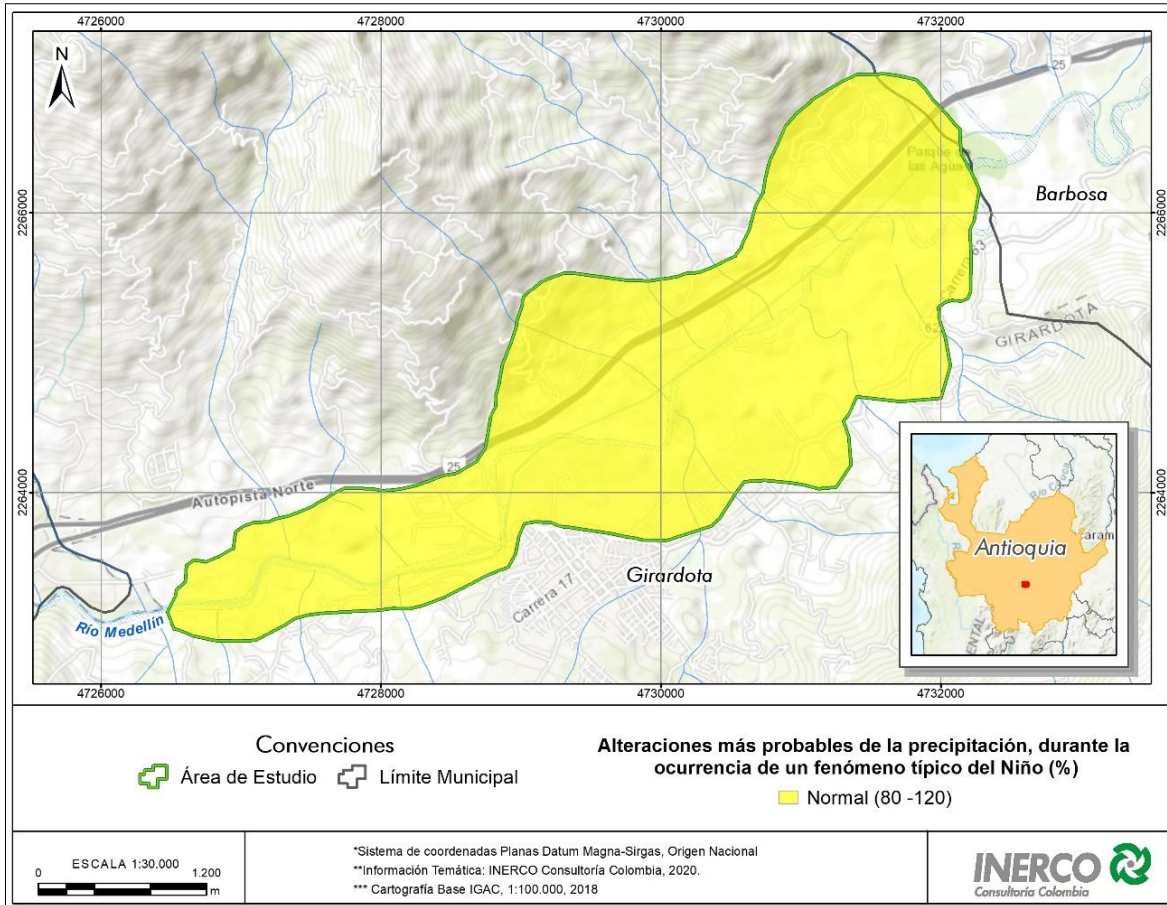


Fuente: IDEAM. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

### 1.2.3.2.2 Fenómeno de El Niño

Ante un escenario de un fenómeno típico de El Niño, la probable alteración de la precipitación estaría dentro de un intervalo normal, entre 80 % y 120 %, en el área de Girardota, lo cual no modificaría significativamente las tendencias actuales de ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos.

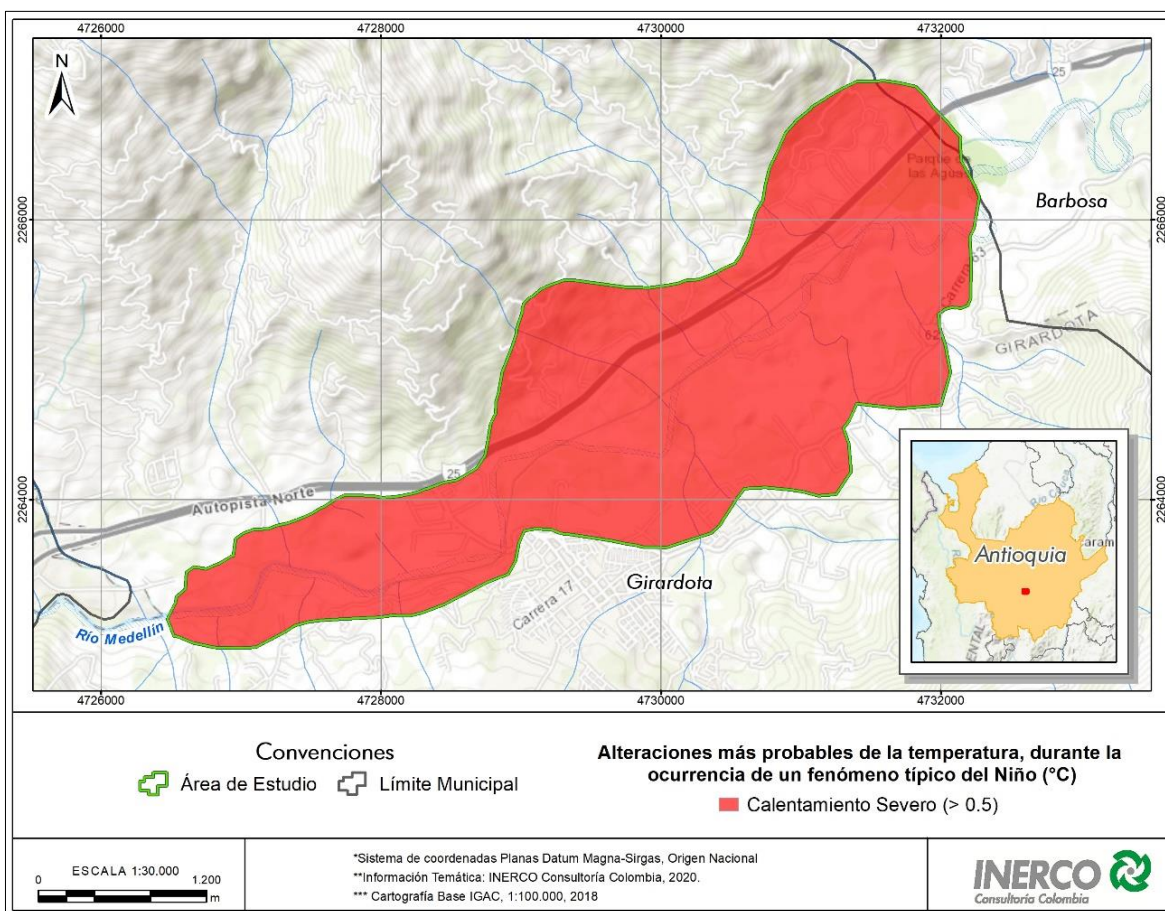
Figura 1-35. Variación de precipitación por fenómeno El Niño, Girardota



Fuente: IDEAM. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

Ante la ocurrencia de un fenómeno típico de El Niño, se espera un calentamiento severo (mayor a 0,5 °C), lo cual, aunado a las temperaturas registradas históricamente en la zona, puede exacerbar los fenómenos de olas de calor o sequías.

Figura 1-36. Variación de temperatura por fenómeno de El Niño, Girardota



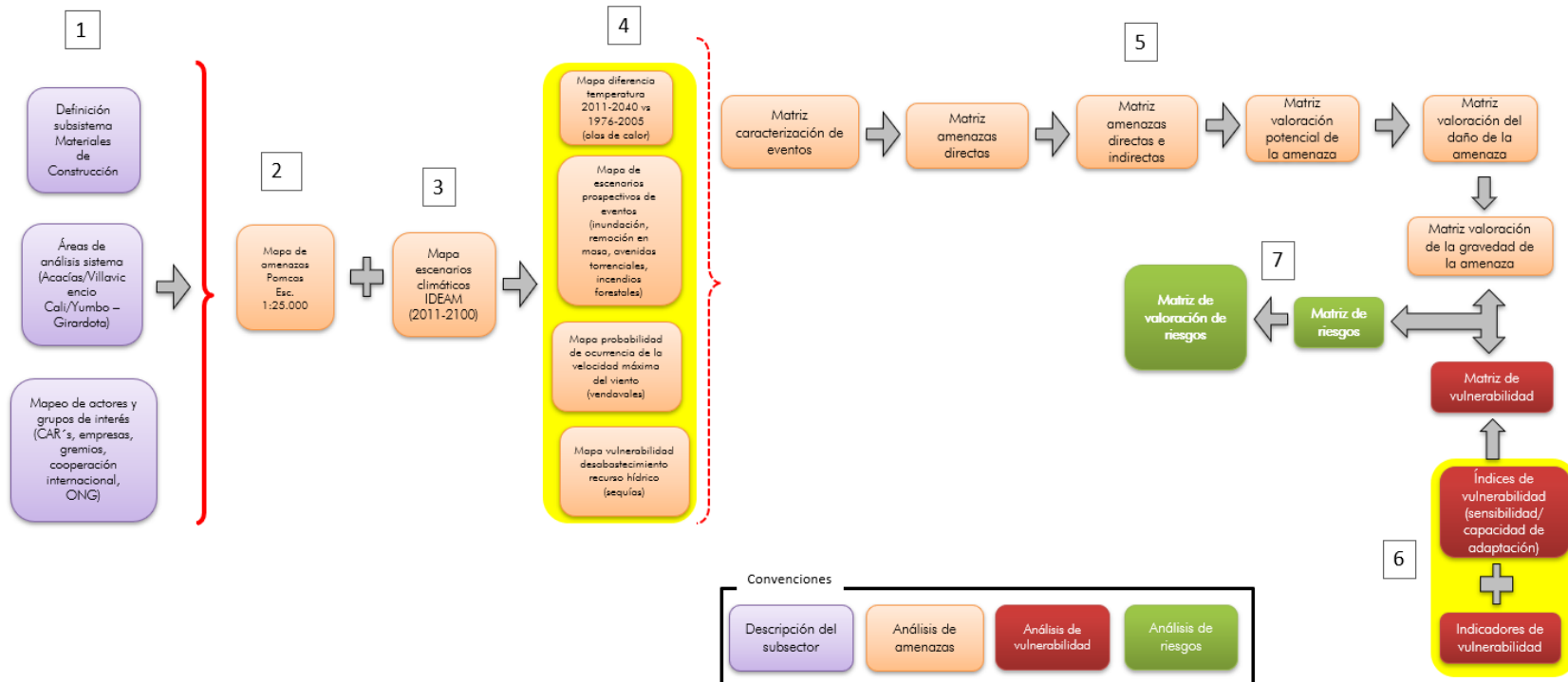
Fuente: IDEAM. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

## 2. METODOLOGÍA

La metodología aplicada para el análisis de vulnerabilidad y riesgo para el subsistema de materiales de construcción y su entorno frente al cambio climático y la variabilidad climática sigue la línea metodológica establecida en el estudio *Consultoría para la formulación del plan de gestión integral de cambio climático del sector minero-energético, que responda a las obligaciones establecidas en el artículo 170 de la Ley 1753 de 2015*, elaborado por INERCO Consultoría Colombia para el Ministerio de Minas y Energía, pero introduce mejoras en varios aspectos como se explica a continuación.

La metodología que permite obtener los escenarios de riesgos prospectivos por evento y por componente del subsistema de materiales de construcción se articula mediante un análisis que se realiza mediante los pasos que se presentan en la figura 2-1.

Figura 2-1 Esquema metodológico para la estimación y cálculo de las vulnerabilidades y riesgos del subsector de materiales de construcción en Colombia



Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020.



1. El primer paso es la definición y caracterización de los componentes del subsistema de materiales de construcción que serán evaluados para las áreas geográficas de análisis establecidas mediante un ejercicio de priorización. Estas áreas son Acacías-Villavicencio (área de suministro de materiales de construcción para Bogotá), Cali-Yumbo (área de suministro de materiales de construcción para Cali) y Girardota (área de suministro de materiales de construcción para Medellín). Igualmente, se realiza el mapeo de actores y grupos de interés con los cuales se interactuará para obtener información de primera mano del subsector. Dichos datos serán empleados para los análisis posteriores.
2. En el segundo paso se incorporan a un Sistema de Información Geográfica (SIG) los mapas de amenazas por inundación, remoción en masa, avenidas torrenciales e incendios forestales que se presentan en los Planes de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA) a escala 1:25.000 que cubren las áreas de estudio. En este caso se contó con la existencia de esta información que aporta a una escala de buen detalle la cartografía de algunas de las amenazas que se analizan dentro del marco metodológico. Esta información supone una mejora en la calidad de la información empleada dado que no es necesario establecer los mapas de susceptibilidad virtual.
3. El tercer paso es incorporar al SIG los mapas *raster* de las estimaciones del escenario de cambio climático para temperatura y precipitaciones elaborado por el IDEAM para los períodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100.
4. El cuarto paso consiste en generar los mapas de escenarios prospectivos del posible comportamiento de los eventos analizados (inundaciones, remoción en masa, avenidas torrenciales, incendios forestales) en términos de los escenarios de cambio climático futuro. Para este efecto se cruzaron los mapas de las estimaciones del escenario de cambio climático elaborados por el IDEAM para precipitaciones con los mapas de amenaza de inundaciones, remoción en masa y avenidas torrenciales de los POMCA que cubren las áreas de estudio. Igualmente se cruzó el mapa de escenario de cambio climático para temperatura con el mapa de incendios forestales del POMCA.

Asimismo, se tuvieron en cuenta el mapa de diferencia de temperatura 2011-2040 vs 1976-2005 del IDEAM para el análisis de la amenaza de las olas de calor y el mapa de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico del Estudio Nacional del Agua de 2014 para el mapa de amenaza de sequía.

De este ejercicio se obtiene la propensión de cada área a sufrir con mayor o menor intensidad los eventos en cuestión dada la variación de la precipitación y temperatura, según corresponda. Esta descripción del comportamiento futuro del evento es un escenario, es decir, no es una predicción, ni una estimación probabilística, sino una descripción de un comportamiento plausible del evento en esas condiciones.

5. En el quinto paso se elaboran las matrices de amenazas en las que, en primera instancia, se establece la matriz de caracterización de los eventos y subeventos (inundación, remoción en masa, avenidas torrenciales, incendios forestales, sequía y olas de calor) por incremento y disminución de precipitación al igual que por aumento de temperatura y variabilidad climática, a partir del análisis de los mapas de escenarios prospectivos de eventos y de amenazas.

Luego se establece la matriz de amenazas directas con el propósito de determinar la posibilidad de que los sub eventos del cambio climático constituyan una amenaza para cualquiera de los componentes del sistema minero o para su entorno.

Seguidamente, se establece la matriz de amenazas directas e indirectas para cada componente del subsistema minero con el propósito de identificar las posibles amenazas indirectas sobre cada uno de los componentes del sistema minero que se derivan de las amenazas directas identificadas en la matriz anterior. Después, se calcula la matriz de valoración potencial de la amenaza con el propósito de asignar la posibilidad de ocurrencia de las amenazas (daño) directas e indirectas identificadas de acuerdo con escala 1 a 3, siendo 3 la posibilidad más alta.

Luego, se calcula la matriz de valoración del daño de la amenaza con el propósito de asignar el potencial de daño derivado de cada amenaza directa e indirecta de acuerdo con una escala compuesta de dos factores, centralidad del elemento afectado y potencial de modificación del elemento afectado.

Por último, se obtiene la matriz de valoración de gravedad de la amenaza con el propósito de sintetizar el análisis de amenazas y determinar la gravedad de cada una, en función de las asignaciones previas de posibilidad y potencial de daño, entre amenazas graves, relevantes y secundarias.

6. En el sexto paso se establecen los indicadores de vulnerabilidad para obtener los índices de vulnerabilidad (sensibilidad y capacidad de adaptación) de los componentes del subsistema de producción de materiales de construcción.
7. Finalmente, en el séptimo paso se cruzan la matriz de valoración de la gravedad de la amenaza con la matriz de vulnerabilidad para obtener en primera instancia la matriz de riesgos y posteriormente la matriz de valoración de riesgos derivados de los eventos del cambio climático y la variabilidad climática para cada uno de los componentes del subsistema de producción de materiales de construcción.

### 3. CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA OPERACIÓN MINERA BAJO LOS ESCENARIOS DE CAMBIOS DE PATRONES CLIMÁTICOS DEFINIDOS

La TCNCC y los escenarios de cambio climático propuestos por el IDEAM se refieren fundamentalmente a alteraciones en los patrones de precipitación y temperatura a escala global y regional. Estas variaciones modifican el ciclo hidrológico y afectan diferencialmente a las regiones, dependiendo de su ubicación geográfica.

Los procesos de modelación a escala global ofrecen un panorama prospectivo a manera de escenario, pero no representan con suficiente detalle las implicaciones en el ciclo hidrológico tanto a escala regional como a escala de cuencas. Esta situación está documentada en los informes de IPCC, en los que se indica que «los modelos climáticos no simulan con precisión el ciclo del agua a una resolución suficiente como para atribuirles impactos hidrológicos de origen antropogénico o de cambio climático a escala de cuenca»<sup>33</sup>

Según lo mencionado, se debe tener presente que las proyecciones y los escenarios planteados por cualquiera de las agencias o estudios especializados son limitados y sus resultados se deben ser un soporte a la toma de decisiones en política pública o sectorial, más que como predicciones del futuro. La aplicación o interpretación de los escenarios en regiones o cuencas específicas debe contemplar la utilización de resultados mucho más detallados.

Las variaciones planteadas por los diferentes escenarios de cambio climático modifican los sistemas físicos y biológicos en todos los continentes y océanos. En particular, se demuestra que la temperatura regional se ha incrementado<sup>34</sup>. Dentro de los efectos sobre el ciclo hidrológico se observaron cambios en la nieve, el hielo y el suelo congelado (permafrost), además de modificaciones en el tamaño y número de lagos glaciares, y un incremento en la escorrentía de los ríos alimentados por estos<sup>35</sup>.

Desde la publicación del IPCC en 2007, se han producido dos reportes especiales presentados en 2012 y que luego fueron reforzados por los trabajos sobre el AR5 en 2014: el primero se titula *The Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation* y el segundo se denomina *Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to*

---

<sup>33</sup> JIMÉNEZ, Blanca *et al.* Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Parte A: Aspectos globales y sectoriales. Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [En línea]. Reino Unido y Nueva York: Cambridge University Press [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, y L.L. White (eds.)], 2014. p. 235. [Consultado en 2020-12-02]. Capítulo 3: Freshwater resources. Disponible en: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-PartA\\_FINAL.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-PartA_FINAL.pdf)

<sup>34</sup> Rosenzweig, C. *Et al.* Assessment of observed changes and responses in natural and managed systems. En IPCC, *Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* p. 81.

<sup>35</sup> Burkett, V. R. *et al.* Point of departure. En IPCC, *Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: global and sectoral aspect. Contribution of Working group II to the Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* p. 183. Cambridge, Reino Unido: C. V. Field (Ed.).

*Advance Climate Change Adaptation*, elaborados por los grupos de trabajo II y III y útiles para estimar los posibles fenómenos amenazantes para la minería.

En dichas publicaciones, los grupos de trabajo plantean las conexiones entre tres elementos básicos: la detección del cambio climático o sus impactos, la atribución de aquellos impactos en el incremento de los gases de efecto invernadero y la proyección de estos impactos en el siglo XXI. Finalmente, listan 34 fenómenos observados y atribuibles al cambio climático y sus proyecciones para el periodo 2050-2100<sup>36</sup>.

Dentro de los impactos detectados (subeventos en el lenguaje de esta metodología), se evidencia que el aumento en el nivel del mar ostenta un alto grado de certeza (prácticamente seguro); en otras palabras, es muy seguro que ocurra durante el siglo XXI. También, se encuentra, con este alto grado de certeza en el futuro, el crecimiento de los días y noches calientes en la superficie terrestre<sup>37</sup>

Con alto grado de certeza de ocurrencia en el futuro, además, se encuentran la reducción de los recursos hidráulicos y la inestabilidad de las montañas, entendida como un incremento en la remoción en masa. Sin embargo, este último se clasifica como de alta certeza, mientras la reducción en recursos hidráulicos se cataloga como no valorada, es decir, que no cuenta con una apreciación concreta debido, en gran medida, a insuficiencia de datos o falta de acuerdos<sup>38</sup>.

Los eventos de alta precipitación son clasificados como de alta detección y de mediana certeza de ocurrencia en el futuro; sin embargo, se debe aclarar que estas proyecciones aumentarían en algunas regiones y disminuirían en otras, aunque serían aún más posible que las regiones sufran un aumento que un descenso<sup>39</sup>

En relación con las sequías e inundaciones, las proyecciones indican que son eventos que se presentarían con una valoración de mediana certeza para ambos impactos. La ocurrencia y frecuencia de los eventos variarían de acuerdo con la región. Así, para las sequías se estima que aumentarían en la mayoría de las regiones, aunque para las inundaciones no habría una tendencia clara o variación significativa en la región.

El incremento en la intensidad y frecuencia de eventos hidrológicos extremos, como las inundaciones, han sido atribuidos al cambio climático; sin embargo, para estimar una alteración de este fenómeno es necesario cuantificar las incertidumbres de la variabilidad del clima bajo varias condiciones<sup>40</sup>.

---

<sup>36</sup> *Ibíd.* p. 185.

<sup>37</sup> *Ibíd.*

<sup>38</sup> *Ibíd.* p. 186.

<sup>39</sup> *Ibíd.*

<sup>40</sup> JIMÉNEZ, Blanca *et al.* Óp. cit., pág. 236.



Los impactos y las proyecciones del cambio climático sobre los recursos hidráulicos y su manejo se deben principalmente al incremento en la temperatura, el nivel del agua del océano y los cambios en la precipitación local. Para una atribución robusta del cambio climático todas estas variables del cambio hidrológico deberían ser identificadas, con asignación de niveles de confianza.

### 3.1 Definiciones de los subeventos considerados para el análisis de riesgo

A continuación, se presentan las definiciones de cada una de las amenazas (subeventos en el lenguaje de esta metodología) que se han considerado para el análisis de riesgo ante el cambio climático y la variabilidad climática del subsector de materiales de construcción en las tres áreas priorizadas: Acacías – Villavicencio, Cali – Yumbo y Girardota.

#### 3.1.1 Inundaciones

Como consecuencia de las fuertes lluvias y las crecientes torrenciales se podrían presentar inundaciones, las cuales se producen por el desbordamiento del cauce, debido a que su capacidad hidráulica se ha visto excedida por el volumen de agua generado por la lluvia.

De acuerdo con el IPCC, este fenómeno varía regionalmente, o no presentaría una tendencia clara, por eso se clasifica con de baja confianza de ocurrencia. Sin embargo; según los eventos presentados durante los últimos años en Colombia en temporadas del ENSO en su fase «La Niña», se ha observado un aumento en la magnitud de este fenómeno al igual que en su frecuencia<sup>41</sup>.

#### 3.1.2 Avenidas torrenciales (crecientes súbitas)

Las avenidas torrenciales son un tipo de movimiento en masa que se desplaza generalmente por los cauces de los cuerpos de agua. Estas llegan a transportar volúmenes importantes de sedimentos y escombros a grandes velocidades y, en consecuencia, causan afectación a los habitantes e infraestructura ubicados en las zonas de acumulación y de cuencas de montaña susceptibles<sup>42</sup>. Estas afectaciones dependen en gran medida de las condiciones naturales de la cuenca y la intensidad de la precipitación.

---

<sup>41</sup> INERCO CONSULTORÍA COLOMBIA. Implementación del mapa de ruta para la adaptación del sector energético al cambio climático. *Ibíd.*

<sup>42</sup> CABALLERO J,H. Las avenidas torrenciales: una amenaza potencial en el Valle de Aburrá. [En línea]. 2011. Revista Gestión y Ambiente Vol. 14-No.3 Medellín, pp 45-50. Disponible en: <<https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/download/29734/29973/106809>>

### 3.1.3 Fenómenos de remoción en masa

Los movimientos en masa se potencian gracias a procesos geológicos, químicos, mecánicos y especialmente hidrometeorológicos. Todos estos fenómenos se podrían combinar para actuar sobre las laderas y desestabilizarlas y, como resultado, ocasionar una caída de grandes cantidades de material. La falta de consideración de estos eventos podría ser grave, tanto por las pérdidas de bienes como humanas.

En términos generales, el IPCC considera que estos eventos se incrementarían con alto grado de ocurrencia, debido a la influencia antropogénica y de eventos hidroclimatológicos desencadenados por efectos del cambio climático. Como lo ha señalado esta entidad, el crecimiento de la pluviosidad y vientos es meramente regional; sin embargo, se espera un aumento generalizado de estos fenómenos, lo que en conjunto incrementa la degradación del suelo.

Por otro lado, las lluvias intensas son muy susceptibles a incrementar en intensidad y frecuencia<sup>43</sup>, lo que puede generar un incremento en la erosión del suelo y consecuentemente en la producción de sedimentos de las cuencas<sup>44</sup>.

### 3.1.4 Olas de calor

Se define una ola de calor como incremento general de los días cálidos, tanto en temperatura como en frecuencia<sup>45</sup>, y su ocurrencia se clasifica como prácticamente segura con mayor frecuencia y de manera más prolongada<sup>46</sup>. Para Colombia, estas condiciones de variación en la temperatura se cuentan con las olas de calor entendidas como periodo cálido extendido superior a las condiciones normales climáticas del área. Se debe aclarar que este fenómeno va acompañado de escenarios de alta humedad<sup>47</sup>.

---

<sup>43</sup> Seneviratne, S.I., Nicholls, N., Easterling, D., Goodess, C.M., Kanae, S., Kossin, J., Zhang, X. (2012). Changes in climate extremes and their impacts on the natural physical environment: an overview of the IPCC SREX report. En IPCC, & C. B. Field (Ed.), *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. A special report of Working groups I and II to the Fifth assessment report of the IPCC* (págs. 109 - 230). Cambridge, Reino Unido.

<sup>44</sup> INERCO CONSULTORÍA COLOMBIA. Implementación del mapa de ruta para la adaptación del sector energético al cambio climático. *Ibid.*

<sup>45</sup> COLOMBIA. INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). Características y tendencias a largo plazo de las olas de calor y de frío en Colombia [En línea]. *s.l.*, 2012. [Consultado en 2020-12-03]. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Oleadas+de+Calor+y+Frio.pdf/4330fcf3-a062-42bf-b7f3-c648227fb66d>

<sup>46</sup> JIMÉNEZ, Blanca *et al.* Óp. Cit.

<sup>47</sup> INERCO CONSULTORÍA COLOMBIA. Óp. cit.

### 3.1.5 Sequías o déficit de lluvias

Los eventos de sequía están directamente relacionados con las disminuciones de precipitación, y se determinan como la insuficiente disponibilidad de agua en una región por un periodo prolongado (se podrían presentar sequías de tipo meteorológico o hidrológico).

Una sequía meteorológica se produce cuando se presenta una escasez continua de las precipitaciones y, por lo general, va acompañada de temperaturas más altas en relación con la temperatura media, vientos de fuerte intensidad, humedad relativa baja, incremento de la evapotranspiración, menor cobertura de nubes y mayor insolación. Todo esto puede traducirse finalmente en reducciones en las tasas de infiltración, menor escorrentía, reducción en la percolación profunda y menor recarga de las aguas subterráneas.

Por otro lado, la sequía hidrológica es aquella relacionada con periodos de caudales que están por debajo de lo normal. A diferencia de la sequía agrícola, que tiene lugar poco tiempo después de la meteorológica, la sequía hidrológica puede durar varios meses.

Al igual que para el caso de los aguaceros torrenciales, el IPCC considera que las sequías presentarían un comportamiento mixto, pero con tendencia a incrementar su intensidad y magnitud en la mayoría de las regiones. Se tiene proyectado este fenómeno como probable (66 % a 100 % de probabilidad de ocurrencia)<sup>48</sup>.

### 3.1.6 Incendios forestales

Los incendios forestales se producen por la combustión de la vegetación a partir de un fuego sobre la cobertura vegetal y sus causas pueden ser de origen natural o antrópico, dicho fuego se propaga de manera abierta y sin control lo que causa perturbaciones ecológicas (árboles, arbustos, pastos y/o cultivos)<sup>49</sup>. Para que se genere fuego es necesario la existencia de tres elementos: un origen de calor, el combustible (vegetación) y el aire. Una vez causado, la propagación del incendio se ve influenciada por tres factores: el tipo de combustible, la climatología y la topografía<sup>50</sup>.

## 3.2 Análisis de amenazas en las áreas priorizadas para el análisis de riesgo

A continuación, se presenta la información del comportamiento de cada una de las amenazas consideradas en el análisis de riesgo en las tres áreas que se priorizaron para el desarrollo de la consultoría. Esta información proviene de fuentes secundarias oficiales como los planes de

---

<sup>48</sup>Ibíd.

<sup>49</sup> Plana, E.; Font, M.; Serra, M.. Los incendios forestales, guía para comunicadores y periodistas. Proyecto eFIRECOM. [En línea]. 2016. Ediciones CTFC. 32pp. Disponible en: <[http://efirecom.ctfc.cat/docs/efirecomperiodistes\\_es.pdf](http://efirecom.ctfc.cat/docs/efirecomperiodistes_es.pdf)>

<sup>50</sup> UNIDAD NACIONAL PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES. "Lo que usted debe saber sobre incendios de cobertura vegetal". [En línea]. 2019. pág. 17. Disponible en: <[https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/28309/Cartilla\\_Incendios\\_2019-.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/28309/Cartilla_Incendios_2019-.pdf?sequence=4&isAllowed=y)>

ordenamiento y manejo de las cuencas hidrográficas en las que se ubican las áreas de estudio, cartografía del IDEAM relacionada con la diferencia de temperatura (para el análisis de olas de calor), cartografía del Estudio Nacional del Agua de 2014, relaciona con vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico (para el mapa de amenaza por sequía), entre otros.

Adicionalmente, se presenta el escenario prospectivo para cada una de las amenazas considerando el escenario 2011 – 2040 de cambio climático del IDEAM, debido a que las predicciones de dicho escenario son las que cuentan con menor nivel de incertidumbre y, por lo tanto, son las que se utilizan para analizar el riesgo de la cadena de valor del subsector de materiales de construcción ante los eventos de cambio climático y variabilidad climática.

Para obtener los escenarios prospectivos, se utilizaron las siguientes matrices de doble entrada que consideran los niveles de amenaza de cada uno de los subeventos analizados en las tres áreas de estudio, y las categorías definidas para los escenarios de cambio climático del IDEAM.

**Tabla 3-1** Matriz de doble entrada para la construcción de los escenarios prospectivos – Variación de la precipitación

		Nivel de amenaza para cada subevento		
		Baja	Media	Alta
Variación de la precipitación según la TCNCC del IDEAM	Déficit	Baja	Baja	Media
	Normal	Baja	Media	Alta
	Exceso	Media	Alta	Alta

Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020

**Tabla 3-2** Matriz de doble entrada para la construcción de los escenarios prospectivos – Variación de la temperatura

		Nivel de amenaza para cada subevento		
		Baja	Media	Alta
Variación de la temperatura según la TCNCC del IDEAM	Bajo	Baja	Baja	Media
	Medio	Baja	Media	Alta
	Alto	Media	Alta	Alta

Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020



### 3.2.1 Acacías – Villavicencio

#### 3.2.1.1 Estimación de subeventos derivados del cambio climático y la variabilidad climática

##### 3.2.1.1.1 Inundación

El modelo de amenaza por inundaciones considerado proviene del POMCA del río Guayuriba, del cual se obtienen los polígonos de amenaza a escala 1:25.000 que se presentan en la siguiente figura. Para el área de estudio Acacías-Villavicencio, el 83,5% se encuentra en amenaza alta, seguida por el 10,9% en amenaza media y el 5,6% en amenaza baja.

De acuerdo con lo establecido en el POMCA del río Guayuriba, en la cuenca media y baja, especialmente en los municipios de Acacías, Villavicencio, San Carlos de Guaroa y Puerto López, se ha presentado mayor relevancia la amenaza por inundación.

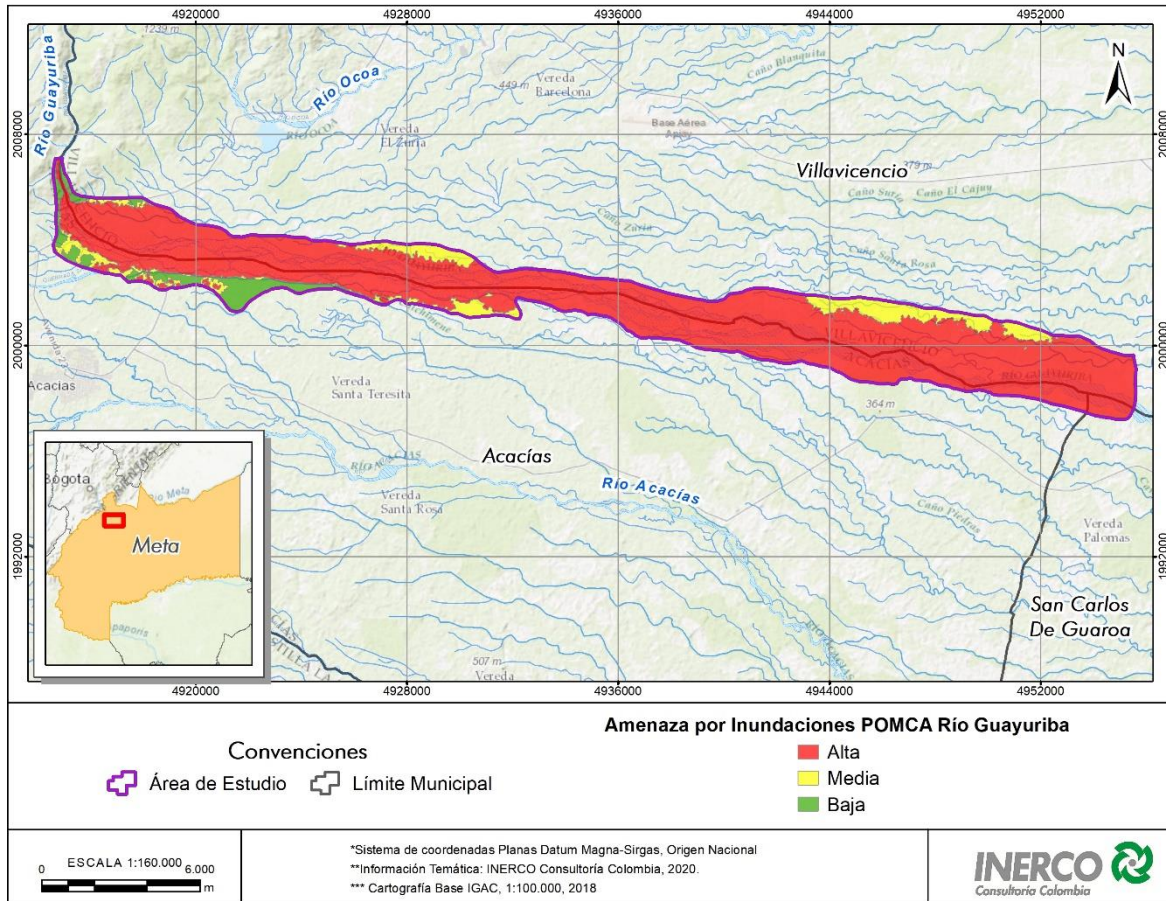
Los acontecimientos registrados están condicionados principalmente por depósitos aluviales y geoformas de origen fluvioaluvial asociadas a la dinámica y divagación histórica del río Guayuriba, presentando afectaciones a cultivos, vías, canteras y poblaciones, así mismo, denotando los problemas asociados a los niveles de urbanización de la cuenca, la imposibilidad de filtración de aguas por la impermeabilización de buena parte de la cuenca, la pérdida de cobertura vegetal que contribuye a reducir los volúmenes y velocidades de la escorrentía, entre otros aspectos.

En la parte media y alta se presenta amenaza de inundación por desbordamiento de los ríos principales, no obstante, estas se mantienen acotadas a los anchos de cada cuerpo de agua, alcanzando a afectar algunos sectores como la parte baja del centro poblado la Unión en Fómez y puntos específicos de la vía al llano y caseríos entre esta y el río Guayuriba<sup>51</sup>.

---

<sup>51</sup> CORMACARENA-CAR-CORPORINOQUIA-CORPOGUAVIO. Ajuste y actualización del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del río Guayuriba (3502): Fase de diagnóstico. Caracterización de las condiciones de riesgo. Elaborado por UT Guayuriba Sostenible. [En línea] 2019. pp.25-49. [Citado el 2021-02-02]. Disponible en Internet: <<https://drive.google.com/file/d/14dZu8mVSnOdqGpBvzpK87liKr6Uih86M/view>>

Figura 3-1 Amenaza por inundación área de estudio Acacias - Villavicencio



Fuente CAR et al<sup>52</sup>, Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

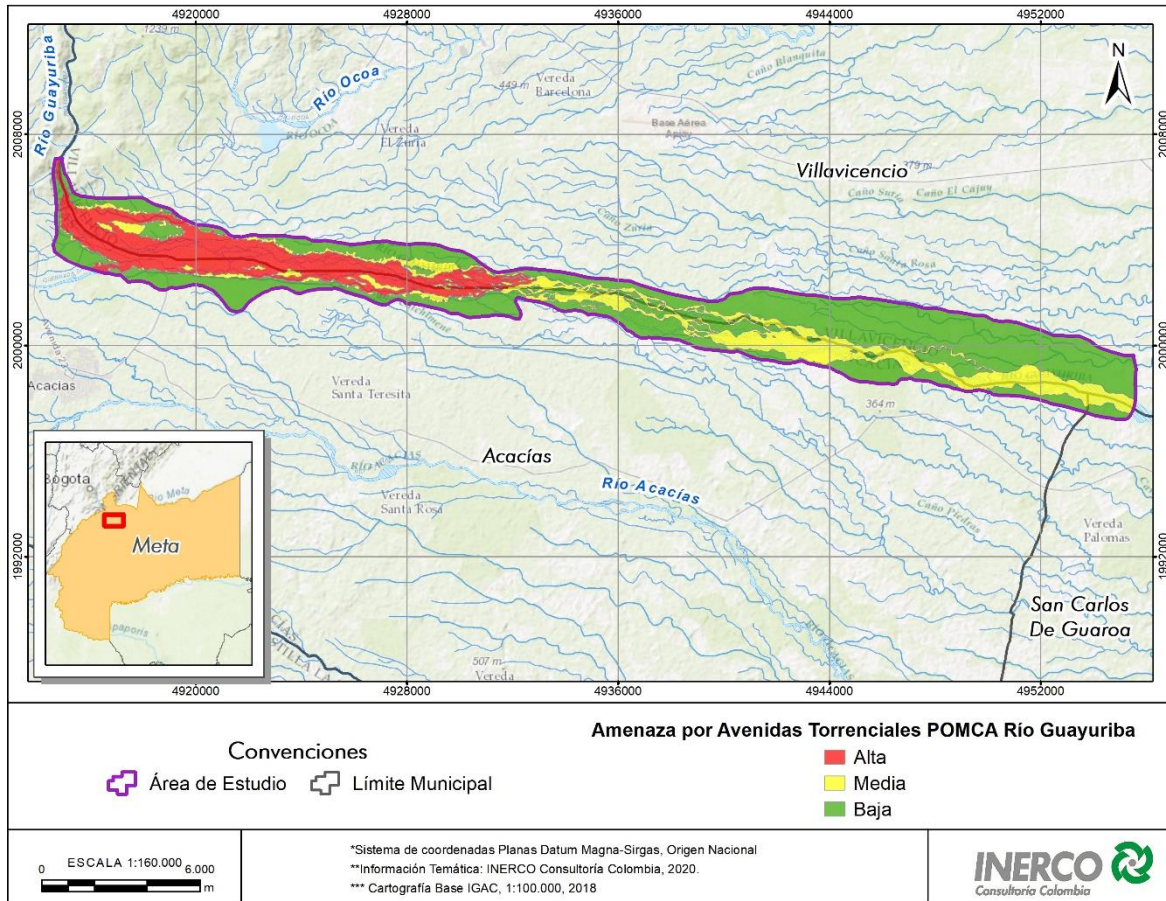
Considerando el escenario de aumento de precipitación en el periodo 2011 – 2040 del IDEAM, se ha obtenido el modelo prospectivo presentado en la figura 3-2. En este modelo, el 83,5% del área de estudio Acacias-Villavicencio se encontraría en zona de amenaza media, mientras el 16,5% restante estaría en amenaza baja.

<sup>52</sup> COLOMBIA. CAR, CORPOGUAVIO, CORMACARENA, CORPOORINOQUIA, UTGS. POMCA Río Guayuriba actualización: Climatología. Bogotá: CAR, CORPOGUAVIO, CORMACARENA, CORPOORINOQUIA, UTGS, 2018.





Figura 3-3 Amenaza por avenidas torrenciales área de estudio Acacias - Villavicencio

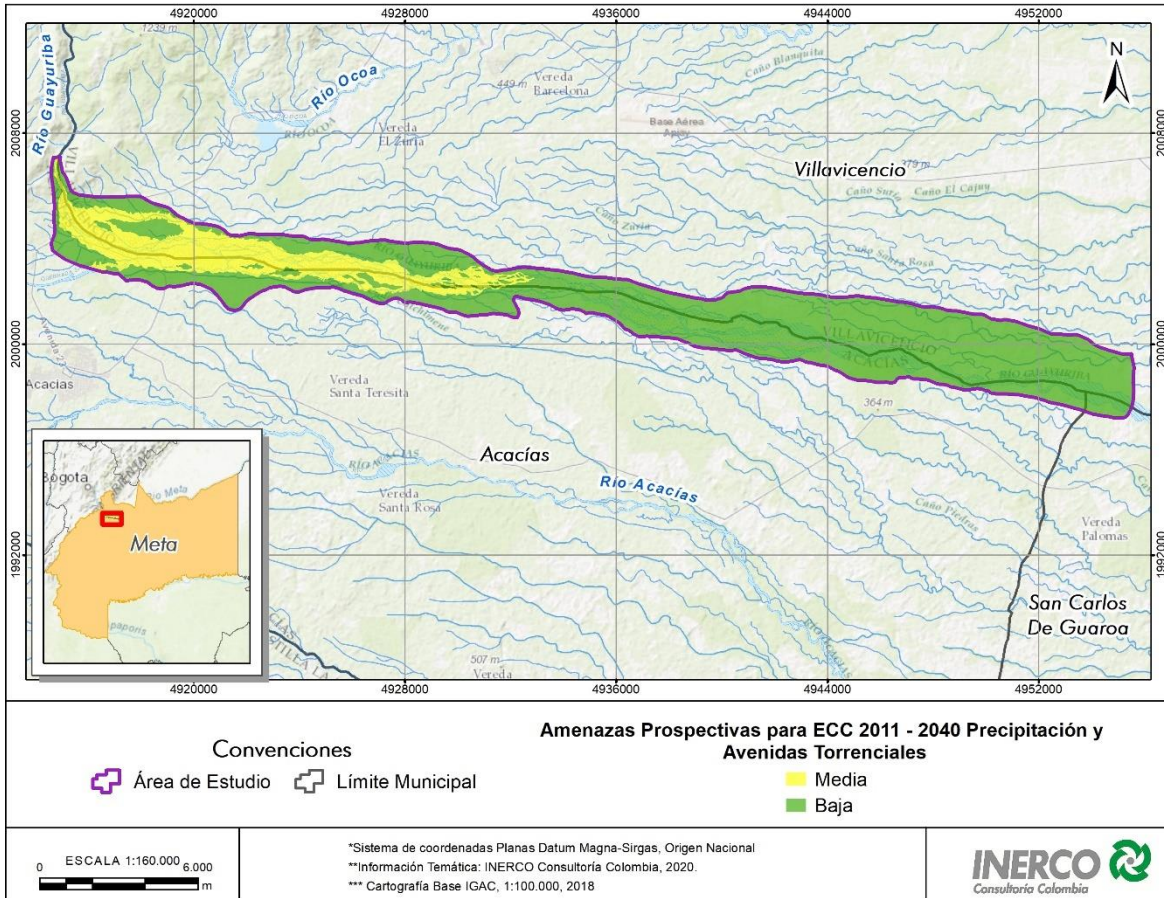


Fuente: CAR et al. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

Considerando el aumento de precipitación en el escenario 2011-2040 del IDEAM, se ha obtenido el modelo prospectivo presentado en la figura 3-4. En este modelo, el 80% del área Acacias-Villavicencio se encontraría en zona de amenaza baja, mientras el 16,5% restante lo estaría en amenaza media.



**Figura 3-4** Escenario prospectivo 2011 – 2040 amenaza por avenida torrencial. Aumento de precipitación, área de estudio Acacias – Villavicencio



Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020.

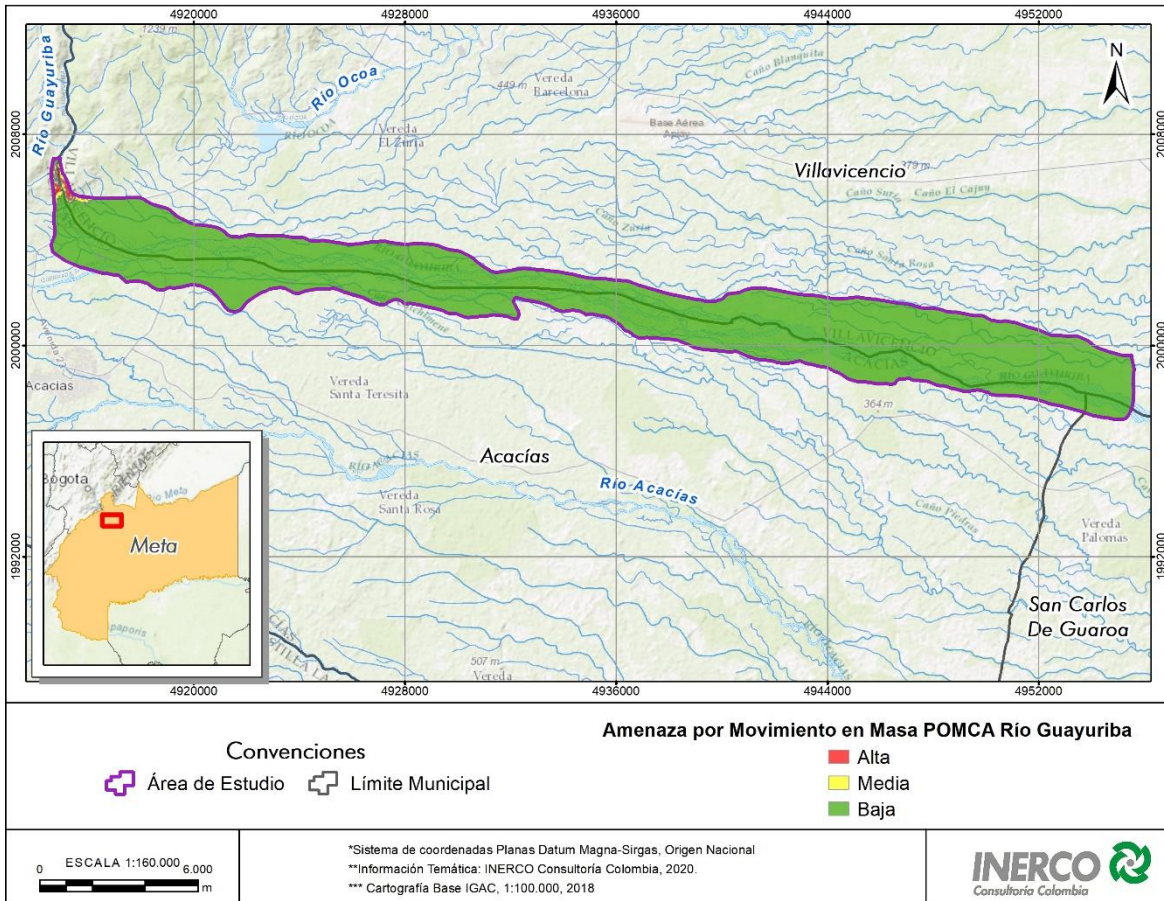
### 3.2.1.1.3 Fenómenos de remoción en masa

El modelo de amenaza por remoción en masa proviene del POMCA del río Guayuriba, del cual se obtienen a escala 1:25.000 los polígonos de amenaza que se presentan en la siguiente figura. Para el área de estudio Acacias-Villavicencio, el 99% se encuentra en amenaza baja, seguida por el 0,6% en amenaza media y el 0,4% en amenaza alta.

Los eventos de remoción en masa son registrados principalmente por flujos, caídas de roca y deslizamientos traslacionales relacionados con lomos denudados en unidades metasedimentarias y cuaternarias poco consolidadas con gran contenido de material terrígeno tamaño arcilla; sin embargo, en gran parte de la cuenca esta amenaza es baja principalmente en Acacias, Villavicencio, San Carlos de Guaroa y Puerto López gracias a que son terrenos de planicies o llanuras<sup>54</sup>.

<sup>54</sup> *Ibíd.*, pp.31-49

Figura 3-5. Amenaza por fenómenos de remoción en masa área de estudio Acacias - Villavicencio

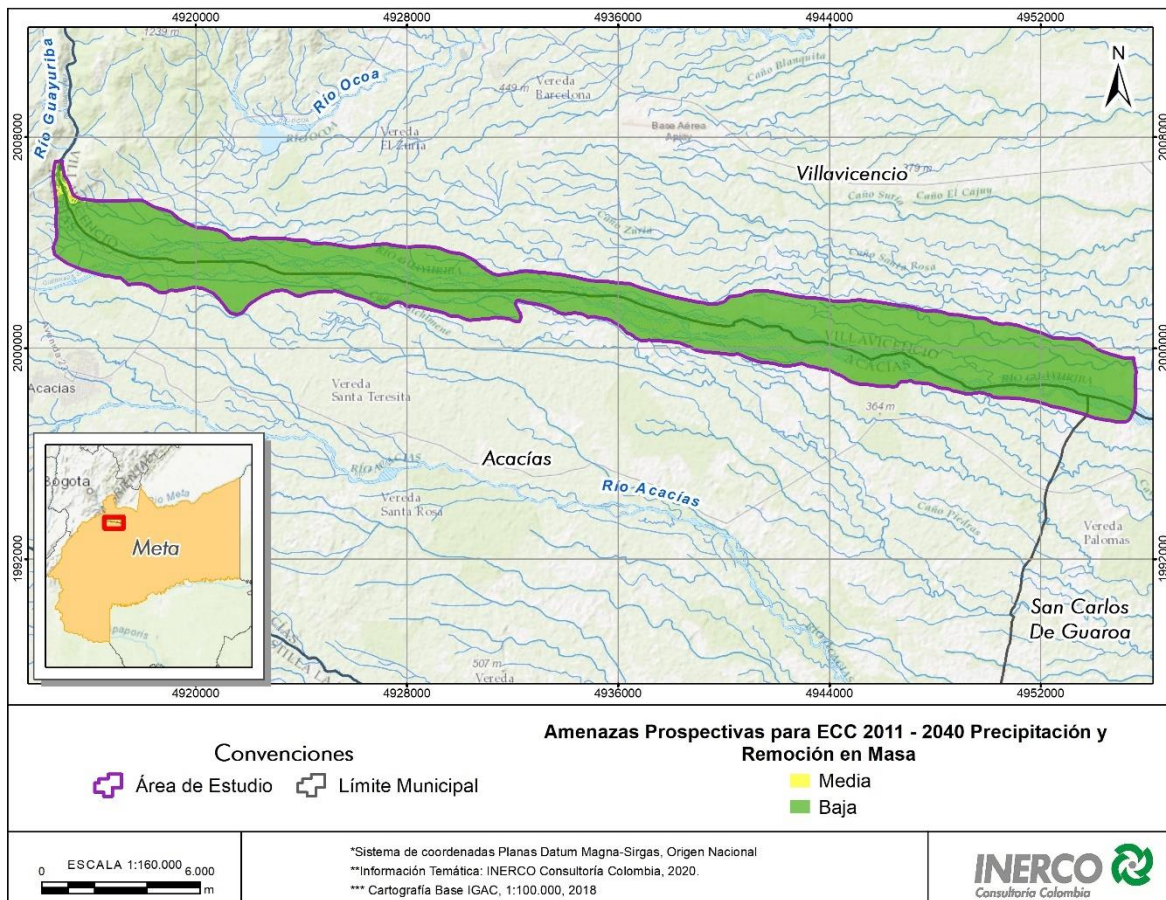


Fuente: CAR et al. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

Considerando el aumento de precipitación en el escenario 2011-2040 del IDEAM, se ha obtenido el modelo prospectivo presentado en la figura 3-6. En este modelo, el 99,6% del área Acacias-Villavicencio se encontraría en zona de amenaza baja, mientras el 0,4% restante lo estaría en amenaza media.



**Figura 3-6.** Escenario prospectivo 2011 – 2040 amenaza por remoción en masa. Aumento de precipitación, área de estudio Acacias - Villavicencio



Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020

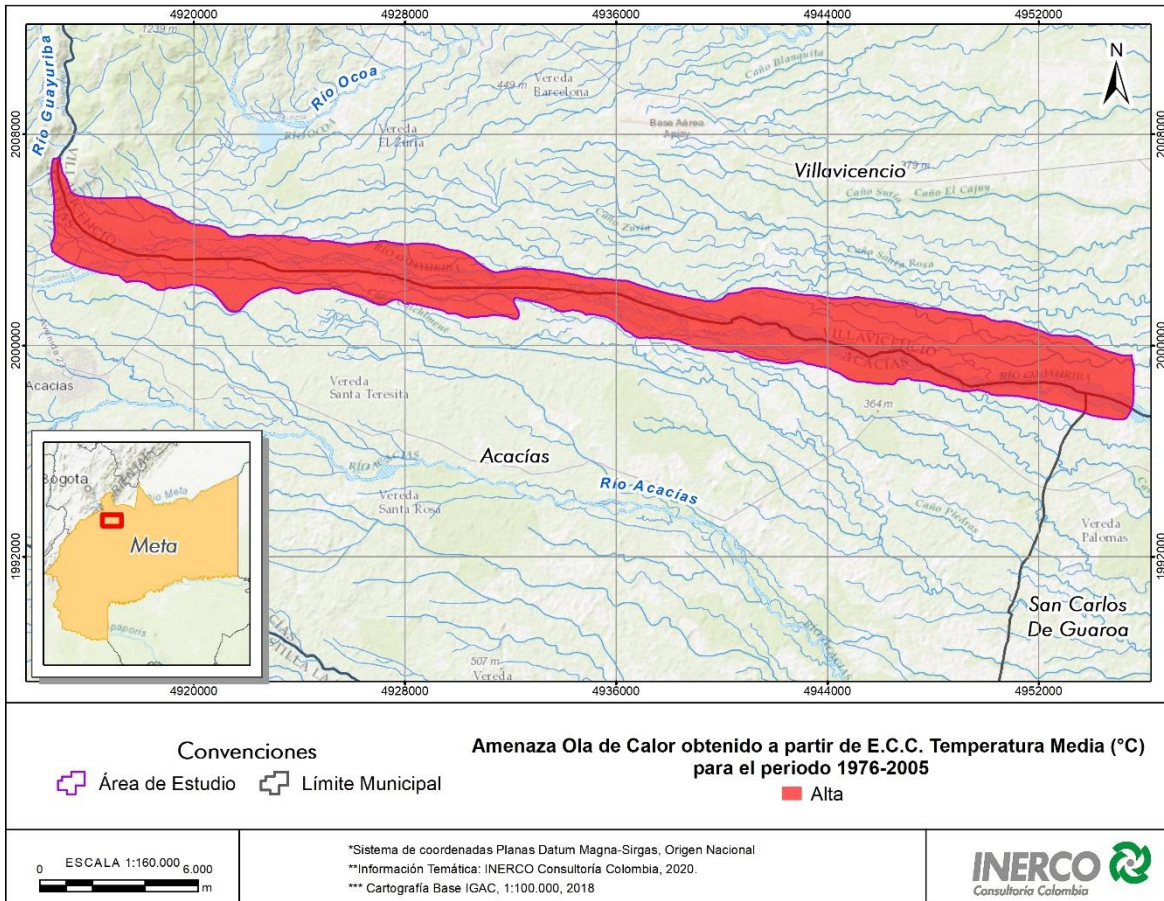
### 3.2.1.1.4 Olas de calor

La figura 3-7 presenta el mapa de amenaza por olas de calor obtenido para el área Acacias Villavicencio, tomando como base la información del mapa de diferencia de temperatura media 2011-2040 vs. 1976-2005 del IDEAM. Para definir los niveles alto, medio y bajo de amenaza, se reclasificaron los rangos presentados por el IDEAM utilizando la siguiente fórmula:  $(\text{temperatura máxima} - \text{temperatura mínima}) / 3$ , el resultado obtenido se presenta a continuación:

- < 3 °C-13 °C Baja
- 13,1 °C-23 °C Media
- 23,1 °C-32 °C Alta

De acuerdo con lo anterior, la calificación de la amenaza para toda el área de análisis es alta.

Figura 3-7. Amenaza por olas de calor área de estudio Acacias - Villavicencio



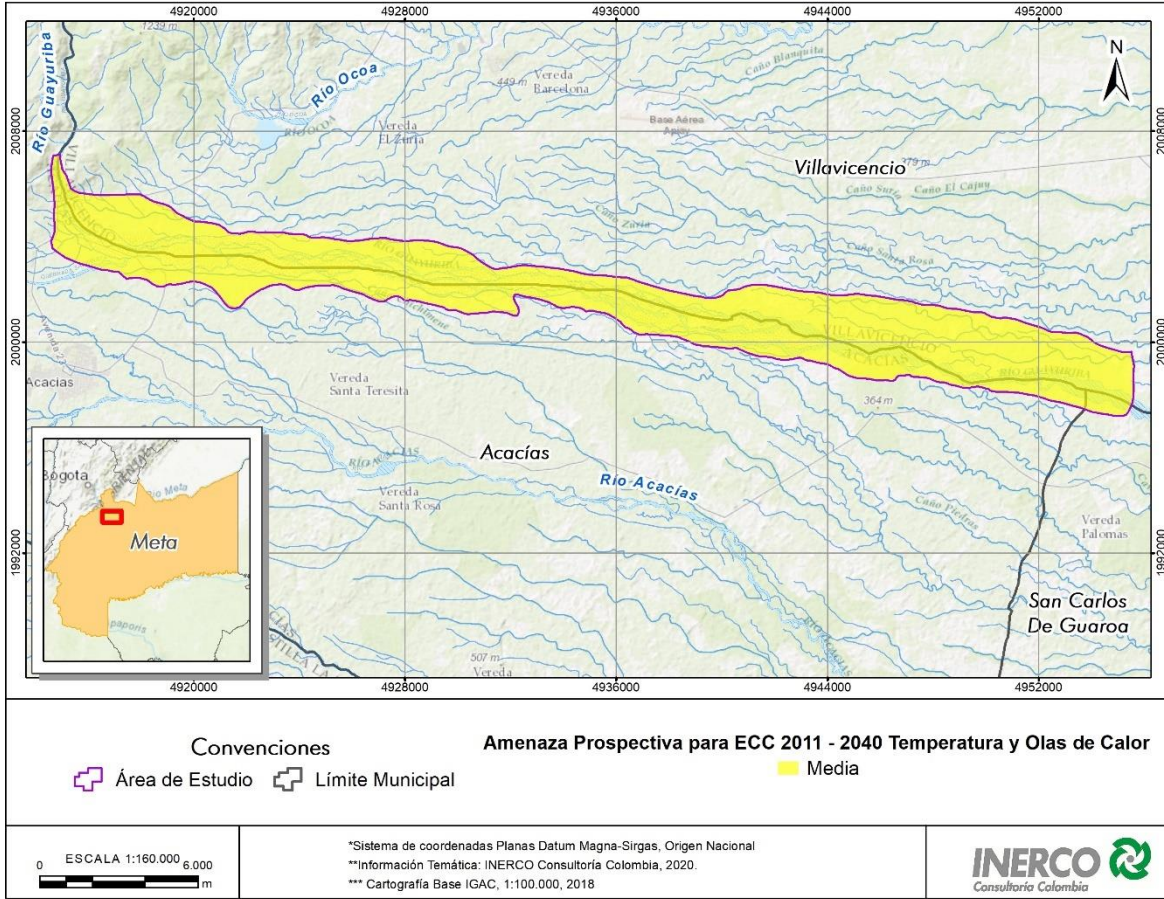
Fuente: IDEAM<sup>55</sup>. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

Considerando el aumento de temperatura en el escenario 2011-2040, el comportamiento de la amenaza es el que se presenta en la figura 3-8 donde se evidencia que el 100 % del área de estudio se encontraría en zona de amenaza media.

55 COLOMBIA. IDEAM. Mapa de Escenario Temperatura media (°C) para el periodo 1976-2005. Bogotá: IDEAM, 2015.



Figura 3-8 Escenario prospectivo 2011 – 2040 amenaza por olas de calor – aumento de temperatura, área de estudio Acacias - Villavicencio



Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020

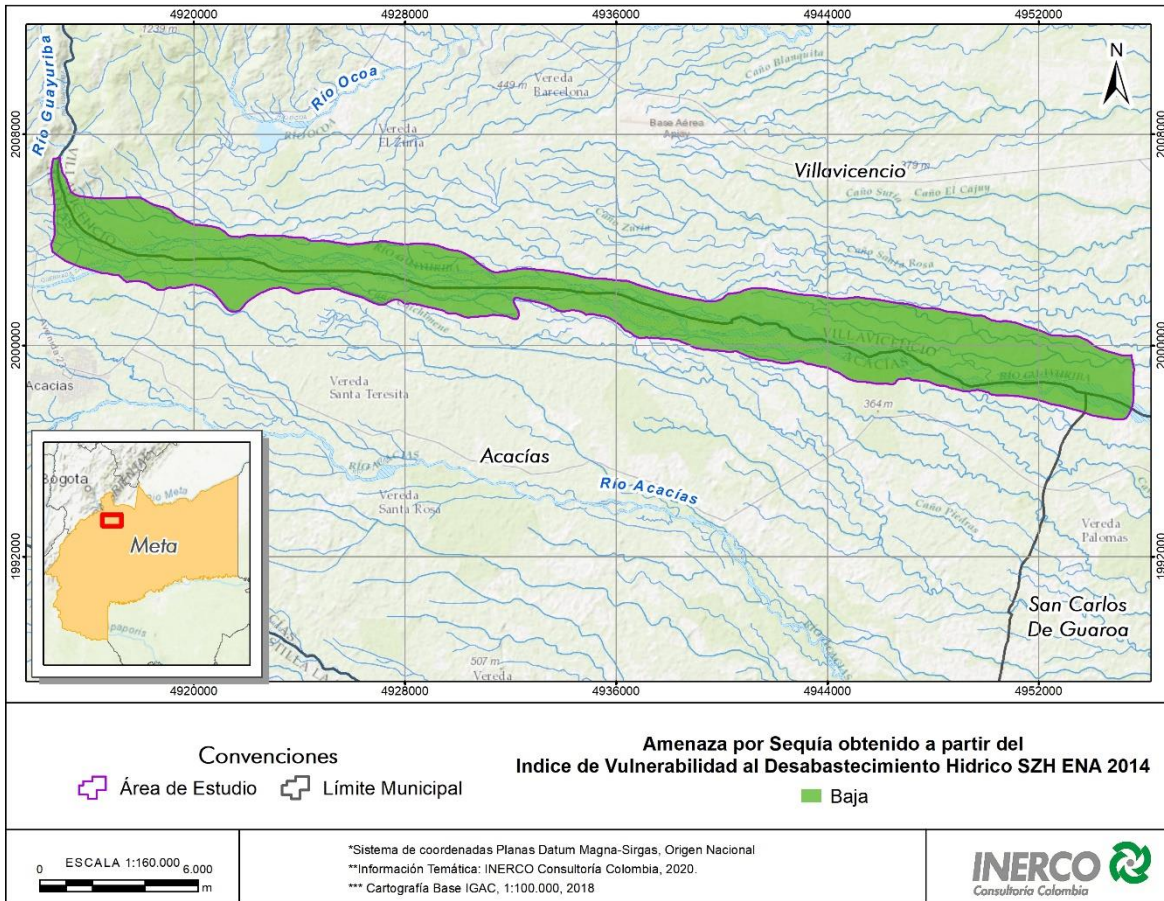
### 3.2.1.1.5 Sequías o déficit de lluvias

La figura 3-9 presenta el mapa de amenaza por sequía obtenido para el área Acacias Villavicencio, tomando como base la información del mapa de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico del Estudio Nacional del Agua de 2014. Para definir los niveles alto, medio y bajo de amenaza, se reclasificaron los rangos del mapa de vulnerabilidad así:

- Vulnerabilidad muy alta y alta: amenaza alta
- Vulnerabilidad media: amenaza media
- Vulnerabilidad baja y muy baja: amenaza baja

De acuerdo con lo anterior, la calificación de la amenaza para toda el área de análisis es baja.

Figura 3-9. Amenaza por sequía área de estudio Acacias - Villavicencio



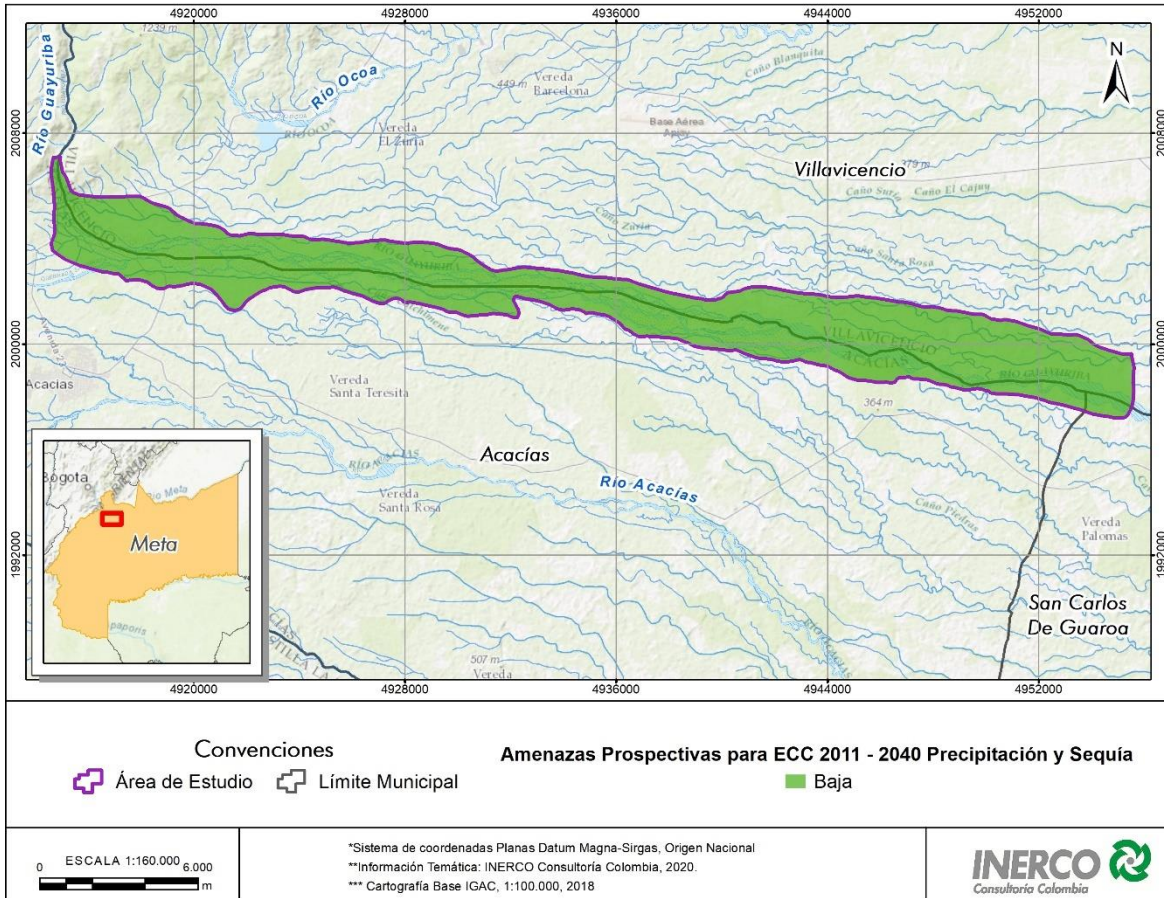
Fuente: IDEAM<sup>56</sup>. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

Considerando la disminución de las precipitaciones que presenta el IDEAM para el escenario 2011-2040, se ha obtenido el modelo prospectivo que se presenta en la figura 3-10. En este modelo, el 100 % del área Acacias-Villavicencio se encontraría en zona de amenaza baja.

56 COLOMBIA. IDEAM. Mapa Índice de Vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico por Subzona Hidrográfica. Bogotá: IDEAM, 2015.



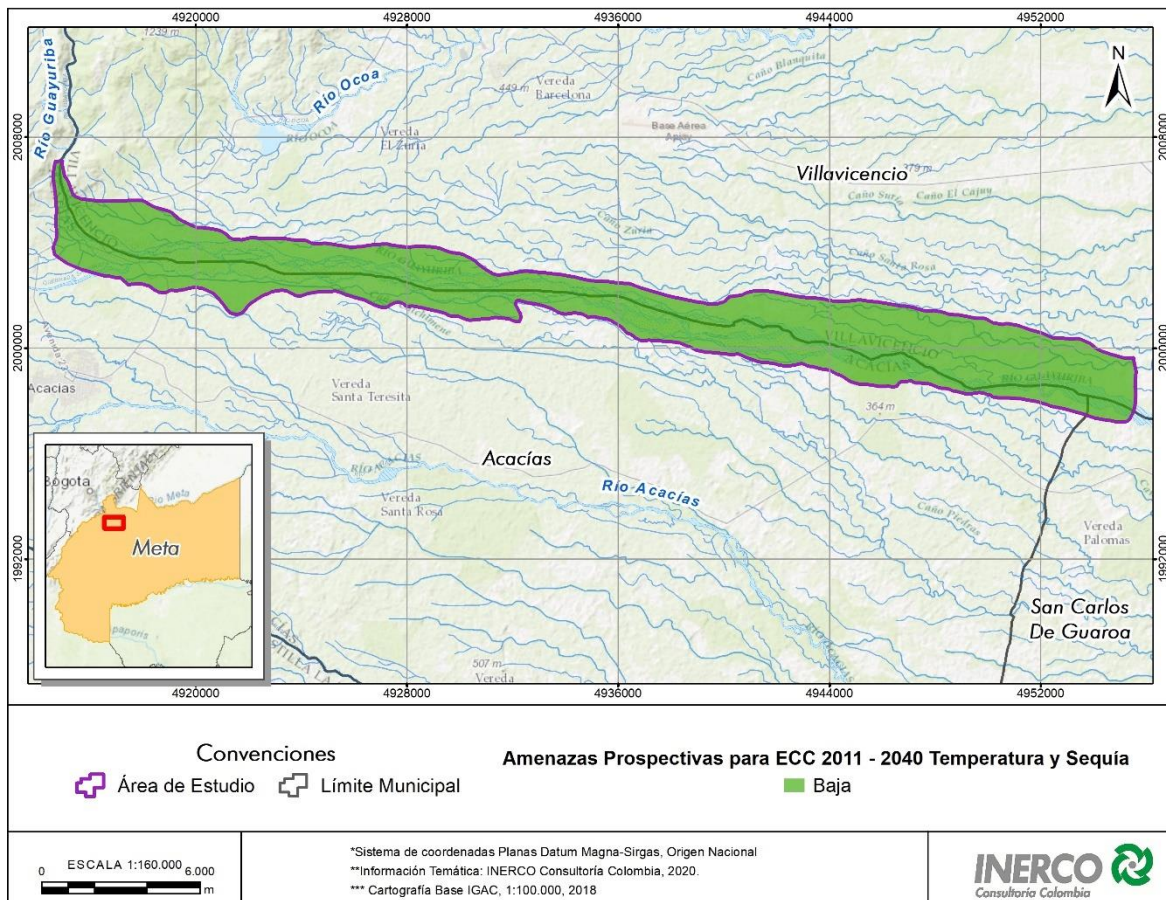
**Figura 3-10.** Escenario prospectivo 2011 – 2040 amenaza por sequía. Disminución de precipitación, área de estudio Acacias - Villavicencio



Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020

En el escenario de aumento de temperatura 2011 – 2040, el comportamiento de la amenaza es el que se presenta en la figura 3-11 donde se evidencia que el 100 % del área de estudio se encontraría en zona de amenaza baja.

**Figura 3-11.** Escenario prospectivo 2011 – 2040 amenaza por sequía – aumento de temperatura, área de estudio Acacias - Villavicencio



Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020

### 3.2.1.1.6 Incendios forestales

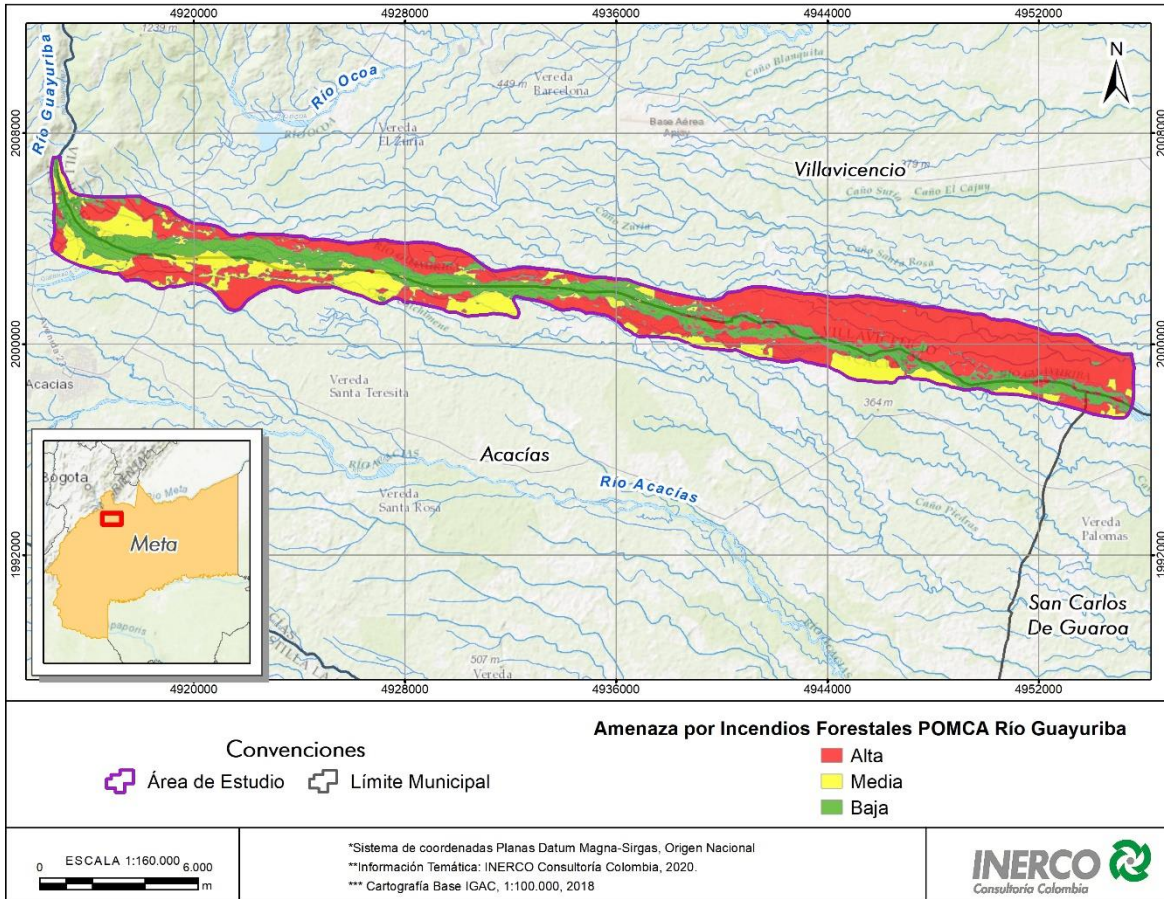
El modelo de amenaza por incendios forestales proviene del POMCA del río Guayuriba, en el cual se obtienen los polígonos de amenaza a escala 1:25.000 que se presentan en la siguiente figura. Para el área de estudio Acacias-Villavicencio, el 55,2 % se encuentra en amenaza alta, seguida por el 24,1 % en amenaza baja y el 20,6 % en amenaza media.

Los incendios forestales en el área de estudio Acacias-Villavicencio son considerados una amenaza importante en las temporadas secas o de muy bajas precipitaciones, debido a la presencia de coberturas vegetales con buena capacidad de combustión. Los bosques, pastos y vegetación secundaria que aportan los aumentos más altos en los valores de susceptibilidad, se encuentran localizados primordialmente en las zonas bajas de la cuenca del río Guayuriba, sin muchas variaciones topográficas y cercanas a los cauces principales, coincidiendo con la zona de mayor susceptibilidad a incendios forestales por condiciones climáticas<sup>57</sup>.

<sup>57</sup> CORMACARENA-CAR-CORPORINOQUIA-CORPOGUAVIO. Ajuste y actualización del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del río Guayuriba (3502): Fase de diagnóstico. Caracterización de las condiciones



Figura 3-12. Amenaza por incendios forestales área de estudio Acacias - Villavicencio

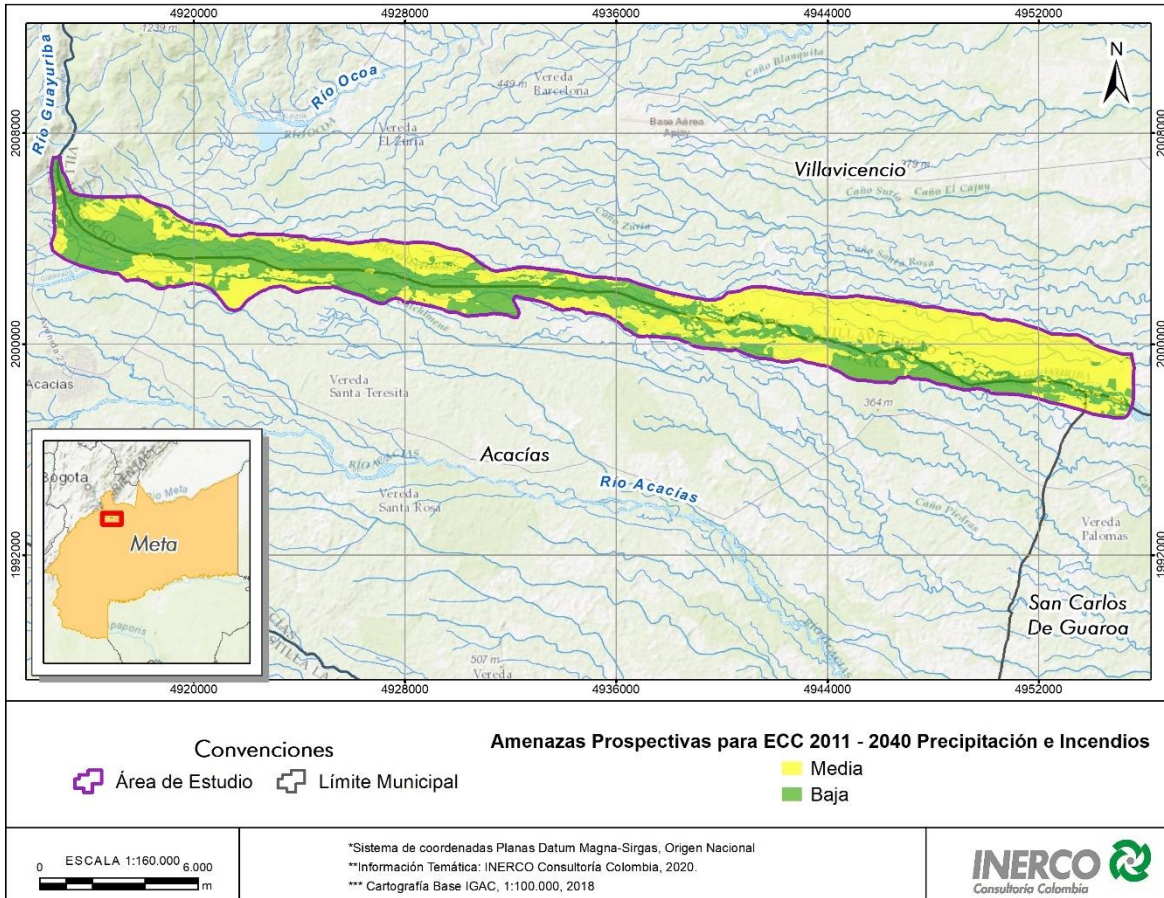


Fuente: CAR et al. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

Considerando la disminución de precipitaciones que presenta el IDEAM para el escenario 2011-2040, se ha obtenido el modelo prospectivo que se presenta en la figura 3-13. En este modelo, el 55,2 % del área Acacias-Villavicencio se encontraría en zona de amenaza media, mientras el 44,8 % restante lo estaría en amenaza baja.

de riesgo. Elaborado por UT Guayuriba Sostenible. [En línea] 2019. pp.205-206. [Citado el 2021-02-02]. Disponible en Internet: <<https://drive.google.com/file/d/14dZu8mVSnoDqGpBvzpK87liKr6Uih86M/view>>

Figura 3-13. Escenario prospectivo 2011 – 2040 amenaza por incendios forestales. Disminución de precipitación, área de estudio Acacias - Villavicencio

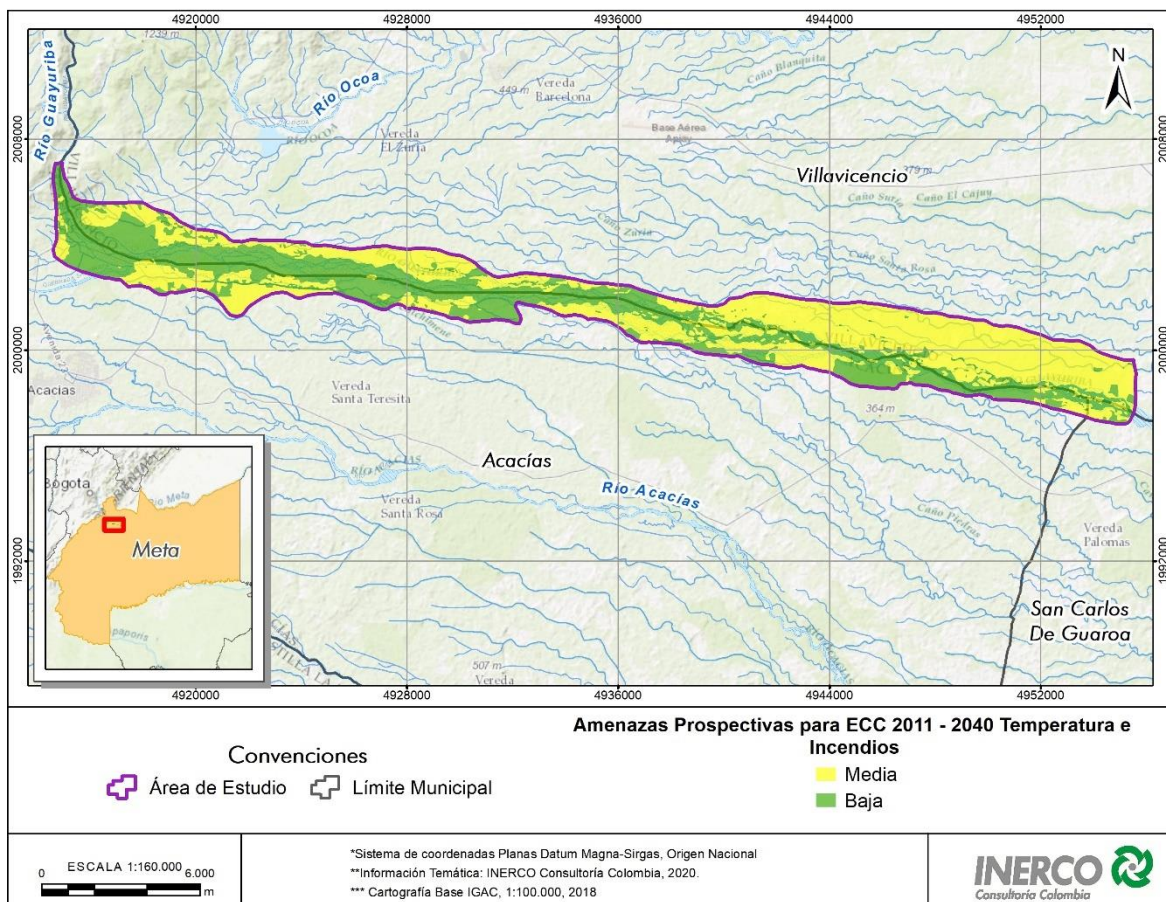


Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020

Para el escenario de aumento de temperatura 2011 – 2040, el comportamiento de la amenaza es el que se presenta en la figura 3-14 donde se evidencia que el 55,22 % del área de estudio se encontraría en zona de amenaza media, mientras el 44,78 % restante presentaría amenaza baja.



**Figura 3-14.** Escenario prospectivo 2011 – 2040 amenaza por incendios forestales. Aumento de temperatura, área de estudio Acacias - Villavicencio



Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020

### 3.2.1.1.7 Conclusiones de eventos y subeventos

Como resultado de los análisis anteriores se obtuvieron las siguientes conclusiones respecto a la posible ocurrencia de subeventos amenazantes para la minería de materiales de construcción en el área de estudio Acacias-Villavicencio. El detalle del análisis realizado se presenta en el anexo 2 -1 matriz: «Caracterización Eventos».

#### 3.2.1.1.7.1 Subeventos amenazantes asociados al incremento de precipitaciones

Para ninguno de los escenarios planteados por el IDEAM se esperan incrementos de precipitaciones en el área de análisis que pertenece a la cuenca baja del río Guayuriba; por lo tanto, no se esperaría que la variación de la precipitación incida en la posible ocurrencia de inundaciones. Sin embargo, para la cuenca alta, los escenarios de la TCNCC sí predicen aumentos en las precipitaciones y esto puede ocasionar que se presenten inundaciones en la cuenca baja.

De acuerdo con el POMCA del río Guayuriba, la amenaza por inundación es alta en el área de estudio y, al considerar las predicciones del IDEAM para el escenario 2011 – 2040, la amenaza prospectivamente podría ser de calificación media.

En el caso de los fenómenos de remoción en masa y avenidas torrenciales, se concluye que en ningún escenario de cambio climático la variación de la precipitación incide en la posible ocurrencia de estos subeventos, teniendo en cuenta que no se esperan incrementos de las precipitaciones. En ese mismo sentido, el POMCA califica estas amenazas como bajas en la mayor parte del área de estudio.

#### **3.2.1.1.7.2 Subeventos amenazantes asociados a la disminución de precipitaciones**

En todos los escenarios planteados por la TCNCC se espera disminución de la precipitación para el área de estudio Acacias -Villavicencio. Los rangos de variación están entre -19 % a -10 % y -29 % a -20 % los cuales se clasifican como déficit; en ese sentido, las disminuciones de precipitación esperadas inciden en la ocurrencia de fenómenos de sequía e incendios forestales.

De acuerdo con el POMCA del río Guayuriba, los incendios forestales son clasificados como amenaza alta en la mayor parte del área en la que se realiza este análisis de riesgos climáticos, y en una menor proporción de área la amenaza es media o baja. Según lo anterior, y al considerar las predicciones del IDEAM para el escenario 2011 – 2040, la amenaza prospectivamente podría ser de calificación media.

Por su parte, la amenaza de sequía cuenta con calificación baja en toda el área de estudio y sigue manteniendo esta calificación al considerar el escenario prospectivo 2011-2040.

#### **3.2.1.1.7.3 Subeventos amenazantes asociados al aumento de temperatura**

En todos los escenarios planteados por la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático se espera aumento de la temperatura para el área de estudio Acacias -Villavicencio. Los rangos de variación están entre 0,81 °C y 1,0 °C (bajo) para el escenario 2011- 2040; entre 1,61 °C y 2,01 °C (alto) para el escenario 2041- 2070, y 2,31 °C a 2,5 °C (alto) para el escenario 2071- 2100.

De acuerdo con lo anterior, se esperaría que el aumento de la temperatura incida en la generación de fenómenos de sequía, olas de calor e incendios forestales que, según la información oficial consultada, presentan niveles de amenaza baja, alta y alta, respectivamente.

Ahora bien, al considerar la combinación de las amenazas con el escenario 2011 – 2040 de cambio climático del IDEAM, la calificación que se obtiene para las amenazas prospectivas es baja para sequía y media para olas de calor e incendios forestales.



#### 3.2.1.1.7.4 Subeventos amenazantes asociados a la variabilidad climática

En el área de estudio, ante la ocurrencia de un fenómeno típico de La Niña o de El Niño la precipitación estaría dentro de un rango normal y, en ese sentido, no se espera que la tendencia actual de las inundaciones, avenidas torrenciales o fenómenos de remoción en masa se afecte. Por otro lado, ante la ocurrencia de estos fenómenos de variabilidad climática, la temperatura tendría variaciones que se pueden considerar como enfriamiento en el caso de La Niña, y calentamiento severo en el caso de El Niño. En esta última situación, se podrían exacerbar las olas de calor, sequías e incendios forestales.

La amenaza derivada de escenarios de variabilidad climática se estima en función de la variación de la temperatura y la precipitación inducida por los eventos de El Niño (fase cálida) o de La Niña (fase fría). El modelo base considerado está constituido por el mapa de amenaza disponible para el área de estudio para cada subevento en particular (inundaciones, avenidas torrenciales, fenómenos de remoción en masa, etc.) y los escenarios de variabilidad climática que afectan el nivel de amenaza dada la variación de temperatura o precipitación, en el mismo sentido que en el caso de los Escenarios de Cambio Climático de la TCNCC. Como conclusión, para el área de estudio Acacías – Villavicencio se obtuvo una valoración baja para inundaciones, fenómenos de remoción en masa, avenidas torrenciales y sequía, y media para olas de calor e incendios forestales.

#### 3.2.1.2 Estimación de amenazas directas

Con base en los eventos y subeventos expuestos en los numerales anteriores, se definieron las amenazas que pueden actuar directamente sobre los componentes de la cadena de valor y se calificó la posibilidad de ocurrencia definiendo, en cada caso, si es alta, media o baja. El detalle de este análisis se presenta en el anexo 2 – 1 matriz: Amenazas Directas.

##### 3.2.1.2.1 Subevento inundaciones

- Las inundaciones por incremento de precipitación en la cuenca alta del río Guayuriba sugieren una amenaza sobre el componente financiero, dado que existe la posibilidad (baja) de que sufra algún impacto por los efectos adversos de este evento en la continuidad de las labores extractivas.
- La ocurrencia de inundaciones por incremento de la precipitación en la cuenca alta sugiere una posibilidad baja de ocasionar accidentes asociados en las operaciones que constituyan una amenaza al componente de recursos humanos.
- La ocurrencia de inundaciones por incremento de la precipitación en la cuenca alta tiene una baja posibilidad de alterar en la infraestructura vial y, por ende, de afectar el transporte que es primordial para la cadena de suministros. Adicionalmente, se pueden afectar infraestructuras de servicios públicos y/o de suministro de combustibles. Lo anterior representa una amenaza al componente de la cadena de suministro.

- La ocurrencia de fenómenos de inundación sugiere la posibilidad (media) de que se presenten modificaciones rápidas de las áreas de explotación ubicadas dentro del lecho y las orillas activas de los cauces fluviales. Esta situación puede desencadenar el cierre parcial de la operación y constituir una amenaza para el componente extractivo.
- La posibilidad de ocurrencia de fenómenos de inundación sugiere la posibilidad (media) de que se presenten modificaciones rápidas de las áreas de almacenamiento ubicadas dentro de la llanura de inundación. Esta situación puede causar el cierre temporal del patio de acopio y constituir una amenaza al componente de almacenamiento temporal.
- La posibilidad de ocurrencia de fenómenos de inundación sugiere la posibilidad (media) de que se presenten modificaciones rápidas en las áreas ubicadas dentro de la llanura de inundación y en donde se beneficia el material. Esta situación puede generar pérdidas por erosión en las pilas de almacenamiento, constituyendo una amenaza al componente de beneficio.
- La ocurrencia de inundaciones por incremento de la precipitación en la cuenca alta puede alterar la infraestructura vial, lo que constituye una amenaza de posible ocurrencia baja al componente de transporte y comercialización.
- Los fenómenos de inundación generan una posibilidad media de afectación a la infraestructura vial (puentes y vías), predios vecinos, cultivos y ganadería, lo que tendría un impacto en las familias que habitan el área cercana a las operaciones mineras. Mientras, el abastecimiento de agua también se podría afectar, pero en menor proporción. Lo anterior constituye una amenaza para el componente de entorno social y ambiental.

#### **3.2.1.2.2 Sub evento avenidas torrenciales**

Los fenómenos de avenidas torrenciales generan la posibilidad (baja) de afectación a la infraestructura vial (puentes y vías), predios vecinos, cultivos y ganadería, lo que tendría un impacto en las comunidades cercanas al área de operación minera. Mientras, el abastecimiento de agua también se podría afectar, pero en menor proporción. Lo anterior constituye una amenaza para el componente de entorno social y ambiental.

#### **3.2.1.2.3 Sub evento fenómenos de remoción en masa**

- En la zona de estudio no son plausibles los fenómenos de remoción en masa, pero, en la vía Bogotá Villavicencio y la vía alterna existe una alta posibilidad de que se presenten estos fenómenos constituyendo una amenaza a la cadena de suministro y el componente de transporte y comercialización.
- Los procesos de remoción en masa, dada su área de influencia puntual, se pueden asociar a una baja posibilidad de impacto en la prestación de servicios públicos, constituyendo una amenaza al componente de entorno social y ambiental.

#### 3.2.1.2.4 Sub evento olas de calor

No se considera posible que las olas de calor puedan afectar algún componente de la cadena de valor del subsector de materiales de construcción.

#### 3.2.1.2.5 Sub evento sequías o déficit de lluvias

- El componente financiero podría sufrir algún impacto considerando los efectos que pueden tener las sequías en la producción (componente extractivo y de beneficio), no obstante, la posibilidad de ocurrencia se ha calificado como baja.
- La ocurrencia de períodos más largos sin precipitación sugiere la posibilidad de que se incrementen las emisiones de material particulado a la atmósfera con la consecuente afectación de la fuerza laboral, lo que se constituye como una amenaza al componente de recursos humanos. La posibilidad de ocurrencia es baja.
- La posible falta de disponibilidad hídrica para control de material particulado durante los períodos de sequía sugiere la posibilidad (baja) de reducción en la producción para asegurar el cumplimiento de las normas ambientales. Esta situación constituye una amenaza para el componente extractivo.
- La posible falta de disponibilidad hídrica para el control de material particulado durante los períodos de sequía sugiere la posibilidad (baja) de que se reduzca la cantidad de materiales en los patios de acopio, para asegurar el cumplimiento de las normas ambientales. Lo anterior constituiría una amenaza para el componente de almacenamiento temporal.
- La posible falta de disponibilidad hídrica sugiere una reducción en los procesos de lavado del material constituyendo una amenaza al componente de beneficio. La posibilidad de ocurrencia es baja.
- La posibilidad de ocurrencia de períodos más largos sin precipitación sugiere riesgos de incumplimiento de la normativa ambiental relacionada con control de material particulado, lo que constituye una amenaza al componente de gestión ambiental. La posibilidad de ocurrencia es baja.
- Existe una baja posibilidad de que los fenómenos de sequía afecten los procesos productivos agropecuarios y agroindustriales que requieran altos volúmenes de agua. Esto constituye una amenaza baja para las posibilidades de empleo de las comunidades y compromete sus fuentes de ingreso en el componente de entorno social y ambiental.

#### 3.2.1.2.6 Sub evento Incendios forestales

Existe una posibilidad baja de que los incendios forestales afecten los procesos productivos agropecuarios y agroindustriales que requieran altos volúmenes de agua. Esto constituye una amenaza baja para las posibilidades de empleo de las comunidades en el componente de entorno social y ambiental.

### 3.2.1.3 Estimación de amenazas indirectas

A partir de la definición de las amenazas directas y de la calificación de la posibilidad de ocurrencia de las mismas, se determinaron las amenazas que pueden actuar indirectamente sobre los componentes de la cadena de valor. En este punto, es necesario considerar que las amenazas indirectas se manifiestan cuando una amenaza directa a un componente del sistema minero (que se han descrito en el numeral anterior) genera una amenaza sobre otro componente. Al igual que en el caso de las amenazas directas, para las amenazas indirectas se ha establecido la posibilidad de ocurrencia como se muestra en el anexo 2 – 1 matriz: Amenazas Dir. e Indirectas.

#### 3.2.1.3.1 Componente administrativo y financiero

- La ocurrencia de inundaciones por incremento de la precipitación en la cuenca alta del río Guayuriba puede causar accidentes en la operación y constituirse en una amenaza directa para el componente de recursos humanos. Esta situación genera una posibilidad baja de que el componente administrativo y financiero se afecte por causa de la generación de costos mayores por cubrimiento de incapacidades y demandas laborales, reentrenamientos y demás costos asociados con el personal que puede afectarse.
- La ocurrencia de periodos más largos sin precipitación (sequía) sugiere que se podrán incrementar las emisiones de material particulado y, por lo tanto, podrá producirse una amenaza directa para el componente de recursos humanos que incidiría en la salud de los trabajadores. Esta situación genera una posibilidad baja de que el componente administrativo y financiero se afecte por incurrir en costos adicionales por el cubrimiento de incapacidades y demandas laborales, reentrenamientos y demás costos asociados con el personal que pueda afectarse.
- La ocurrencia de inundaciones por incremento de la precipitación en la cuenca alta del río Guayuriba puede alterar la infraestructura vial o de suministro de combustibles afectando directamente el componente de la cadena de suministro. Este hecho puede representar la suspensión temporal de las labores productivas y, así, perjudicar el componente financiero, no obstante, la posibilidad de ocurrencia es baja.
- En la zona de estudio no son plausibles los fenómenos de remoción en masa, pero en la vía Bogotá Villavicencio y la vía alterna sí se presentan estos fenómenos que afectan directamente al componente de cadena de suministro. Esta afectación representa una posibilidad media de que se vea afectado indirectamente el componente financiero por posibles suspensiones temporales de las actividades productivas.
- La ocurrencia de inundaciones, que afectan directamente el componente extractivo, puede ocasionar un cierre parcial de las labores extractivas, lo que implica una posibilidad media de afectar indirectamente el componente financiero dada la consecuente baja de producción.
- En los casos en los que se prevé la ocurrencia de sequías, se detecta una amenaza directa para el componente extractivo por posibles reducciones de la producción para garantizar el cumplimiento de las normas ambientales. Esta situación sugiere una afectación



indirecta al componente financiero por reducción del material vendible. La posibilidad de ocurrencia ha sido calificada como baja.

- Para el componente de almacenamiento temporal es posible que se presenten afectaciones directas por eventos de inundación que obliguen a cerrar temporalmente los patios de acopio. Adicionalmente, por la ocurrencia de eventos de sequía existe una baja posibilidad de reducción en el acopio de material para garantizar el cumplimiento de las normas ambientales de calidad de aire. Dado lo anterior, existe la posibilidad de que se reduzca la producción de agregados pétreos y se afecte el componente financiero, no obstante, al considerar el subevento de inundaciones, la posibilidad de ocurrencia es media mientras que en el caso de sequías es baja.
- Los eventos de sequía podrían causar aumento de las emisiones de material particulado y afectar directamente el componente de beneficio por la reducción en los procesos de lavado. Esta situación puede repercutir indirectamente en el componente financiero (con una posibilidad baja de ocurrencia), ya que se puede reducir la producción.
- La ocurrencia de inundaciones por incremento de la precipitación en la cuenca alta del río Guayuriba puede alterar la infraestructura vial afectando directamente el componente de transporte y los procesos de comercialización. En caso de que esta amenaza se materialice, el componente financiero se podría afectar indirectamente, debido al impacto en las ventas. La posibilidad de ocurrencia se ha calificado como baja.
- En la zona de estudio no son plausibles los fenómenos de remoción en masa, pero en la vía Bogotá Villavicencio y la vía alterna se presentan estos fenómenos que afectan el transporte del material que se comercializa (componente de transporte y comercialización). Esta situación puede afectar indirectamente el componente financiero ya que podrían disminuir las ventas. La posibilidad de ocurrencia se ha calificado como media.
- En caso de que se presente una sequía en el área de estudio, existe el riesgo de incumplir los estándares de la normativa ambiental relacionada con control de material particulado, lo que produciría una amenaza directa para el componente de gestión ambiental. Esta situación puede afectar indirectamente el componente financiero por el pago de posibles sanciones o la generación de mayores costos para el control del material particulado. La posibilidad de ocurrencia se ha calificado como baja.
- Los fenómenos de inundación y avenidas torrenciales generan afectaciones en el componente de entorno social y ambiental, específicamente en la infraestructura vial (puentes y vías), predios vecinos, cultivos y ganadería. Al considerar las afectaciones sobre la infraestructura vial, se podría evidenciar una afectación del componente financiero del subsector de materiales de construcción, debido a la suspensión de los procesos de transporte y comercialización. La posibilidad de ocurrencia se ha calificado como media en el caso de inundaciones y baja para avenidas torrenciales.

### 3.2.1.3.2 Componente recursos humanos

No se consideran amenazas indirectas sobre este componente

### 3.2.1.3.3 Componente de la cadena de suministros

- Los fenómenos de inundación y avenidas torrenciales generan afectaciones en el componente de entorno social y ambiental, específicamente en la infraestructura vial (puentes y vías), predios vecinos, cultivos y ganadería. Al considerar las afectaciones sobre la infraestructura vial, se podría evidenciar la afectación del componente de la cadena de suministros. La posibilidad de ocurrencia se ha calificado como media en el caso de inundaciones y baja para avenidas torrenciales.

### 3.2.1.3.4 Componente extractivo

- La ocurrencia de inundaciones por incremento de la precipitación en la cuenca alta del río Guayuriba puede alterar la infraestructura vial y afectar directamente el componente cadena de suministros, e indirectamente el componente extractivo, en el caso de que se suspendan temporalmente sus actividades por falta de insumos, maquinaria, piezas de repuesto, etc. La posibilidad de ocurrencia es baja.
- En la zona de estudio no son plausibles los fenómenos de remoción en masa, pero, en la vía Bogotá Villavicencio y la vía alterna se presentan estos fenómenos que pueden afectar la cadena de suministro. Esta afectación podría producir la suspensión de actividades extractivas por falta de insumos, maquinaria, piezas de repuesto, etc. La posibilidad de ocurrencia es media.

### 3.2.1.3.5 Componente de beneficio

- La ocurrencia de inundaciones por incremento de la precipitación en la cuenca alta del río Guayuriba puede alterar la infraestructura afectando directamente el componente cadena de suministros, e indirectamente el componente de beneficio, en caso de que se suspenda temporalmente la actividad por falta de insumos, maquinaria, piezas de repuesto, etc. La posibilidad de ocurrencia es baja.
- En la zona de estudio no son plausibles los fenómenos de remoción en masa, pero, en la vía Bogotá Villavicencio y en la vía alterna se presentan estos fenómenos que afectan la cadena de suministro. Esta afectación podría representar la suspensión de las actividades de beneficio por falta de insumos, maquinaria, piezas de repuesto, etc. La posibilidad de ocurrencia es media.
- La ocurrencia de inundaciones que afecten directamente el componente extractivo puede obligar a un cierre parcial de las labores extractivas, lo que implica una posibilidad media de afectar indirectamente el componente de beneficio, en caso de no tener material disponible en los patios de acopio o proveniente directamente del área de explotación.
- En los casos en los que se prevé la ocurrencia de sequías se detecta una amenaza directa para el componente extractivo por posibles reducciones de la producción para garantizar el cumplimiento de las normas ambientales. Esta situación sugiere una afectación

indirecta al componente de beneficio con posibilidad baja de ocurrencia, en caso de no tener material disponible en los patios de acopio o que provenga directamente del área de explotación.

- Para el componente de almacenamiento temporal es posible que se presenten afectaciones directas por eventos de inundación que obliguen a cerrar temporalmente los patios de acopio, adicionalmente, por la ocurrencia de eventos de sequía puede reducirse el acopio de material para garantizar el cumplimiento de las normas ambientales de calidad de aire. Dado lo anterior, se podría impactar la actividad de beneficio por falta de material para procesar. En los dos casos la posibilidad de ocurrencia es baja.

### **3.2.1.3.6 Componente almacenamiento temporal**

No se consideran amenazas indirectas sobre este componente

### **3.2.1.3.7 Componente de transporte y comercialización**

- La ocurrencia de inundaciones por incremento de la precipitación en la cuenca alta del río Guayuriba puede alterar la infraestructura vial o las infraestructuras de suministro de combustibles afectando directamente el componente de la cadena de suministro. Esta afectación puede representar la suspensión temporal de las labores productivas e impactar el componente de comercialización, no obstante, la posibilidad de ocurrencia es baja.
- En la zona de estudio no son plausibles los fenómenos de remoción en masa, pero en la vía Bogotá Villavicencio y la vía alterna se presentan estos fenómenos que afectan directamente el componente de cadena de suministro, esta afectación representa una posibilidad media de impactar indirectamente el componente de transporte y comercialización, como consecuencia de la suspensión temporal de algunas actividades productivas.
- La ocurrencia de inundaciones que afecten directamente el componente extractivo obligando a que se dé un cierre parcial de sus labores, implica una posibilidad baja de que se afecte indirectamente el componente de transporte y comercialización dada la consecuente reducción en la producción.
- En los casos en los que se prevé la ocurrencia de sequías se detecta una amenaza directa para el componente extractivo por posibles reducciones de la producción para garantizar el cumplimiento de las normas ambientales de calidad de aire. Esta situación sugiere una afectación indirecta al componente de transporte y comercialización ya que se podrían suspender temporalmente sus actividades por la posible reducción de la producción. La posibilidad de ocurrencia es baja.
- Para el componente de almacenamiento temporal es posible que se presenten afectaciones directas por eventos de inundación que obliguen a cerrar temporalmente los patios de acopio, adicionalmente, por la ocurrencia de eventos de sequía es posible

que se reduzca el acopio de material para garantizar el cumplimiento de las normas ambientales. Dado lo anterior, existe la posibilidad de que se reduzca la producción de agregados pétreos y, en consecuencia, se pueden reducir también las actividades del componente de transporte y comercialización. En los dos casos la posibilidad de ocurrencia es baja.

- Los eventos de sequía podrían causar aumento de las emisiones de material particulado causando un efecto directo sobre el componente de beneficio por reducción en los procesos de lavado. Esta situación puede repercutir indirectamente en el componente de transporte y comercialización (con una posibilidad baja de ocurrencia) ya que se puede reducir la producción al afectarse el proceso de beneficio.
- Los fenómenos de inundación y avenidas torrenciales generan afectaciones en el componente de entorno social y ambiental, específicamente en la infraestructura vial (puentes y vías), predios vecinos, cultivos y ganadería. Al considerar las afectaciones sobre la infraestructura vial, se podría afectar el componente transporte y comercialización del subsector de materiales de construcción. La posibilidad de ocurrencia se ha calificado como media en el caso de inundaciones y baja para avenidas torrenciales.

#### **3.2.1.3.8 Componente de gestión ambiental**

- La ocurrencia de inundaciones por incremento de la precipitación en la cuenca alta del río Guayuriba puede alterar la infraestructura vial o las infraestructuras de suministro de combustibles lo que afecta directamente el componente de la cadena de suministro. Esta afectación puede representar la suspensión de actividades de gestión ambiental (componente de gestión ambiental) por falta de insumos, personal contratista, etc., aunque, la posibilidad de ocurrencia es baja.
- En la zona de estudio no son plausibles los fenómenos de remoción en masa, pero en la vía Bogotá Villavicencio y la vía alterna se presentan estos fenómenos que afectan directamente el componente de cadena de suministro. Esta afectación representa una posibilidad media de que se afecte indirectamente el componente de gestión ambiental debido a la falta de insumos, personal contratista, etc.
- Los fenómenos de inundación y avenidas torrenciales generan afectaciones en el componente de entorno social y ambiental, específicamente en la infraestructura vial (puentes y vías), predios vecinos, cultivos y ganadería. Al considerar las afectaciones sobre la infraestructura vial, se podría afectar el componente de gestión ambiental pues la afectación de las vías supone a su vez afectación sobre la cadena de suministro y esto podría representar la suspensión de actividades de gestión ambiental por falta de insumos, personal contratista, etc. La posibilidad de ocurrencia se ha como media en el caso de inundaciones y baja para avenidas torrenciales.

#### **3.2.1.3.9 Componente de cierre minero**

No se consideran amenazas directas o indirectas sobre este componente.



### 3.2.1.3.10 Componente entorno ambiental y social

- El componente de recursos humanos se puede afectar directamente por una mayor emisión de material particulado en épocas de sequía, esta situación podría ocasionar conflictos con las comunidades vecinas que forman parte del componente de entorno ambiental y social. La posibilidad de ocurrencia se ha calificado como baja.
- La ocurrencia de inundaciones que afecten directamente el componente extractivo obligando a que se dé un cierre parcial de las labores extractivas, implica una posibilidad media de que se afecte indirectamente el componente de entorno ambiental y social pues ante la suspensión parcial de las operaciones, podría disminuir el nivel de ingresos del personal o dejarlos sin empleo. Adicionalmente, la disminución de la producción por un eventual cierre parcial se traduciría en una disminución de regalías para los municipios de la región.
- En los casos en los que se prevé la ocurrencia de sequías se detecta una amenaza directa para el componente extractivo por posibles reducciones de la producción para garantizar el cumplimiento de las normas ambientales de calidad de aire. Esta situación sugiere una afectación indirecta al componente de entorno ambiental y social con posibilidad baja de ocurrencia, ya que la disminución de la producción se traduciría en una disminución de regalías para los municipios de la región.

### 3.2.1.4 Valoración de las amenazas directas e indirectas

En los pasos anteriores se identificaron los subeventos de cambio climático y variabilidad climática que pueden ocurrir en el área de estudio Acacías – Villavicencio (por ejemplo, inundaciones, sequías, avenidas torrenciales, incendios forestales, etc.). Asimismo, se establecieron los escenarios prospectivos para cada uno de esos subeventos. Dichos escenarios se construyeron a partir del cruce de la información cartográfica del comportamiento que cada subevento tiene en el área de estudio (información proveniente de fuentes oficiales como los planes de ordenamiento y manejo de cuencas, entre otros), con la información cartográfica de las proyecciones de temperatura y precipitación que presenta la TCNCC del IDEAM. Como resultado del ejercicio anterior, se obtuvieron mapas que presentan el posible comportamiento futuro de cada uno de los subeventos de cambio y variabilidad climática.

Posteriormente, se analizó cada componente de la cadena de valor a la luz de los escenarios prospectivos, para determinar la posibilidad de ocurrencia de las amenazas directas e indirectas que los subeventos de cambio climático y variabilidad climática pueden desencadenar en el sistema minero. Las amenazas directas son las que se pueden manifestar sobre los diferentes componentes de la cadena de valor en caso de ocurrir alguno o varios de los subeventos analizados; mientras, las amenazas indirectas se manifiestan cuando una amenaza directa a un componente del sistema minero genera una amenaza sobre otro componente.

Ahora bien, para obtener la valoración final de las amenazas directas e indirectas, se pondera el grado de posibilidad con el potencial de daño. El grado de posibilidad se obtiene de las calificaciones de posibilidad de ocurrencia que se han efectuado anteriormente (anexo 2 – 1 matriz: Amenazas Val Pos) y el potencial de daño se califica mediante el uso de la matriz Amenazas Val Daño del anexo 2 – 1.

Finalmente, se obtiene una cualificación de la gravedad de cada una de las amenazas directas e indirectas identificadas para los componentes de la cadena de valor del subsector de materiales de construcción. En el detalle del análisis se presenta en el anexo 2-1 matriz Amenazas Val Gravedad.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en forma de cadena de amenazas, es decir, por cada suceso considerado se presenta, en primer lugar, la respectiva amenaza directa y luego se presentan las amenazas indirectas derivadas.

- **1ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: inundaciones por el incremento de precipitaciones, componente administrativo y financiero**

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran inundaciones por el incremento de precipitaciones en la cuenca alta del río Guayuriba sugiere que se pueden suspender temporalmente las actividades extractivas. Esta situación tiene una baja posibilidad de afectación sobre las finanzas de la empresa y, asimismo, posee un potencial medio de dañar el componente administrativo y financiero; en síntesis, se produce una amenaza secundaria para el sistema minero.

- **2ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: sequía por la disminución de precipitaciones o el incremento de temperatura, componente administrativo y financiero**

**Amenaza directa.** La disminución de las precipitaciones o el aumento de temperatura posibilitan la ocurrencia de sequías en el área de estudio y, en consecuencia, se podrían suspender temporalmente las actividades extractivas. Esta situación tiene una baja posibilidad de afectación sobre las finanzas de la empresa y, asimismo, posee un potencial medio de dañar el componente administrativo y financiero; en síntesis, constituye una amenaza secundaria para el sistema minero.

- **3ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: inundaciones por el incremento de precipitaciones, componente recursos humanos**

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran inundaciones por el incremento de precipitaciones en la cuenca alta del río Guayuriba sugiere que pueden ocurrir accidentes. Esta situación implica una baja posibilidad de afectación de la fuerza laboral de las operaciones mineras y, asimismo, un potencial medio de daño del componente de recursos humanos; en síntesis, constituye una amenaza secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de afectación al componente de recursos humanos por efecto de las inundaciones implica una baja posibilidad de afectación al componente administrativo y financiero por incurrir en costos adicionales por cubrimiento de incapacidades y demandas laborales, reentrenamientos y demás costos asociados al personal que puede afectarse. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

- **4ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: sequía por la disminución de precipitaciones o el incremento de temperatura, componente recursos humanos**

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran sequías por disminución de las precipitaciones o aumento de temperatura en el área de estudio sugiere que se pueden ocasionar enfermedades a los trabajadores de las operaciones mineras por el aumento de emisiones de material particulado. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar la fuerza laboral y, asimismo, posee un potencial medio de dañar el componente de recursos humanos; en resumen, constituye una amenaza secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de afectación al componente de recursos humanos por efecto de las sequías sugiere una baja posibilidad de afectación al componente administrativo y financiero por incurrir en costos adicionales por cubrimiento de incapacidades y demandas laborales, reentrenamientos y demás costos asociados con el personal que puede afectarse. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de que se afecte el componente de recursos humanos, por efecto de las sequías, sugiere una posibilidad baja de afectación al componente de entorno social y ambiental, pues si el personal de las operaciones mineras adquiere enfermedades relacionadas con las emisiones de material particulado, se podrían generar conflictos con la comunidad. Esta situación constituye un potencial de daño bajo y, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero.

- 5ª Cadena de amenazas Amenaza directa: inundaciones por el incremento de precipitaciones, componente cadena de suministro

<p><b>Amenaza directa.</b> La posibilidad de que ocurran inundaciones, por incremento de precipitaciones en la cuenca alta del río Guayuriba, sugiere que se puede afectar la infraestructura vial o de suministro de combustibles. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar el transporte, que es primordial para la cadena de suministro, y el abastecimiento de combustible. De acuerdo con lo anterior, las inundaciones tienen un potencial medio de dañar el componente de cadena de suministro y, por lo tanto, de constituirse en una amenaza secundaria para el sistema minero.</p>
<p><b>Amenaza indirecta.</b> La posibilidad de afectación a la cadena de suministro por efecto de las inundaciones que afecten la infraestructura vial podría representar la suspensión temporal de actividades productivas por falta de insumos, maquinaria, piezas de repuesto, etc. En ese sentido, hay una baja posibilidad de afectar el componente administrativo y financiero. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.</p>
<p><b>Amenaza indirecta.</b> La posibilidad de afectación a la cadena de suministro por efecto de las inundaciones que afecten la infraestructura vial podría representar la suspensión temporal de actividades extractivas por falta de insumos, personal contratista, etc.; en otras palabras, hay una baja posibilidad de afectar el componente extractivo. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.</p>
<p><b>Amenaza indirecta.</b> La posibilidad de afectación a la cadena de suministro por efecto de las inundaciones que afecten la infraestructura vial podría representar la suspensión temporal del proceso de beneficio por falta de insumos, piezas de repuesto, etc.; así, hay una baja posibilidad de afectar el componente de beneficio. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.</p>
<p><b>Amenaza indirecta.</b> La afectación de la cadena de suministro podría representar la suspensión temporal de actividades productivas y, asimismo, retrasar el proceso de comercialización; en este sentido, hay una baja posibilidad de afectar el componente de transporte y comercialización. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.</p>
<p><b>Amenaza indirecta.</b> La posibilidad de afectación a la cadena de suministro por efecto de las inundaciones que afecten la infraestructura vial podría representar la suspensión temporal de actividades de gestión ambiental por falta de insumos, personal contratista, etc.; es decir, hay una baja posibilidad de afectar el componente de gestión ambiental. El potencial de daño calculado es bajo y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.</p>



- 6ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: fenómenos de remoción en masa por incremento de la precipitación, componente cadena de suministro

**Amenaza directa.** En la zona de estudio no son plausibles los fenómenos de remoción en masa; sin embargo, la posibilidad de que ocurra este suceso en la vía Bogotá Villavicencio y en la vía alterna sugiere que se pueden afectar las dinámicas de transporte en la zona, con una alta posibilidad de ocurrencia. Esta situación representa un alto potencial de daño para el componente de cadena de suministros y, en síntesis, constituye una amenaza grave para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de afectación a la cadena de suministro por efecto de los fenómenos de remoción en masa que afecten la infraestructura vial podría representar la suspensión temporal de actividades productivas por falta de insumos, maquinaria, piezas de repuesto, etc.; en este sentido, hay una posibilidad media de afectar el componente administrativo y financiero. El potencial de daño calculado es alto y, por lo tanto, la amenaza es grave para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de afectación a la cadena de suministro por efecto de los fenómenos de remoción en masa que afecten la infraestructura vial podría representar la suspensión temporal de actividades extractivas por falta de insumos, personal contratista, etc., lo que se traduce en una posibilidad media de afectar el componente extractivo. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es relevante para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de afectación a la cadena de suministro por efecto de los fenómenos de remoción en masa que afecten la infraestructura vial podría representar la suspensión temporal del proceso de beneficio por falta de insumos, piezas de repuesto, etc.; en ese sentido, hay una posibilidad media de afectar el componente de beneficio. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es relevante para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La afectación de la cadena de suministro podría representar la suspensión temporal de actividades productivas y así mismo retrasar el proceso de comercialización; en ese sentido, hay una posibilidad media de afectar el componente de transporte y comercialización. El potencial de daño calculado es alto y, por lo tanto, la amenaza es grave para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de afectación a la cadena de suministro por efecto de los fenómenos de remoción en masa que afecten la infraestructura vial podría representar la suspensión temporal de actividades de gestión ambiental por falta de insumos, personal contratista, etc.; en ese sentido, hay una posibilidad media de afectar el componente de gestión ambiental. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es relevante para el sistema minero.

- 7ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: inundaciones por el incremento de precipitaciones, componente extractivo

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran inundaciones por el incremento de precipitaciones en la cuenca alta del río Guayuriba sugiere que hay una posibilidad media de suspender temporalmente las actividades de minado. Esta situación representa un potencial alto de dañar el componente extractivo constituyendo, en síntesis, una amenaza grave para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de que se presente un cierre parcial de las labores extractivas por efecto de las inundaciones en las áreas de explotación podría representar una posibilidad media de que afecte el componente administrativo y financiero. Lo anterior, debido a que se puede comprometer la producción de los materiales vendibles. El potencial de daño calculado es alto y, por lo tanto, la amenaza es grave para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La ocurrencia de inundaciones que afecten el componente extractivo sugiere una posibilidad media de afectación al componente de beneficio por la reducción en la disponibilidad de materiales que ingresarían al respectivo proceso. El potencial de daño calculado es alto y, por lo tanto, el suceso constituye una amenaza grave para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La afectación de las actividades extractivas podría retrasar el proceso de producción y consecuentemente el proceso de comercialización; en ese sentido, hay una posibilidad baja de afectar el componente de transporte y comercialización. El potencial de daño calculado es alto y, por lo tanto, la amenaza es relevante para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La afectación del componente extractivo sugiere que se podría suspender parcialmente la operación minera, lo cual podría disminuir el nivel de ingresos del personal o podría representar la pérdida de empleo, generando conflictos con la comunidad. Esta situación representa una posibilidad media de afectar el componente de entorno social y ambiental. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es relevante para el sistema minero.

- **8ª Cadena de amenazas Amenaza directa: sequía por la disminución de precipitaciones o el incremento de temperatura, componente extractivo**

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran sequías, por la disminución de las precipitaciones o el aumento de temperatura en el área de estudio, sugiere que se puede reducir la producción para garantizar el cumplimiento de las normas ambientales relacionadas con la calidad del aire. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar las labores de minería y, asimismo, un potencial medio de dañar el componente extractivo; es decir, se constituye una amenaza secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de que se reduzca la producción de materiales vendibles por efecto de las sequías, para garantizar el cumplimiento de las normas ambientales relacionadas con calidad de aire, podría representar una posibilidad baja de afectar el componente administrativo y financiero. El potencial de daño calculado es medio y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de que se afecte el componente extractivo sugiere una baja posibilidad de afectar al componente de beneficio por la reducción en la disponibilidad de materiales que ingresarán al respectivo proceso. El potencial de daño es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La afectación de las actividades extractivas podría retrasar el proceso de producción y consecuentemente el proceso de comercialización; en ese sentido, hay una posibilidad baja de afectar el componente de transporte y comercialización. El potencial de daño calculado es bajo y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de afectar el componente extractivo sugiere que se puede suspender parcialmente la operación y, así, podría disminuir el nivel de ingresos de los municipios por regalías. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar el componente de entorno social y ambiental. El potencial de daño calculado es bajo y, en ese sentido, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

- 9ª Cadena de amenazas Amenaza directa: inundaciones por el incremento de precipitaciones, componente almacenamiento temporal

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran inundaciones por el incremento de precipitaciones en la cuenca alta del río Guayuriba sugiere que hay una posibilidad media de que se suspenda temporalmente el acopio del material que proviene de la explotación. Esta situación representa un potencial medio de dañar el componente de almacenamiento temporal constituyendo, en síntesis, una amenaza relevante para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de que se cierren temporalmente los patios de acopio por efecto de las inundaciones podría representar una posibilidad media de que se afecte el componente administrativo y financiero debido a que se podría reducir la producción del material vendible. El potencial de daño es medio y, por lo tanto, la amenaza es relevante para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La afectación del componente de almacenamiento temporal por efecto de las inundaciones sugiere una baja posibilidad de afectación al componente de beneficio por la reducción en la disponibilidad de materiales que ingresarán al respectivo proceso. El potencial de daño calculado es bajo y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La disminución de material en los patios de acopio podría retrasar el proceso de producción y consecuentemente el proceso de comercialización; en ese sentido, hay una posibilidad baja de afectar el componente de transporte y comercialización. El potencial de daño calculado es bajo y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.



- 10ª Cadena de amenazas **Amenaza directa: sequía por la disminución de precipitaciones o el incremento de temperatura, componente almacenamiento temporal**

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran sequías, por la disminución de las precipitaciones o el aumento de temperatura en el área de estudio, sugiere que se puede reducir el acopio de material para garantizar el cumplimiento de las normas ambientales. Esta situación tiene una baja posibilidad de afectar las labores del componente de almacenamiento temporal y, asimismo, un potencial bajo de dañar dicho componente; en síntesis, representa una amenaza secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de que se reduzca la cantidad de material dispuesto en los patios de acopio por efecto de las sequías, para garantizar el cumplimiento de la normativa de calidad de aire, podría representar una posibilidad baja de que se afecte el componente administrativo y financiero debido a que se podría reducir la producción del material vendible. El potencial de daño es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La afectación del componente de almacenamiento temporal por efecto de las sequías sugiere una baja posibilidad de afectación al componente de beneficio por la reducción en la disponibilidad de materiales que ingresarán al respectivo proceso. El potencial de daño calculado es bajo y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La disminución de material en los patios de acopio podría retrasar el proceso de producción y consecuentemente el proceso de comercialización; en ese sentido, hay una posibilidad baja de afectar el componente de transporte y comercialización. El potencial de daño calculado es bajo y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

- 11ª Cadena de amenazas **Amenaza directa: inundaciones por el incremento de precipitaciones, componente de beneficio**

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran inundaciones por el incremento de precipitaciones en la cuenca alta del río Guayuriba sugiere que hay una posibilidad media de perder parte del material que ingresará al proceso de beneficio, cuando las áreas en las que se desarrolla esta actividad se ubican en las llanuras de inundación del río. Esta situación tiene un potencial medio de dañar el componente de beneficio constituyendo, en síntesis, una amenaza relevante para el sistema minero.

- **12ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: sequía por la disminución de precipitaciones o el incremento de temperatura, componente de beneficio**

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran sequías, por la disminución de las precipitaciones o el aumento de temperatura en el área de estudio, sugiere que se pueden reducir los procesos de lavado de material. Esta situación implica una baja posibilidad de afectar las labores del componente de beneficio y, asimismo, un potencial medio de dañar dicho componente; en síntesis, representa una amenaza secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de que se reduzcan los procesos de lavado por efecto de las sequías podría representar una baja posibilidad de que se afecte el componente administrativo y financiero debido a que esto podría afectar la producción del material vendible. El potencial de daño es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de que ocurran sequías, por la disminución de las precipitaciones o el aumento de temperatura en el área de estudio, sugiere que se pueden reducir los procesos de lavado de material. Esta situación implica una baja posibilidad de afectar las labores del componente de beneficio y, asimismo, un potencial medio de dañar dicho componente constituyendo, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero.

- **13ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: inundaciones por el incremento de precipitaciones, componente transporte y comercialización**

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran inundaciones por el incremento de precipitaciones en la cuenca alta del río Guayuriba sugiere que se puede afectar la infraestructura vial. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar el transporte y en consecuencia los procesos de comercialización. De acuerdo con lo anterior, las inundaciones tienen un potencial medio de dañar el componente de transporte y comercialización lo que constituye, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de afectación a la infraestructura vial por efecto de las inundaciones podría representar una baja posibilidad de afectar el componente administrativo y financiero, debido a que se afectarían las actividades de transporte y comercialización comprometiendo los ingresos de las operaciones mineras. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

- 14ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: fenómenos de remoción en masa por incremento de la precipitación, componente transporte y comercialización

**Amenaza directa.** En la zona de estudio no son plausibles los fenómenos de remoción en masa; sin embargo, la posibilidad de que ocurra este suceso en la vía Bogotá Villavicencio y en la vía alterna sugiere una alta posibilidad de afectar el transporte del material que se comercializa. Esta situación representa un alto potencial de daño para el componente de transporte y comercialización y, en síntesis, constituye una amenaza grave para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de afectación a la infraestructura vial por efecto de los fenómenos de remoción en masa podría representar una posibilidad media de afectar el componente administrativo y financiero, debido a que se afectarían las actividades de transporte y comercialización comprometiendo los ingresos de las operaciones mineras. El potencial de daño calculado es alto y, por lo tanto, la amenaza es grave para el sistema minero.

- 15ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: sequía por la disminución de precipitaciones o el incremento de temperatura, componente gestión ambiental

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran sequías, por la disminución de las precipitaciones o el aumento de temperatura en el área de estudio, sugiere que se puede incumplir la normativa ambiental relacionada con calidad del aire. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar el componente de gestión ambiental y, asimismo, un potencial bajo de dañar dicho componente constituyendo, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de que se incumpla la normativa ambiental por efecto de las emisiones de material particulado en época de sequía, podría representar una baja posibilidad de afectar el componente administrativo y financiero por pago de sanciones o mayores inversiones para el control de las emisiones. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

- 16ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: inundaciones por el incremento de precipitaciones, componente entorno social y ambiental

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran inundaciones, por el incremento de precipitaciones en la cuenca alta del río Guayuriba, sugiere que se pueden afectar la infraestructura vial, los predios vecinos, los cultivos y las áreas destinadas a ganadería. Mientras, el abastecimiento de agua también se podría afectar pero en menor proporción. Esta situación representa una posibilidad media de afectar el componente de entorno ambiental y social, y, asimismo, un potencial medio de dañar este componente constituyendo, en síntesis, una amenaza relevante.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de que se afecten las vías por efecto de las inundaciones que ocurren en el área de influencia podría representar una posibilidad media de afectación al componente administrativo financiero, debido a que se podrían suspender temporalmente las actividades de transporte y comercialización del material vendible. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es relevante para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de que se afecten las vías por efecto de las inundaciones que ocurren en el área de influencia podría representar una posibilidad media de afectación a la cadena de suministro, debido a que se podrían suspender temporalmente las actividades de transporte de los diferentes insumos, piezas de repuesto, contratistas, etc. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es relevante para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de afectación a la infraestructura vial por efecto de las inundaciones podría representar la afectación de los procesos de transporte y comercialización; en ese sentido, hay una posibilidad media de afectar dicho componente. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es relevante para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de afectación a la infraestructura vial por efecto de las inundaciones podría representar la afectación de la cadena de suministros y consecuentemente se podrían suspender temporalmente las actividades de gestión ambiental por falta de insumos, personal contratista, etc.; en ese sentido, hay una posibilidad media de afectar el componente de gestión ambiental. El potencial de daño calculado es bajo y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.



- 17ª Cadena de amenazas Amenaza directa: fenómenos de remoción en masa por incremento de la precipitación, componente entorno social y ambiental

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran procesos de remoción en masa, por el incremento de precipitaciones en la cuenca alta del río Guayuriba, sugiere que se puede afectar la prestación de servicios públicos. Esta situación representa una posibilidad baja de afectar el componente de entorno ambiental y social, y, asimismo, un potencial bajo de dañar este componente lo que constituye, en síntesis, una amenaza secundaria.

- 18ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: avenidas torrenciales por incremento de la precipitación, componente entorno social y ambiental

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran avenidas torrenciales en la cuenca del río Guayuriba sugiere que se pueden afectar la infraestructura vial, los predios vecinos, los cultivos y las áreas destinadas a ganadería. Mientras, el abastecimiento de agua también se podría afectar, aunque en menor proporción. Esta situación representa una posibilidad baja de afectar el componente de entorno ambiental y social y, asimismo, un potencial bajo de dañar este componente constituyendo, en síntesis, una amenaza secundaria.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de que se afecten las vías por efecto de las avenidas torrenciales que ocurran en el área de influencia podría representar una posibilidad baja de afectación al componente administrativo financiero, debido a que se podrían suspender temporalmente las actividades de transporte y comercialización del material vendible. El potencial de daño calculado es bajo y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de que se afecten las vías por efecto de las avenidas torrenciales que ocurren en el área de influencia podría representar una posibilidad baja de afectación a la cadena de suministro, debido a que se podrían suspender temporalmente las actividades de transporte de los diferentes insumos, piezas de repuesto, contratistas, etc. El potencial de daño calculado es bajo y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de afectación a la infraestructura vial por efecto de las avenidas torrenciales podría representar la afectación de los procesos de transporte y comercialización; en ese sentido, hay una posibilidad baja de afectar dicho componente. El potencial de daño calculado es bajo y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de afectación a la infraestructura vial por efecto de las avenidas torrenciales podría representar la afectación de la cadena de suministros y consecuentemente se podrían suspender temporalmente las actividades de gestión ambiental por falta de insumos, personal contratista, etc.; en ese sentido, hay una posibilidad baja de afectar el componente de gestión ambiental. El potencial de daño calculado es bajo y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

- **19ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: sequía por la disminución de precipitaciones o el incremento de temperatura, componente entorno social y ambiental**

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran sequías, por la disminución de las precipitaciones o el aumento de temperatura en el área de estudio, sugiere que se pueden afectar los procesos productivos agropecuarios y agroindustriales que requieran altos volúmenes de agua. Esto constituye una amenaza para las posibilidades de empleo de las comunidades y compromete sus fuentes de ingreso. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar el componente de entorno ambiental y social, y, asimismo, un potencial bajo de dañar dicho componente; en síntesis, se produce una amenaza secundaria.

- **20ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: incendios forestales por la disminución de precipitaciones o el incremento de temperatura – componente entorno social y ambiental**

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran incendios forestales por la disminución de las precipitaciones o el aumento de temperatura en el área de estudio, sugiere que se pueden afectar los procesos productivos agropecuarios y agroindustriales, lo que constituye una amenaza para las posibilidades de empleo de las comunidades y compromete sus fuentes de ingreso. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar el componente de entorno ambiental y social y, asimismo, un potencial bajo de dañar dicho componente, en síntesis, se genera una amenaza secundaria.

## 3.2.2 Cali – Yumbo

### 3.2.2.1 Estimación de subeventos derivados del cambio climático y la variabilidad climática

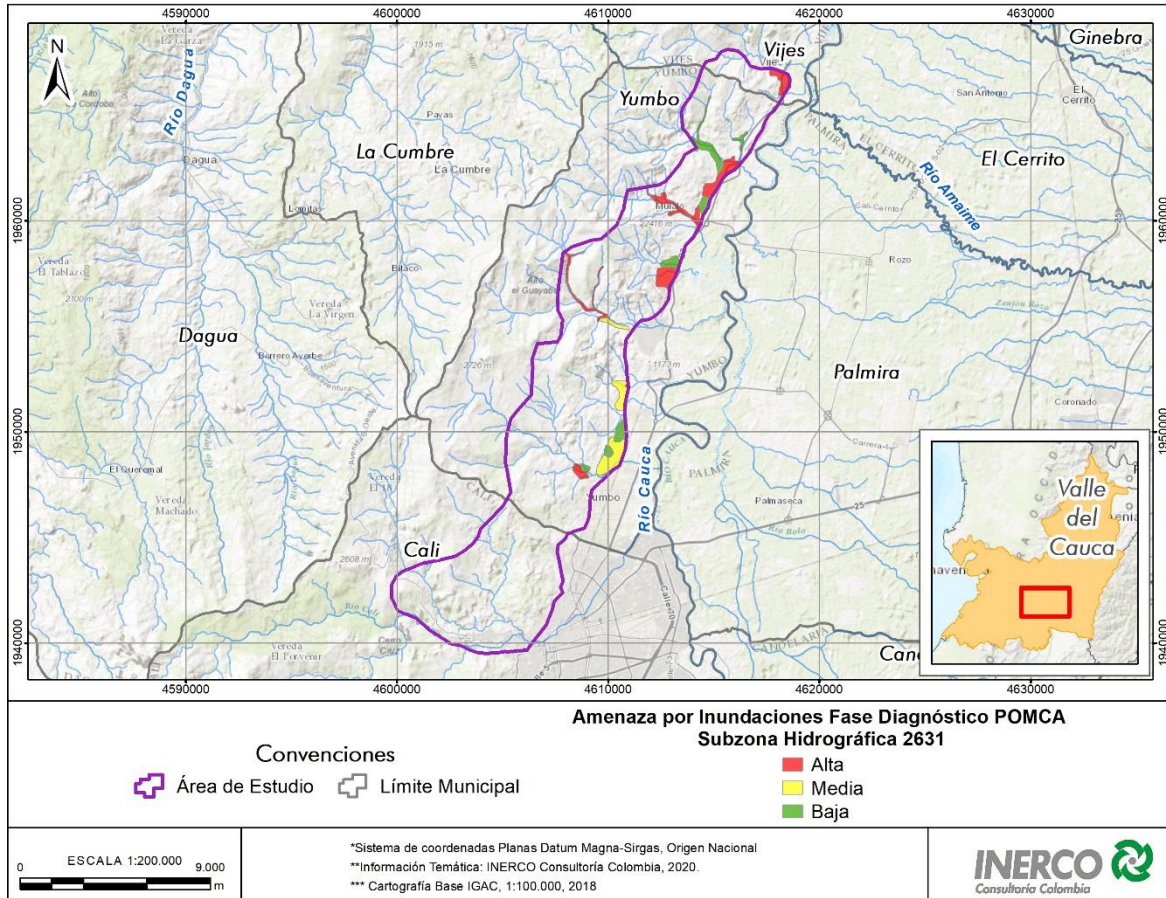
#### 3.2.2.1.1 Inundaciones

El modelo de amenaza por inundaciones proviene del POMCA de la Subzona hidrográfica de los ríos Arroyohondo-Yumbo-Mulaló-Vijes-Yotoco-Mediacanoa-Piedras, en el cual se obtienen los polígonos de amenaza a escala 1:25.000 que se presentan en la siguiente figura. Para el área de estudio Cali-Yumbo, el 92,7 % no presenta amenaza, seguida por el 3,4 % en amenaza alta, el 1,9 % en amenaza baja y el 1,7 % en amenaza media.

De acuerdo con el POMCA, la amenaza alta por eventos de inundación predomina en la zona plana o de valle, resaltando la importancia e influencia del río Cauca, ya que los eventos históricos reportados en la zona plana son generados principalmente por esta fuente superficial o por la falla de diques de contención que evitan la anegación de zonas aledañas al río y que tradicionalmente se inundaban o por la respuesta del agua subsuperficial en su relación río – acuífero, afectando el desarrollo productivo asociados principalmente al sector agrícola, localizados en el valle geográfico del río Cauca.

Con respecto a la amenaza media y baja, estas se evidencian principalmente en la zona de montaña<sup>58</sup>.

Figura 3-15. Amenaza por inundación área de estudio Cali -Yumbo



Fuente: CVC y Proagua<sup>59</sup>. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

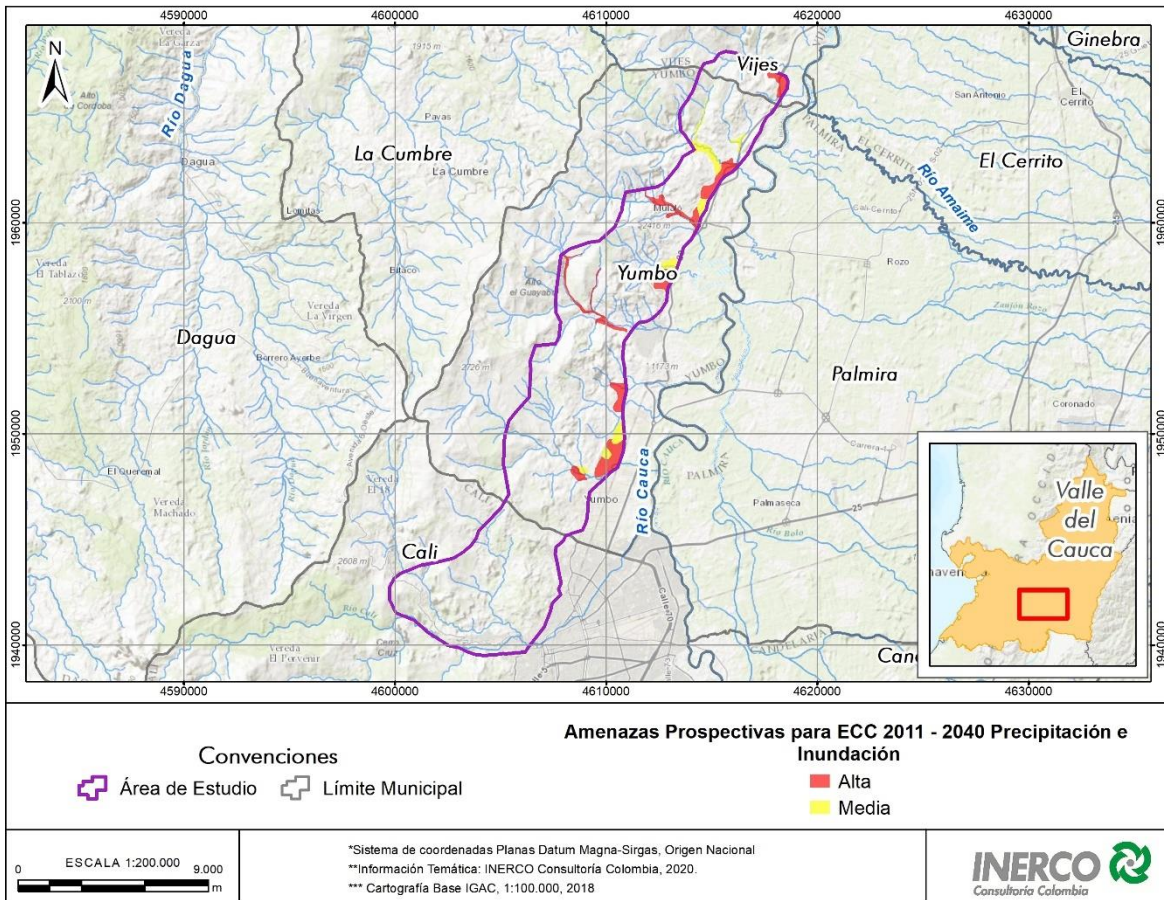
Considerando el aumento de precipitación en el escenario 2011-204 del IDEAM, se ha obtenido el modelo prospectivo presentado en la figura 3-16. En este modelo, el 93 % del área Cali-Yumbo no presenta amenaza, el 5,1 % se encontraría en zona de amenaza alta, mientras el 1,9 % restante lo estaría en amenaza media.

<sup>58</sup> PROAGUA-CVC. Fase de diagnóstico. POMCA Subzona hidrográfica 2631 Arroyohondo, Yumbo, Mulaló, Vijos, Yotoco, Mediacanoa y Piedras [En línea] 2019. pp.175-179. [Citado el 2021-02-02]. Disponible en Internet: <<https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/2019-11/Fase%20de%20Diagn%C3%B3stico%20-%20Ejecutivo.pdf>>

<sup>59</sup> COLOMBIA. CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA (CVC) Y FUNDACIÓN PROAGUA. Pomca de la subzona hidrográfica 2631: Arroyohondo, Yumbo, Mulaló, Vijos, Yotoco, Mediacanoa y Piedras. CONTRATO CVC Nro. 650 de 2017. Fase de diagnóstico informe ejecutivo. Cali: CVC y Proagua, 2019.



**Figura 3-16.** Escenario prospectivo 2011-2040 amenaza por inundación. Aumento de precipitación, área de estudio Cali-Yumbo



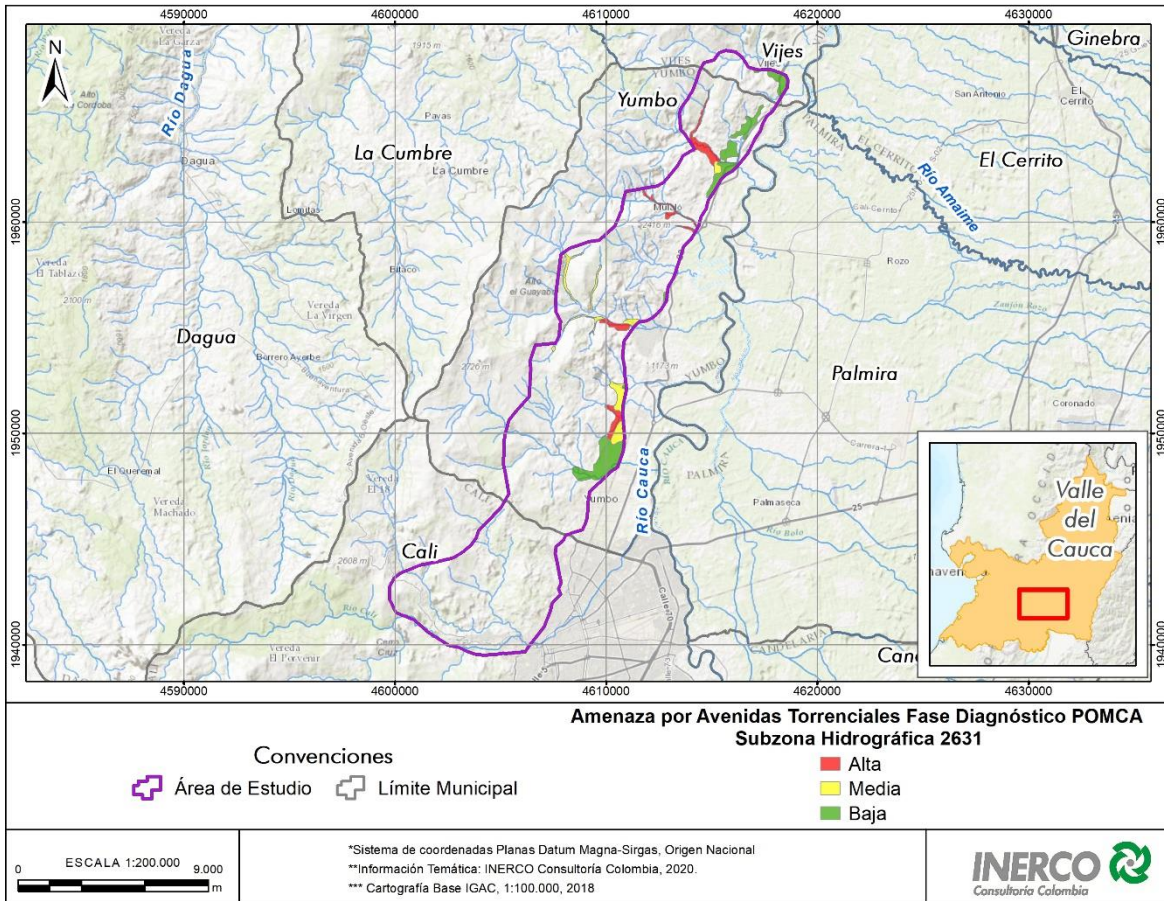
Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020

### 3.2.2.1.2 Avenidas torrenciales (crecientes súbitas)

El modelo de amenaza por avenidas torrenciales proviene del POMCA de la Subzona hidrográfica de los ríos Arroyohondo-Yumbo-Mulaló-Vijes-Yotoco-Mediacanoa-Piedras, en el cual se obtienen los polígonos de amenaza a escala 1:25.000 que se presentan en la siguiente figura. Para el área de estudio Cali-Yumbo, el 92,7 % no presenta amenaza, seguida por el 3,8 % en amenaza baja, el 1,7 % en amenaza alta y el 1,6 % en amenaza media.



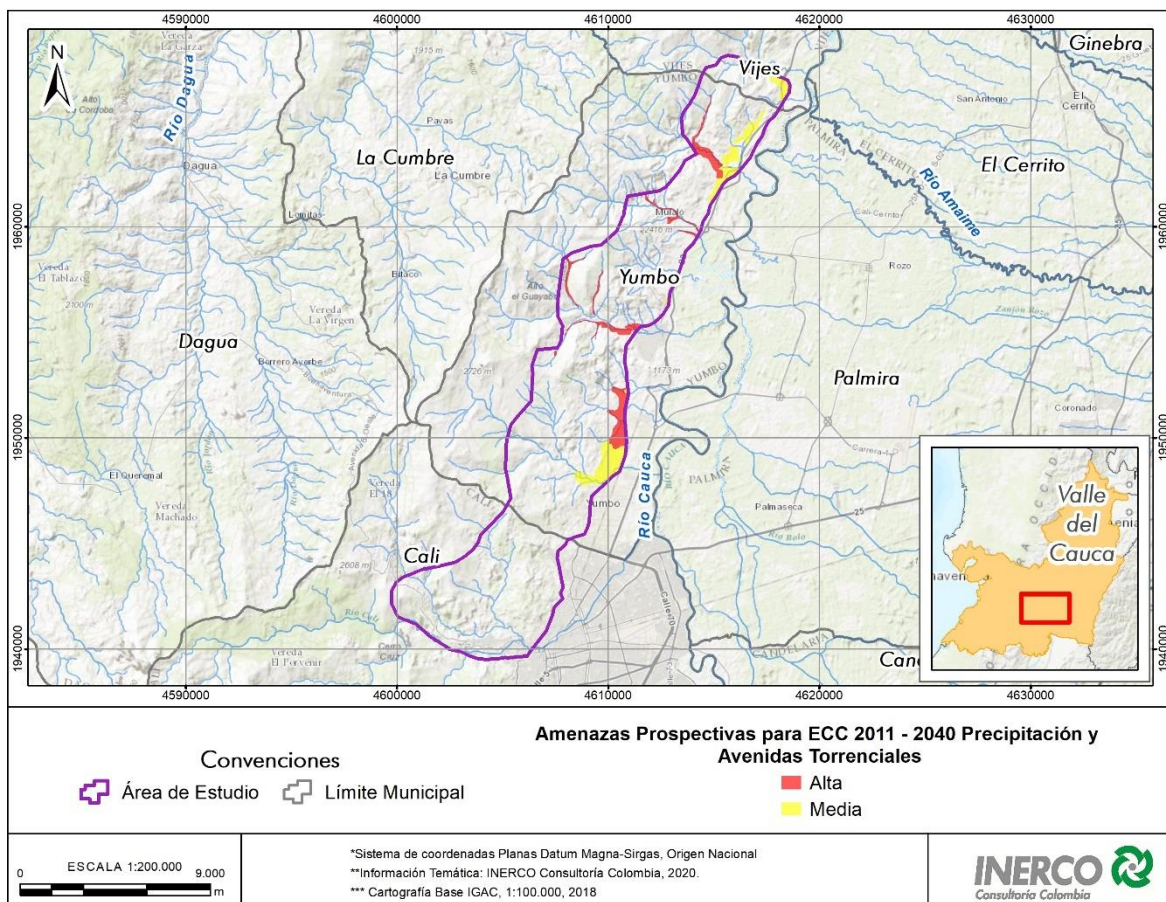
Figura 3-17. Amenaza por avenidas torrenciales área de estudio Cali - Yumbo



Fuente: CVC y Proagua. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

Considerando el aumento de precipitación en el escenario 2011-2040 del IDEAM, se ha obtenido el modelo prospectivo presentado en la figura 3-18. En este modelo, el 93 % del área Cali-Yumbo no presenta amenaza, el 3,8 % se encontraría en zona de amenaza media, mientras que el 3,3 % restante lo estaría en amenaza alta.

Figura 3-18. Escenario prospectivo 2011-2040 amenaza por avenida torrencial. Aumento de precipitación, área de estudio Cali-Yumbo



Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020

### 3.2.2.1.3 Fenómenos de remoción en masa

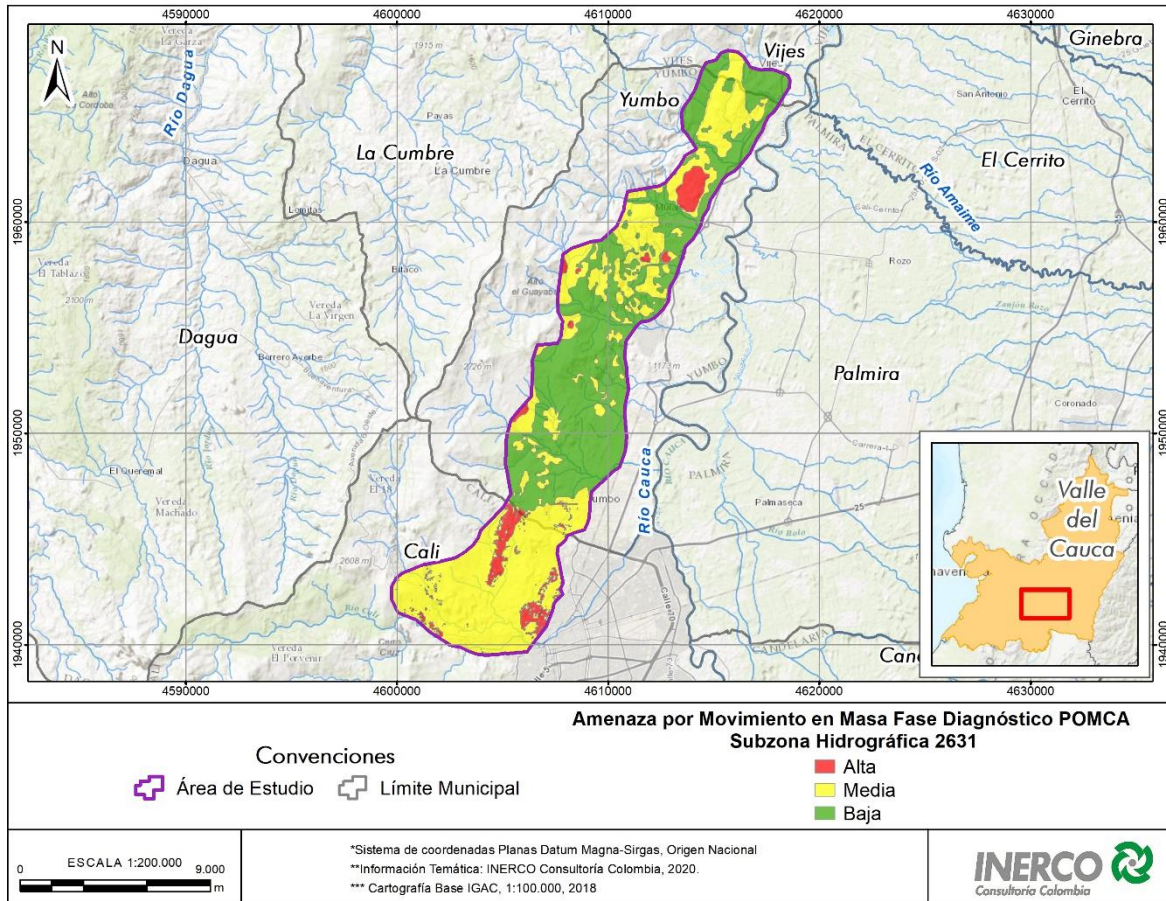
El modelo de amenaza por remoción en masa proviene del POMCA de la Subzona hidrográfica de los ríos Arroyohondo-Yumbo-Mulaló-Vijes-Yotoco-Mediacanoa-Piedras, en el cual se obtienen los polígonos de amenaza a escala 1:25.000 que se presentan en la siguiente figura. Para el área de estudio Cali-Yumbo, el 48,5 % presenta amenaza media, seguida por el 45,9 % en amenaza baja y el 5,6 % en amenaza alta.

Según el POMCA, algunos movimientos en masa de magnitud considerable se encuentran en la cuenca del río San Marcos y están asociados con la explotación minera a cielo abierto de calizas. Los deslizamientos se evidencian en la parte baja y están asociados principalmente a la construcción de las vías, mientras que las caídas y las reptaciones se presentan en la parte alta de las cuencas<sup>60</sup>.

<sup>60</sup> Ibid., pp. 163-175



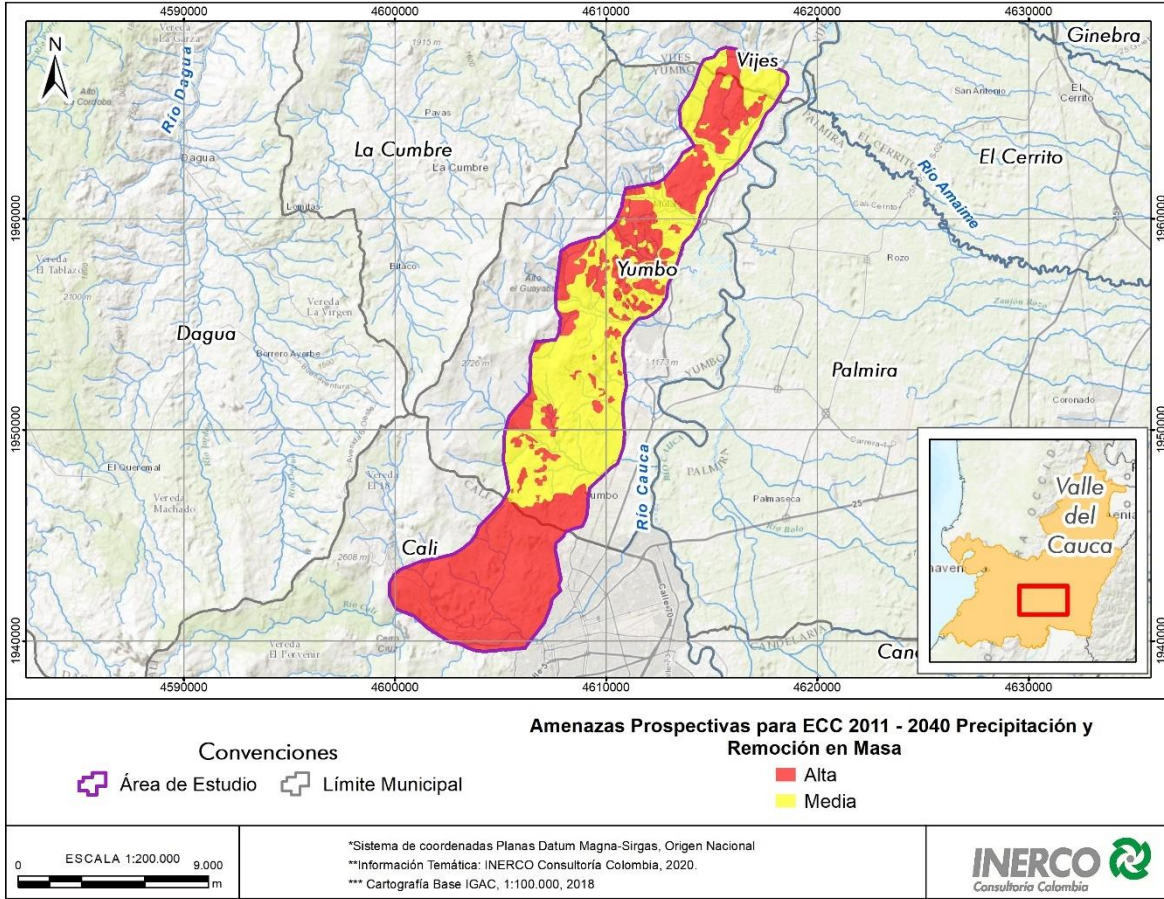
Figura 3-19. Amenaza por remoción en masa área de estudio Cali -Yumbo



Fuente: CVC y Proagua. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

Considerando el aumento de precipitación en el escenario 2011-2040 del IDEAM, se ha obtenido el modelo prospectivo presentado en la figura 3-20. En este modelo, el 54,1 % del área Cali-Yumbo presentaría amenaza alta, mientras el 45,9 % restante lo estaría en amenaza media.

Figura 3-20. Escenario prospectivo 2011-2040 amenaza por remoción en masa. Aumento de precipitación, área de estudio Cali-Yumbo



Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020

### 3.2.2.1.4 Olas de calor

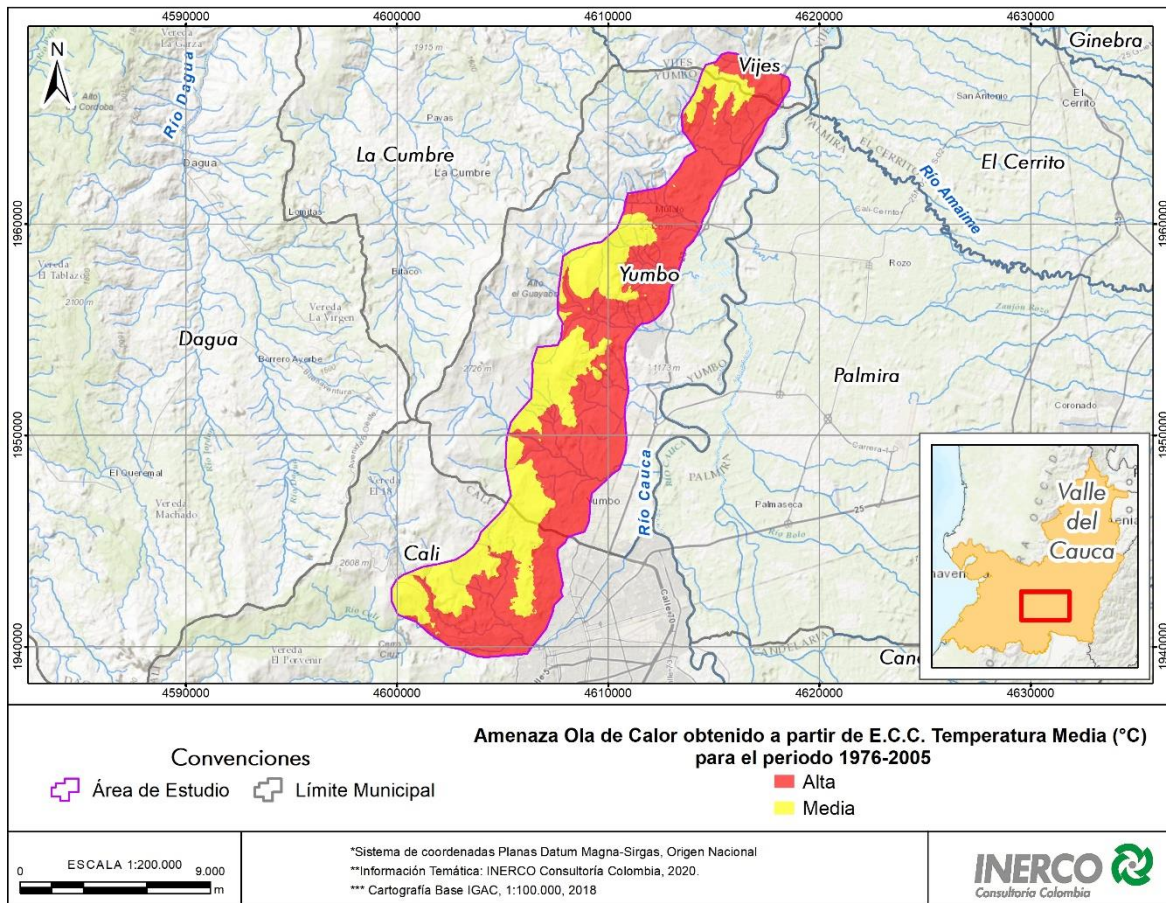
La figura 3-21 presenta el mapa de amenaza por olas de calor obtenido para el área Cali - Yumbo, tomando como base la información del mapa de diferencia de temperatura 2011-2040 vs 1976-2005 del IDEAM. Para definir los niveles alto, medio y bajo de amenaza, se reclasificaron los rangos presentados por el IDEAM utilizando la siguiente fórmula:  $(\text{temperatura máxima} - \text{temperatura mínima}) / 3$ , el resultado obtenido se presenta a continuación:

- < 3 °C-13 °C Baja
- 13,1 °C-23 °C Media
- 23,1 °C-32 °C Alta

De acuerdo con lo anterior, la calificación de la amenaza para el área de análisis se distribuye de la siguiente manera: 64,75 % del área presentaría amenaza alta, mientras el 35,25 % del área restante presentaría amenaza media.



Figura 3-21. Amenaza por olas de calor área de estudio Cali - Yumbo

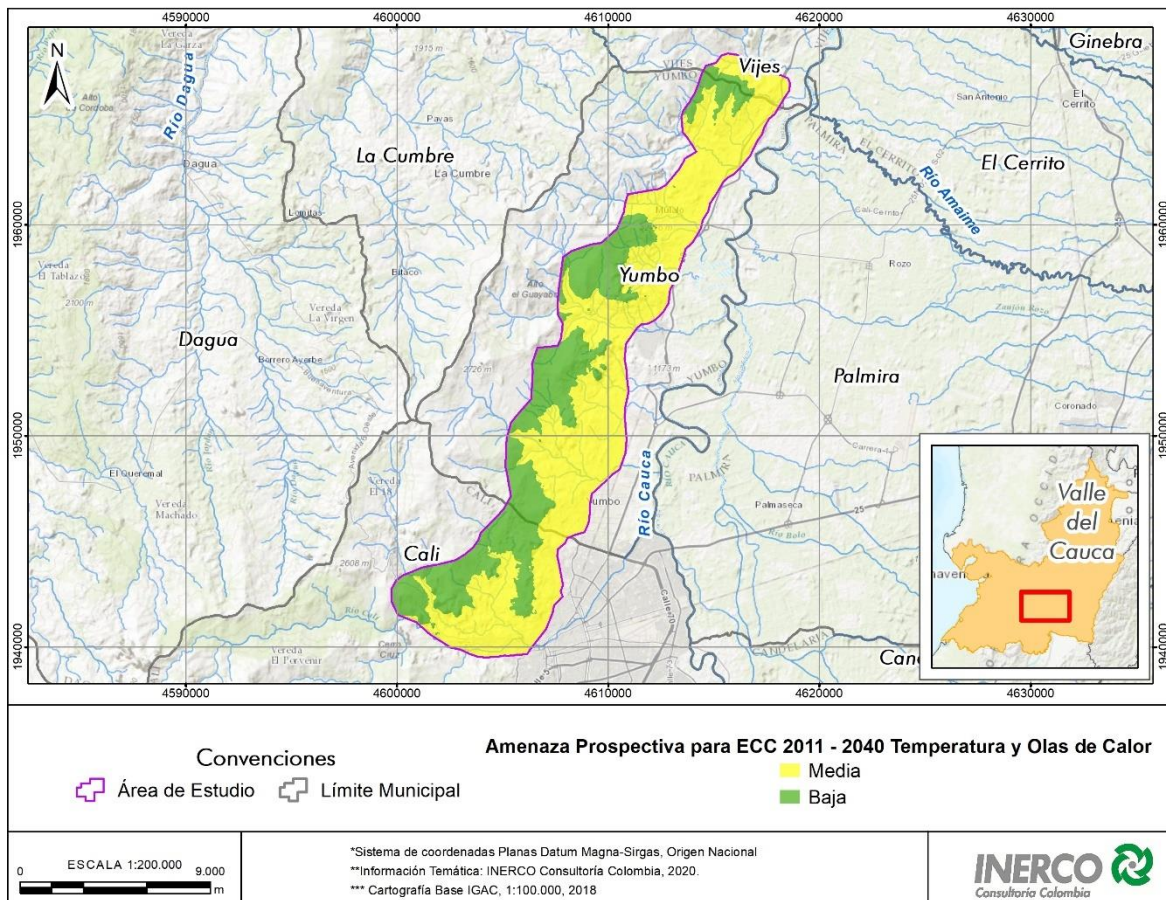


Fuente: IDEAM<sup>61</sup>. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020

Considerando el aumento de temperatura en el escenario 2011-2040, el comportamiento de la amenaza es el que se presenta en la figura 3-22 en la que se evidencia que el 64,75 % del área de estudio se encontraría en zona de amenaza media y el 35,25 % restante se ubica en zonas de baja amenaza.

<sup>61</sup> COLOMBIA. IDEAM. Mapa de Escenario Temperatura media (°C) para el periodo 1976-2005. Bogotá: IDEAM, 2015.

Figura 3-22. Escenario prospectivo 2011-2040 amenaza por olas de calor. Aumento de temperatura, área de estudio Cali-Yumbo



Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020

### 3.2.2.1.5 Sequías o déficit de lluvias

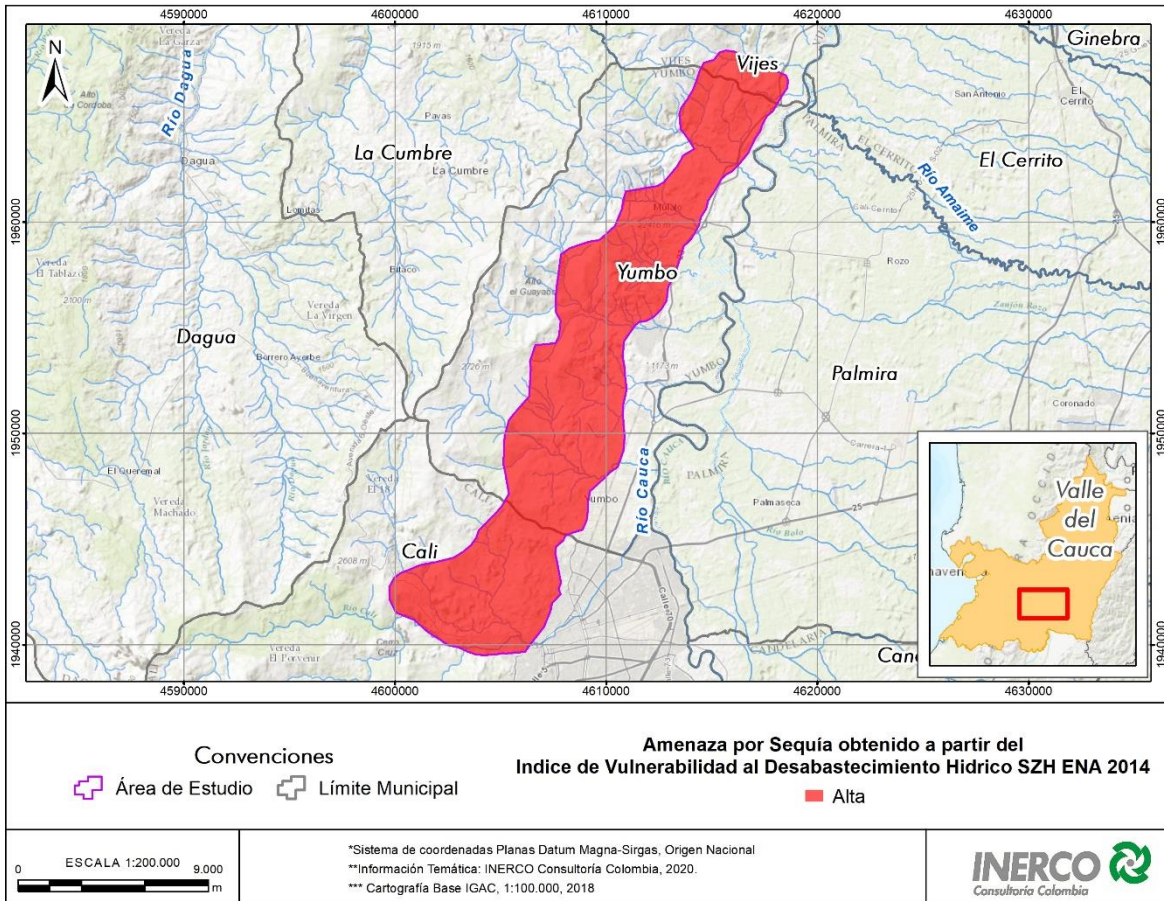
La figura 3-23 presenta el mapa de amenaza por sequía obtenido para el área Cali-Yumbo, tomando como base la información del mapa de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico del Estudio Nacional del Agua de 2014. Para definir los niveles alto, medio y bajo de amenaza, se reclasificaron los rangos del mapa de vulnerabilidad así:

- Vulnerabilidad muy alta y alta: amenaza alta
- Vulnerabilidad media: amenaza media
- Vulnerabilidad baja y muy baja: amenaza baja

De acuerdo con lo anterior, la calificación de la amenaza para toda el área de análisis es alta.



Figura 3-23. Amenaza por sequía área de estudio Cali - Yumbo

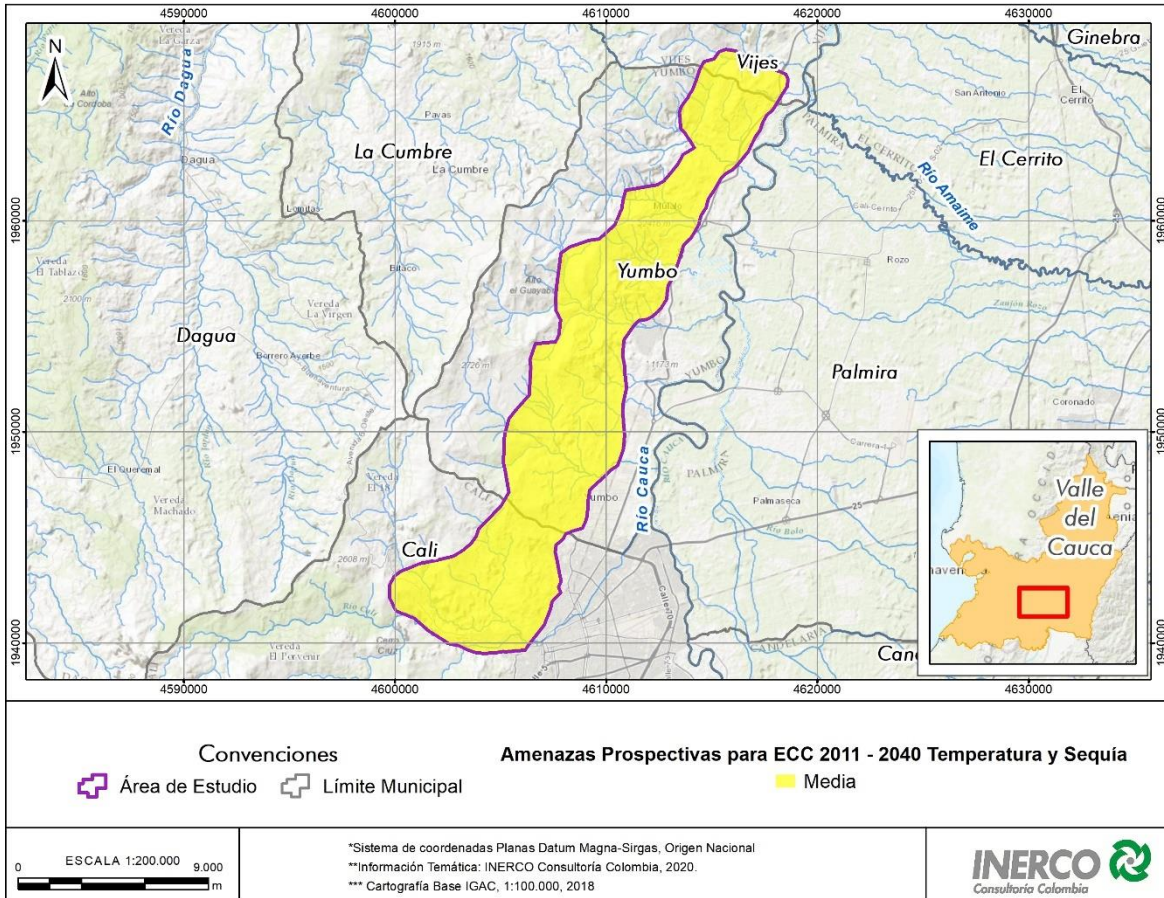


Fuente: IDEAM<sup>62</sup>. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020

Teniendo en cuenta el aumento de temperatura para el escenario 2011-2040, el comportamiento de la amenaza es el que se presenta en la figura 3-24 donde se evidencia que el 100 % del área de estudio se encontraría en zona de amenaza media.

<sup>62</sup> COLOMBIA. IDEAM. Mapa Índice de Vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico por Subzona Hidrográfica. Bogotá: IDEAM, 2015.

**Figura 3-24.** Escenario prospectivo 2011-2040 amenaza por sequía. Aumento de temperatura, área de estudio Cali-Yumbo



Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020

### 3.2.2.1.6 Incendios forestales

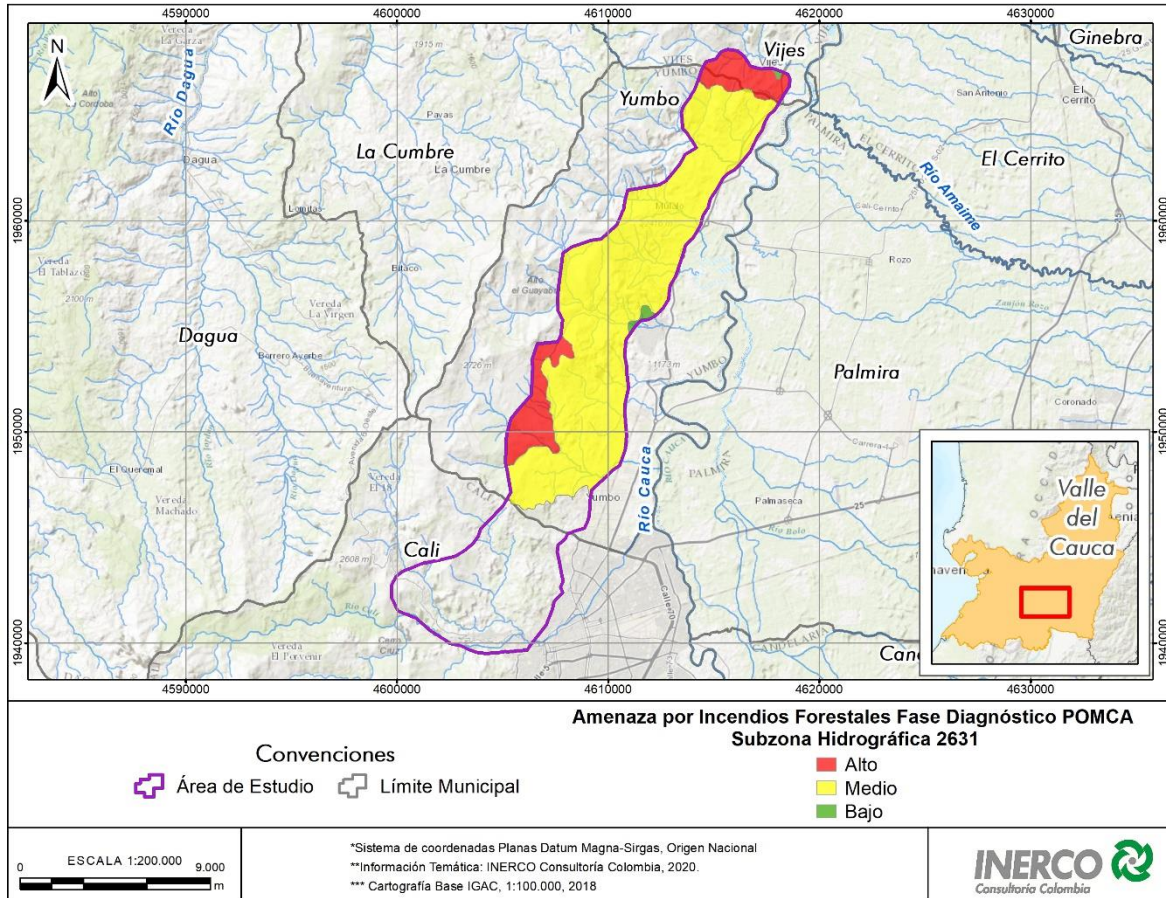
El modelo de amenaza por inundaciones proviene del POMCA de la Subzona hidrográfica de los ríos Arroyohondo-Yumbo-Mulaló-Vijes-Yotoco-Mediacaño-Piedras, en el cual se obtienen los polígonos de amenaza a escala 1:25.000 que se presentan en la siguiente figura. Para el área de estudio Cali-Yumbo, el 58,3 % se encuentra en amenaza media, seguida por el 10,4 % en amenaza alta y el 0,5% en amenaza baja y, finalmente, para el 30,8 % de la zona no se reporta información.

El incremento de las temperaturas y la baja pluviosidad, así como la práctica de quemas agrícolas para la expansión de la frontera agropecuaria, tiene una alta incidencia en la ocurrencia recurrente de incendios forestales, que viene afectando la fauna, la flora y el abastecimiento de



agua. En las zonas donde se ubican las cabeceras municipales de Yumbo y Vijes se presenta amenaza baja por eventos de incendios forestales<sup>63</sup>.

Figura 3-25. Amenaza por incendios forestales área de estudio Cali -Yumbo



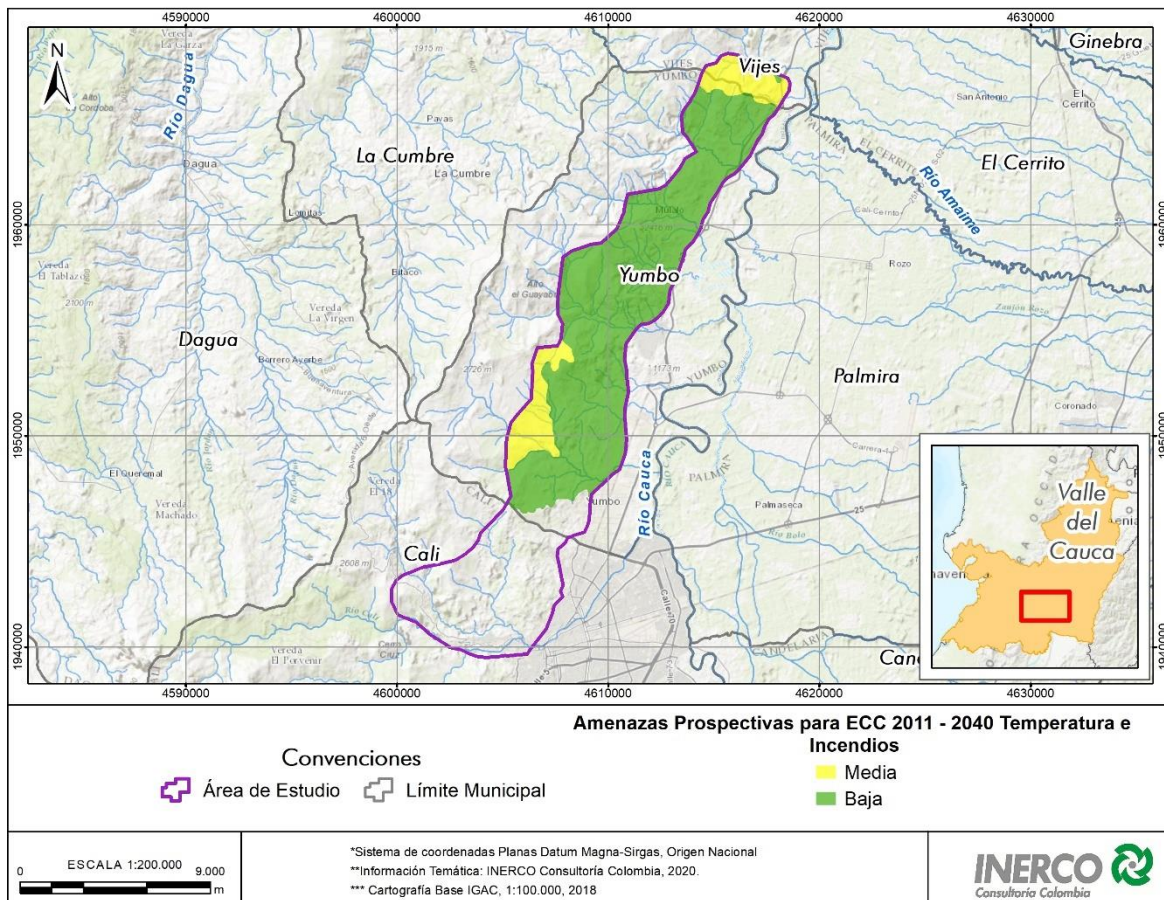
Fuente: CVC y Proagua<sup>64</sup>. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

Teniendo en cuenta el aumento de temperatura para el escenario 2011-2040, el comportamiento de la amenaza es el que se presenta en la figura 3-26, donde se evidencia que el 58,8 % del área Cali-Yumbo se encontraría en zona de amenaza baja, mientras el 10,4 % lo estaría en amenaza media.

<sup>63</sup> PROAGUA-CVC. Fase de diagnóstico. POMCA Subzona hidrográfica 2631 Arroyohondo, Yumbo, Mulaló, Vijes, Yotoco, Mediacañoa y Piedras [En línea] 2019. pp.184-189. [Citado el 2021-02-02]. Disponible en Internet: <<https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/2019-11/Fase%20de%20Diagn%C3%B3stico%20-%20Ejecutivo.pdf>>

<sup>64</sup> COLOMBIA. CVC, Proagua. POMCA DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA 2631: ARROYOHONDO, YUMBO, MULALÓ, VIJES, YOTOCO, MEDIACANOYA Y PIEDRAS CONTRATO CVC No. 650 DE 2017 FASE DE DIAGNÓSTICO INFORME EJECUTIVO. Cali: CVC, Proagua, 2019.

**Figura 3-26.** Escenario prospectivo 2011-2040 amenaza por incendios forestales. Aumento de temperatura, área de estudio Cali-Yumbo



Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020

### 3.2.2.1.7 Conclusiones de eventos y subeventos

Como resultado de los análisis anteriores, se obtuvieron las siguientes conclusiones respecto a la posible ocurrencia de subeventos amenazantes para la minería de materiales de construcción en el área de estudio Cali – Yumbo. El detalle del análisis realizado se presenta en el anexo 2 – 2 matriz: Caracterización Eventos.

#### 3.2.2.1.7.1 Subeventos amenazantes asociados al incremento de precipitaciones

En todos los escenarios planteados por la TCNCC se espera aumento de la precipitación para el área de estudio Cali -Yumbo. Los rangos de variación están entre 11 % y 30 % para el escenario 2011 – 2040; entre 11 % y 40% para el escenario 2041 – 2070, y entre 11 % y 30 % para el escenario 2071 – 2100. En todos los casos las variaciones corresponden a exceso de lluvias y, por lo tanto, se podría favorecer la generación de inundaciones, fenómenos de remoción en masa y avenidas torrenciales.

De acuerdo con el POMCA de la Subzona hidrográfica de los ríos Arroyohondo-Yumbo-Mulaló-Vijes-Yotoco-Mediacañoa-Piedras, la mayor parte del área de estudio no presenta amenaza por inundación o por avenidas torrenciales, en cambio, para los subeventos de remoción en masa, el área presenta en mayor proporción amenaza media.

Ahora bien, al considerar el escenario 2011 – 2040 de cambio climático del IDEAM, se obtienen el comportamiento futuro de estos subeventos como se presenta a continuación:

- Inundaciones y avenidas torrenciales con calificación baja, considerando que en la mayor parte del área de estudio no se presenta esta amenaza, y
- remoción en masa con amenaza alta.

#### **3.2.2.1.7.2 Subeventos amenazantes asociados a la disminución de precipitaciones**

Para ninguno de los escenarios planteados por el IDEAM se espera disminución de las precipitaciones en el área de análisis, por lo tanto, no se consideran subeventos amenazantes atribuibles a dicha disminución.

#### **3.2.2.1.7.3 Subeventos amenazantes asociados al aumento de temperatura**

En todos los escenarios planteados por la TCNCC, se espera un aumento de la temperatura para el área de estudio Cali-Yumbo. Los rangos de variación están entre 0,51 °C y 1,00 °C (bajo) para el escenario 2011-2040; entre 1,21 °C y 1,8 °C (alto) para el escenario 2041-2070, y entre 2,00 °C y 2,2 °C (alto) para el escenario 2071-2100.

De acuerdo con lo anterior, se esperaría que el aumento de la temperatura incida en la generación de fenómenos de sequía, olas de calor e incendios forestales.

Según la información proveniente del POMCA de la Subzona hidrográfica de los ríos Arroyohondo-Yumbo-Mulaló-Vijes-Yotoco-Mediacañoa-Piedras, el área de estudio cuenta en mayor proporción con amenaza media por ocurrencia de incendios forestales, amenaza alta por olas de calor y amenaza alta para sequías.

Ahora bien, al considerar el escenario 2011 – 2040 de cambio climático del IDEAM, en el futuro estas amenazas podrían tener las siguientes calificaciones:

- Amenaza baja por ocurrencia de incendios forestales, y
- amenaza media por olas de calor y por sequías.

#### **3.2.2.1.7.4 Subeventos amenazantes asociados a la variabilidad climática**

En el área de estudio, ante la ocurrencia de un fenómeno típico de La Niña, la alteración más probable sería un exceso de precipitaciones entre 100 % y 160 %; mientras, en caso de que se presente un fenómeno típico de El Niño, la precipitación estaría entre un rango normal y un déficit, entre 40 % y 120 %. En los casos en los que se presenta exceso, se podría favorecer la ocurrencia de inundaciones, avenidas torrenciales y fenómenos de remoción en masa, con calificación baja en los dos primeros casos, y alta para el último.

El comportamiento de la temperatura ante la ocurrencia de estos fenómenos de variabilidad climática muestra una reducción por debajo de  $-0,5^{\circ}\text{C}$ , en caso de que se presente un fenómeno de La Niña, y de calentamiento severo, mayor a  $0,5^{\circ}\text{C}$ , si se presenta El Niño. Esta última situación favorece la ocurrencia de subeventos de sequía y olas de calor con calificación alta, así como la manifestación de incendios forestales con calificación baja.

La amenaza derivada de escenarios de variabilidad climática se estima en función de la variación de la temperatura y la precipitación inducida por el evento, bien sea la fase cálida El Niño, o la fase fría La Niña. El modelo base considerado está constituido por el mapa de amenaza disponible para el área de estudio para cada subevento en particular. Las variaciones aportadas por los escenarios de variabilidad climática afectan el nivel de amenaza dada la variación de temperatura o precipitación en el mismo sentido al análisis realizado en el caso de Escenarios de Cambio Climático.

#### **3.2.2.2 Estimación de amenazas directas**

Con base en los eventos y subeventos expuestos en los numerales anteriores, se definieron las amenazas que pueden actuar directamente sobre los componentes de la cadena de valor y se calificó la posibilidad de ocurrencia definiendo, en cada caso, si es alta, media o baja. El detalle de este análisis se presenta en el anexo 2-2. Matriz: Amenazas Directas.

##### **3.2.2.2.1 Sub evento inundaciones**

Los fenómenos de inundación generan posibilidad de afectación a la infraestructura vial (puentes y vías), predios vecinos, cultivos y áreas de ganadería, lo que tendría un impacto en las familias de la zona cercana a las operaciones mineras. Mientras, el abastecimiento de agua también se podría afectar, aunque en menor proporción. Lo anterior se constituye una amenaza en el componente de entorno social y ambiental; no obstante, la posibilidad de ocurrencia es baja.

##### **3.2.2.2.2 Sub evento avenidas torrenciales (crecientes súbitas)**

- Existe una baja posibilidad de ocurrencia de avenidas torrenciales en inmediaciones del área de extracción, lo que indica una posibilidad de ocurrencia igualmente baja de



accidentes asociados. Esta situación constituye una amenaza para el componente de recursos humanos.

- Ante la posibilidad de que ocurran avenidas torrenciales por incremento de la precipitación, se puede alterar la infraestructura vial y afectar el transporte y las infraestructuras de servicios públicos y/o de suministro de combustibles. En este sentido, se podría afectar el componente de la cadena de suministros; no obstante, la posibilidad de ocurrencia es baja.
- El incremento en la precipitación posibilita la ocurrencia de avenidas torrenciales en las quebradas aferentes a las zonas de extracción. Esta situación constituye una amenaza para el componente extractivo, aunque con una baja posibilidad de ocurrencia.
- La ocurrencia de fenómenos de avenidas torrenciales por incremento de la precipitación puede alterar la infraestructura vial, esto constituye una amenaza para el componente de transporte y comercialización con baja posibilidad de ocurrencia.
- Se presenta una baja posibilidad de ocurrencia de avenidas torrenciales que afectarían la continuidad de la implementación de las medidas de cierre, esto constituye una amenaza para el componente de cierre minero.
- La ocurrencia de avenidas torrenciales que afectan la infraestructura vial, predios vecinos, cultivos y/o ganadería sugiere la posibilidad de que se genere un impacto en las familias ubicadas en áreas cercanas a las operaciones mineras. Mientras, el abastecimiento de agua también se podría afectar, pero en menor proporción. Lo anterior constituye una amenaza al componente de entorno social y ambiental con baja posibilidad de ocurrencia.

### 3.2.2.2.3 Sub evento fenómenos de remoción en masa

- La posibilidad de ocurrencia de procesos de remoción en masa de manera localizada en el área de extracción sugiere una posibilidad baja de que se afecte el componente administrativo y financiero, dada la posible alteración de la continuidad de las labores extractivas.
- La posibilidad de ocurrencia de procesos de remoción en masa de manera localizada en el área de extracción sugiere una posibilidad baja de ocurrencia de accidentes asociados, lo que constituye una amenaza para el componente de recursos humanos.
- La ocurrencia de fenómenos de remoción en masa por incremento de la precipitación podría alterar la infraestructura vial y, por ende, el transporte. En el mismo sentido, se podrían afectar las infraestructuras de servicios públicos y/o de suministro de combustibles. Lo anterior conforma una amenaza en el componente de la cadena de suministro con posibilidad de ocurrencia media.
- En el área de estudio se pueden presentar procesos de remoción en masa en los suelos residuales de las rocas volcánicas por incremento en las precipitaciones. Esta situación puede generar afectaciones locales en las zonas de extracción, y constituirse en una amenaza del componente extractivo con posibilidad de ocurrencia media.

- Ante la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa por incremento de la precipitación podría alterarse la infraestructura vial y, por lo tanto, el transporte de los productos que se comercializan. Esta situación constituye una amenaza del componente de transporte y comercialización con posibilidad de ocurrencia media.
- Ante la posibilidad de ocurrencia de fenómenos de remoción en masa, se podría afectar la continuidad de la implementación de las medidas de cierre, lo cual es una amenaza con baja posibilidad de ocurrencia para el componente de cierre minero.
- Los procesos de remoción en masa tienen una alta posibilidad de ocurrir en el área de influencia puntual y a su vez podrían tener impacto en la prestación de servicios públicos, esto constituye una amenaza para el componente de entorno social y ambiental.

#### **3.2.2.2.4 Subevento olas de calor**

No se considera posible las olas de calor puedan afectar algún componente de la cadena de valor del subsector de materiales de construcción de la zona de estudio.

#### **3.2.2.2.5 Sub evento sequías o déficit de lluvias**

- La posibilidad de que se presenten sequías en el área de estudio y sus efectos sobre el componente extractivo suponen una amenaza para el componente administrativo y financiero con baja posibilidad de ocurrencia.
- La ocurrencia de períodos más largos sin precipitación sugiere que se incrementará la emisión de material particulado a la atmósfera con la consecuente afectación a la fuerza laboral; esto constituye una amenaza con posibilidad de ocurrencia media para el componente de recursos humanos.
- La falta de disponibilidad hídrica para el control de material particulado durante períodos de sequía sugiere que se reduciría la producción para garantizar el cumplimiento de las normas ambientales; es decir, se constituye una amenaza para el componente de almacenamiento temporal con una posibilidad de ocurrencia media.
- La falta de disponibilidad hídrica para el control de material particulado durante períodos de sequía sugiere que se reduciría la producción para garantizar el cumplimiento de las normas ambientales. Esta situación constituye una amenaza para el componente de beneficio con posibilidad de ocurrencia media.
- La posibilidad de ocurrencia de períodos más largos sin precipitación sugiere riesgos de incumplimiento de la normativa ambiental relacionada con el control de material particulado, lo que constituye una amenaza al componente de gestión ambiental con posibilidad de ocurrencia media.
- La posibilidad de ocurrencia de períodos más largos sin precipitación sugiere riesgos de incumplimiento de la normativa ambiental relacionada con el control de material particulado, requisito que también se debe cumplir durante la etapa de cierre. Adicionalmente, se podría comprometer la implementación de algunas medidas de

manejo. Lo anterior constituye una amenaza con posibilidad de ocurrencia media para el componente cierre minero.

- Existe una baja posibilidad de que los fenómenos de sequía afecten procesos productivos agropecuarios y agroindustriales que requieran altos volúmenes de agua. Esto constituye una amenaza para las posibilidades de empleo de las comunidades que compromete sus fuentes de ingreso en el componente de entorno social y ambiental.

#### **3.2.2.2.6 Sub evento Incendios forestales**

- Existe una baja posibilidad de que se presenten incendios forestales en las áreas de los títulos mineros lo cual podría constituir una amenaza para el componente administrativo y financiero.
- Se tiene la probabilidad que se presenten incendios forestales en las áreas donde se localizan los títulos mineros lo cual puede representar una amenaza para el componente extractivo; sin embargo, la posibilidad de que estos eventos lleguen hasta el área de extracción es baja.
- Existe una baja posibilidad de ocurrencia de incendios forestales que podrían afectar la continuidad de las medidas que se implementen en la etapa de cierre, lo cual constituye una amenaza para este componente.

#### **3.2.2.3 Estimación de amenazas indirectas**

A partir de la definición de las amenazas directas y de la calificación de la posibilidad de ocurrencia de las mismas, se determinaron las amenazas que pueden actuar indirectamente sobre los componentes de la cadena de valor. En este punto, es necesario considerar que las amenazas indirectas se manifiestan cuando una amenaza directa a un componente del sistema minero (que se han descrito en el numeral anterior) genera una amenaza sobre otro componente. Al igual que en el caso de las amenazas directas, para las amenazas indirectas se ha determinado la posibilidad de ocurrencia como se muestra en el anexo 2 – 2 matriz: Amenazas Dir. e Indirectas.

##### **3.2.2.3.1 Componente administrativo y financiero**

- La ocurrencia de procesos de remoción en masa de manera localizada en el área de extracción o de avenidas torrenciales puede causar accidentes en la operación, lo que constituye una amenaza directa para el componente de recursos humanos. Esta situación genera una posibilidad baja de que el componente administrativo y financiero se afecte por incurrir en costos adicionales por cubrimiento de incapacidades y demandas laborales, reentrenamientos y demás costos asociados con el personal que se puede afectar.
- La ocurrencia de periodos más largos sin precipitación (sequía) sugiere que se incrementará la emisión de material particulado, lo que constituye una amenaza directa para el componente de recursos humanos que incidiría en la salud de los trabajadores.

Esta situación genera una posibilidad baja de que el componente administrativo y financiero se afecte por incurrir en costos mayores por cubrimiento de incapacidades y demandas laborales, reentrenamientos y demás costos asociados con el personal que se puede afectar.

- La ocurrencia de fenómenos de remoción en masa y avenidas torrenciales por incremento de la precipitación puede alterar la infraestructura vial y afectar el transporte y, por lo tanto, el componente de cadena de suministro. Estas alteraciones podrían representar la suspensión temporal de actividades productivas, lo que impacta el componente financiero. La posibilidad de ocurrencia se ha calificado como baja en ambos casos.
- La ocurrencia de eventos de remoción en masa puede afectar directamente el componente extractivo en áreas localizadas obligando a que se suspendan parcialmente las labores de minería. Esto implica una posibilidad baja de que se afecte indirectamente el componente financiero debido a la consecuente reducción de producción.
- La ocurrencia de avenidas torrenciales puede afectar directamente el componente extractivo obligando a que se suspendan parcialmente las labores de minería. Esto implica una posibilidad baja de que se afecte indirectamente el componente financiero debido a la consecuente reducción de la producción.
- La ocurrencia de incendios forestales en las áreas de los títulos minero puede implicar una amenaza directa para el componente extractivo en el escenario en que las afectaciones alcanzaran las instalaciones de la empresa; en ese caso, se podría impactar indirectamente el componente financiero por efecto de las reparaciones que se deban realizar. La posibilidad de ocurrencia se ha calificado como baja.
- Para el componente de almacenamiento temporal es posible que se presenten eventos de sequía y en ese caso se puede reducir el acopio de material para garantizar el cumplimiento de las normas ambientales relacionadas con la calidad del aire. Dado lo anterior, se puede reducir la producción de agregados pétreos y esto afectaría el componente financiero. La posibilidad de ocurrencia es media.
- Los eventos de sequía podrían causar aumento de las emisiones de material particulado y un efecto directo sobre el componente de beneficio debido a la reducción de la producción para garantizar el cumplimiento de la normativa de calidad de aire. Esta situación puede repercutir indirectamente en el componente financiero con una posibilidad media de ocurrencia.
- La ocurrencia de fenómenos de remoción en masa y avenidas torrenciales por incremento de la precipitación puede alterar la infraestructura vial y afectar directamente el componente de transporte y los procesos de comercialización. En caso de que estas amenazas se materialicen, el componente financiero se podría afectar indirectamente al disminuir las ventas. La posibilidad de ocurrencia se ha calificado como baja en ambos casos.
- En caso de que se presente una sequía en el área de estudio, existe el riesgo de incumplir los estándares de la normativa ambiental relacionada con el control de material particulado, lo que se constituye en una amenaza directa para el componente de gestión ambiental. Esta situación puede afectar indirectamente el componente financiero por el



pago de posibles sanciones o por incurrir en costos adicionales para el control del material particulado. La posibilidad de ocurrencia se ha calificado como media.

- Los fenómenos de inundación y avenidas torrenciales generan afectaciones en el componente de entorno social y ambiental, específicamente en la infraestructura vial (puentes y vías), predios vecinos, cultivos y ganadería. Al considerar las afectaciones sobre la infraestructura vial, se podría afectar el componente financiero del subsector de materiales de construcción, al suspenderse los procesos de transporte y comercialización. La posibilidad de ocurrencia se ha calificado como baja en ambos casos.
- La ocurrencia de fenómenos de remoción en masa, avenidas torrenciales o incendios forestales puede afectar la continuidad de la implementación de las medidas de cierre, dado que la ejecución de las reparaciones que se requieran implicaría un impacto para el componente financiero. La posibilidad de ocurrencia se ha calificado como baja.
- En el evento en que se presenten periodos largos sin precipitación (sequía), se podría incumplir la normativa ambiental relacionada con el control de material particulado; asimismo, se podría comprometer la continuidad de algunas medidas que se planteen para el cierre (componente de cierre minero). En caso de que se presente algún incumplimiento que requiera el pago de sanciones, se puede afectar el componente administrativo y financiero. La posibilidad de ocurrencia se ha calificado como baja.

#### **3.2.2.3.2 Componente recursos humanos**

No se han considerado amenazas indirectas para este componente

#### **3.2.2.3.3 Componente de la cadena de suministros**

- Los fenómenos de inundación y avenidas torrenciales generan afectaciones en el componente de entorno social y ambiental, específicamente en la infraestructura vial (puentes y vías), predios vecinos, cultivos y ganadería. Al considerar las afectaciones sobre la infraestructura vial, se podría afectar el componente de la cadena de suministros. La posibilidad de ocurrencia se ha calificado como baja en ambos casos.
- Los procesos de remoción en masa representan una amenaza directa al componente de entorno social y ambiental, ya que pueden tener algún impacto sobre la infraestructura de servicios. Estas afectaciones pueden incidir en la cadena de suministro y su posibilidad de ocurrencia es media, dado que la amenaza tiene un área de influencia puntual.

#### **3.2.2.3.4 Componente extractivo**

- El componente de recursos humanos se puede afectar en caso de que se presenten accidentes asociados a la ocurrencia de procesos de remoción en masa o avenidas torrenciales. Esta situación puede incidir indirectamente en el componente extractivo ya que podría representar la suspensión temporal de las labores asociadas a este; no obstante, la posibilidad de ocurrencia es baja.

- La ocurrencia de fenómenos de remoción en masa y avenidas torrenciales por incremento de la precipitación puede alterar la infraestructura vial y de suministro de combustibles, lo que afecta directamente el componente cadena de suministros, e indirectamente el componente extractivo, ya que se podrían suspender temporalmente sus actividades por falta de insumos, maquinaria, piezas de repuesto, etc. La posibilidad de ocurrencia es media para el caso de remoción en masa y baja para avenidas torrenciales.

#### **3.2.2.3.5 Componente de beneficio**

- El componente de recursos humanos se puede afectar en caso de que se presenten accidentes asociados a la ocurrencia de procesos de remoción en masa o avenidas torrenciales. Esta situación puede incidir indirectamente en el componente de beneficio, ya que podría representar la suspensión temporal de las labores asociadas a este; no obstante, la posibilidad de ocurrencia es baja.
- La ocurrencia de fenómenos de remoción en masa y avenidas torrenciales por incremento de la precipitación puede alterar la infraestructura vial y de suministro de combustibles, lo que afecta directamente el componente cadena de suministros, e indirectamente el componente de beneficio, ya que se podrían suspender temporalmente las actividades asociadas a este por falta de insumos, maquinaria, piezas de repuesto, etc. La posibilidad de ocurrencia es media para el caso de remoción en masa y baja para avenidas torrenciales.
- Los procesos de remoción en masa y las avenidas torrenciales pueden afectar directamente la continuidad de las labores asociadas al componente extractivo. Esta situación sugiere que, indirectamente, estas amenazas pueden incidir negativamente en la operación habitual de las actividades de beneficio (componente de beneficio) al disminuir el material proveniente de las áreas de minado. No obstante, La posibilidad de ocurrencia se ha calificado como baja en ambos casos.
- Para el componente de almacenamiento temporal, la ocurrencia de eventos de sequía implicaría la reducción en el acopio de material para garantizar el cumplimiento de las normas ambientales. Dado lo anterior, se podría impactar la actividad de beneficio por falta de material para procesar. La posibilidad de ocurrencia es baja.

#### **3.2.2.3.6 Componente almacenamiento temporal**

No se consideran amenazas indirectas para este componente.

#### **3.2.2.3.7 Componente de transporte y comercialización**

- El componente de recursos humanos se puede afectar en caso de que se presenten accidentes asociados a la ocurrencia de procesos de remoción en masa o avenidas torrenciales. Esta situación puede incidir indirectamente en el componente de transporte

y comercialización ya que se podrían suspender temporalmente las labores extractivas y de beneficio y, por lo tanto, disminuiría el volumen de material disponible para comercializar, aunque su posibilidad de ocurrencia es baja.

- La ocurrencia de fenómenos de remoción en masa y avenidas torrenciales por incremento de la precipitación puede alterar la infraestructura vial y de suministro de combustibles, lo que afecta directamente el componente cadena de suministros, e indirectamente al componente de transporte y comercialización, ya que se podrían suspender temporalmente las actividades productivas por falta de insumos, maquinaria, piezas de repuesto, etc. La posibilidad de ocurrencia es media en el caso de remoción en masa y baja para avenidas torrenciales.
- Los procesos de remoción en masa y las avenidas torrenciales pueden afectar directamente la continuidad de las labores asociadas al componente extractivo, esta situación sugiere que, indirectamente, estas amenazas pueden incidir negativamente en la operación habitual de las actividades de comercialización (componente de transporte y comercialización) al disminuir el material vendible. No obstante, la posibilidad de ocurrencia se ha calificado como baja en ambos casos.
- Para el componente de almacenamiento temporal, la ocurrencia de eventos de sequía implicaría la reducción en el acopio de material para garantizar el cumplimiento de las normas ambientales. Dado lo anterior, se podría impactar la actividad de beneficio y en consecuencia el componente de transporte y comercialización. La posibilidad de ocurrencia es baja.
- Los eventos de sequía podrían causar aumento de las emisiones de material particulado y un efecto directo sobre el componente de beneficio por reducción de la producción para garantizar el cumplimiento de la normativa respectiva de calidad de aire. Esta situación puede repercutir indirectamente en el componente de transporte y comercialización al disminuir el volumen de material vendible. La posibilidad de ocurrencia es media.
- Los fenómenos de inundación y avenidas torrenciales generan afectaciones en el componente de entorno social y ambiental, específicamente en la infraestructura vial (puentes y vías), predios vecinos, cultivos y ganadería. Al considerar las afectaciones sobre la infraestructura vial, se podría afectar el componente transporte y comercialización del subsector de materiales de construcción. La posibilidad de ocurrencia se ha calificado como baja en ambos casos.

#### **3.2.2.3.8 Componente de gestión ambiental**

- La ocurrencia de procesos de remoción en masa y avenidas torrenciales por incremento de la precipitación puede alterar la infraestructura vial, es decir, afecta directamente el componente de la cadena de suministro, esta afectación puede representar la suspensión de actividades de gestión ambiental (componente de gestión ambiental) por falta de insumos, personal contratista, etc. No obstante, la posibilidad de ocurrencia es baja en ambos casos.

- Los fenómenos de inundación y avenidas torrenciales afectan el componente de entorno social y ambiental, específicamente la infraestructura vial (puentes y vías), predios vecinos, cultivos y ganadería. Al considerar las afectaciones sobre la infraestructura vial, se podría afectar el componente de la cadena de suministro y esta situación podría representar la suspensión temporal de actividades de gestión ambiental por falta de insumos, personal contratista, etc. La posibilidad de ocurrencia se ha calificado como baja en ambos casos.

#### **3.2.2.3.9 Componente de cierre minero**

- La ocurrencia de procesos de remoción en masa y avenidas torrenciales por incremento de la precipitación puede alterar la infraestructura vial, lo que afecta directamente el componente de la cadena de suministro, esta afectación puede representar la suspensión de actividades de cierre (componente de cierre minero) por falta de insumos, personal contratista, etc. aunque, la posibilidad de ocurrencia es baja.

#### **3.2.2.3.10 Componente entorno ambiental y social**

- La ocurrencia de procesos de remoción en masa de manera localizada en el área de extracción o las avenidas torrenciales pueden causar accidentes en la operación, lo que constituye una amenaza directa para el componente de recursos humanos. El aumento de accidentes que pongan en riesgo la salud de los empleados mineros, podría ocasionar conflictos con las comunidades vecinas. La posibilidad de ocurrencia es baja.
- La ocurrencia de periodos más largos sin precipitación (sequía) sugiere que se incrementará la emisión de material particulado, lo que constituye una amenaza directa para el componente de recursos humanos que incidiría en la salud de los trabajadores. La posibilidad de que se presenten enfermedades respiratorias ligadas con la emisión de material particulado, podría ocasionar problemas con las comunidades vecinas, la posibilidad de ocurrencia es baja.
- La posibilidad de ocurrencia de períodos más largos sin precipitación (sequía) sugiere una alta posibilidad de riesgos de incumplimiento de la normativa ambiental relacionada con el control de material particulado. Esta situación representa una amenaza indirecta para el componente de entorno ambiental y social, ya que se podrían presentar conflictos con las comunidades del área de influencia. La posibilidad de ocurrencia es media.

#### **3.2.2.4 Valoración de las amenazas directas e indirectas**

En los pasos anteriores se identificaron los subeventos de cambio climático y variabilidad climática que pueden ocurrir en el área de estudio Cali-Yumbo (por ejemplo, inundaciones, sequías, avenidas torrenciales, incendios forestales, etc.). Asimismo, se establecieron los escenarios prospectivos para cada uno de esos subeventos. Dichos escenarios se construyeron a partir del cruce de la información cartográfica del comportamiento que cada subevento tiene en el área de estudio (información proveniente de fuentes oficiales como los planes de ordenamiento



y manejo de cuencas, entre otros). Con la información cartográfica de las proyecciones de temperatura y precipitación que presenta la TCNCC del IDEAM. Como resultado del ejercicio anterior, se obtuvieron mapas que presentan el posible comportamiento futuro de cada uno de los subeventos de cambio climático y variabilidad climática.

Posteriormente, se analizó cada componente de la cadena de valor a la luz de los escenarios prospectivos, para determinar la posibilidad de ocurrencia de las amenazas directas e indirectas que los subeventos de cambio climático y variabilidad climática pueden desencadenar en el sistema minero. Las amenazas directas son las que se pueden manifestar sobre los diferentes componentes de la cadena de valor en caso de ocurrir alguno o varios de los subeventos analizados; mientras, las amenazas indirectas se manifiestan cuando una amenaza directa a un componente del sistema minero genera una amenaza sobre otro componente.

Ahora bien, para obtener la valoración final de las amenazas directas e indirectas, se pondera el grado de posibilidad con el potencial de daño. El grado de posibilidad se obtiene de las calificaciones de posibilidad de ocurrencia que se han efectuado anteriormente (anexo 2-2. matriz: Amenazas Val Pos) y el potencial de daño se califica mediante el uso de la matriz Amenazas Val Daño del anexo 2-2.

Finalmente, se obtiene una cualificación de la gravedad de cada una de las amenazas directas e indirectas identificadas para los componentes de la cadena de valor del subsector de materiales de construcción. En el detalle del análisis se presenta en el anexo 2-2. Matriz: Amenazas Val Gravedad.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en forma de cadena de amenazas, es decir, por cada subevento considerado se presenta, en primer lugar, la respectiva amenaza directa y luego se presentan las amenazas indirectas derivadas.

- **1ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: fenómenos de remoción en masa por incremento de precipitaciones, componente administrativo y financiero**

**Amenaza directa** La posibilidad de que ocurran fenómenos de remoción en masa por el incremento de precipitaciones sugiere que se pueden suspender temporalmente las actividades extractivas. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar las finanzas de la empresa y, asimismo, un potencial medio de dañar el componente administrativo y financiero; en síntesis, constituye una amenaza secundaria para el sistema minero.

- **2ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: sequías por incremento de temperatura, componente administrativo y financiero**

**Amenaza directa**

El aumento de temperatura posibilita la ocurrencia de sequías en el área de estudio y, en consecuencia, se podría reducir la producción de los materiales vendibles por falta de agua para controlar las emisiones de material particulado. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar las finanzas de la empresa y, asimismo, un potencial medio de dañar el componente administrativo y financiero; en síntesis, constituye una amenaza secundaria para el sistema minero.

- **3ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: incendios forestales por incremento de temperatura, componente administrativo y financiero**

**Amenaza directa.** El aumento de temperatura posibilita la ocurrencia de incendios forestales en el área de estudio y, en consecuencia, se podrían afectar los títulos mineros. Sin embargo, es poco probable que estos subeventos (incendios forestales) alcancen las áreas de explotación o las áreas en las que se encuentran las infraestructuras de las operaciones mineras. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar las finanzas de la empresa en caso de que se requieran reparaciones a las infraestructuras y, asimismo, un potencial medio de dañar el componente administrativo y financiero; en síntesis, constituye una amenaza secundaria para el sistema minero.

- **4ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: fenómenos de remoción en masa por incremento de precipitaciones, componente recursos humanos**

<p><b>Amenaza directa.</b> La posibilidad de que ocurran procesos de remoción en masa por el incremento de precipitaciones sugiere que pueden ocurrir accidentes. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar la fuerza laboral de las operaciones mineras, teniendo en cuenta que el suceso se presentaría en zonas localizadas del área de extracción. De igual manera, la ocurrencia del suceso tienen un potencial medio de dañar el componente de recursos humanos; en síntesis, constituye una amenaza secundaria para el sistema minero.</p>
<p><b>Amenaza indirecta.</b> La posibilidad de afectación al componente de recursos humanos por efecto de los procesos de remoción en masa sugiere una baja posibilidad de afectación al componente administrativo y financiero por incurrir en costos adicionales por cubrimiento de incapacidades y demandas laborales, reentrenamientos y demás costos asociados con el personal afectado. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.</p>
<p><b>Amenaza indirecta.</b> La posibilidad de que ocurran accidentes por efecto de los procesos de remoción en masa que afecten a los trabajadores podría representar la suspensión temporal de las actividades extractivas; no obstante, la posibilidad de ocurrencia es baja. El potencial de daño calculado es igualmente bajo y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.</p>
<p><b>Amenaza indirecta.</b> En caso de que se presenten accidentes con el personal operativo se podrían suspender temporalmente las actividades extractivas y de beneficio, no obstante, la posibilidad de ocurrencia es baja, así como el potencial de daño y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.</p>
<p><b>Amenaza indirecta.</b> La afectación del componente recursos humanos sugiere que se pueden suspender las labores productivas y, en ese sentido, hay una posibilidad baja de afectación al componente de transporte y comercialización por falta de disponibilidad del material vendible. El potencial de daño es igualmente bajo, por lo que constituye, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero.</p>
<p><b>Amenaza indirecta.</b> La afectación del componente recursos humanos sugiere una posibilidad baja de afectación al componente de entorno social y ambiental, pues si el personal de las operaciones mineras se expone a accidentes, se podrían generar conflictos con la comunidad. El potencial de daño calculado es bajo y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.</p>

- **5ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: avenidas torrenciales por incremento de precipitaciones, componente recursos humanos**

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran avenidas torrenciales por el incremento de precipitaciones sugiere que pueden ocurrir accidentes en inmediaciones de las áreas de extracción. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar la fuerza laboral de las operaciones mineras y, de igual manera, un potencial medio de dañar el componente de recursos humanos; en síntesis, constituye una amenaza secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de afectación al componente de recursos humanos por efecto de las avenidas torrenciales sugiere una baja posibilidad de afectación al componente administrativo y financiero por incurrir en costos adicionales por cubrimiento de incapacidades y demandas laborales, reentrenamientos y demás costos asociados con el personal afectado. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de que ocurran accidentes por efecto de las avenidas torrenciales que afecten a los trabajadores podría representar la suspensión temporal de las actividades extractivas; no obstante, la posibilidad de ocurrencia es baja. El potencial de daño calculado es igual a bajo y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** En caso de que se presenten accidentes con el personal operativo se podrían suspender temporalmente las actividades extractivas y de beneficio; no obstante, la posibilidad de ocurrencia es baja, así como el potencial de daño y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La afectación del componente recursos humanos sugiere que se pueden suspender las labores productivas y, en ese sentido, hay una posibilidad baja de afectación al componente de transporte y comercialización por falta de disponibilidad del material vendible. El potencial de daño es igualmente bajo, por lo que constituye, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La afectación del componente de recursos humanos sugiere una posibilidad baja de afectación al componente de entorno social y ambiental, pues si el personal de las operaciones mineras se expone a accidentes, se podrían generar conflictos con la comunidad. El potencial de daño calculado es bajo y, en ese sentido, la amenaza es secundaria para el sistema minero.



- 6ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: sequía por incremento de temperatura, componente recursos humanos

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran sequías por el aumento de temperatura en el área de estudio sugiere que se pueden ocasionar enfermedades a los trabajadores de las operaciones mineras por el aumento de emisiones de material particulado. Esta situación representa una posibilidad media de afectar la fuerza laboral y, asimismo, un potencial medio de dañar el componente de recursos humanos; en síntesis, constituye una amenaza relevante para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de afectación al componente de recursos humanos por efecto de las sequías sugiere una baja posibilidad de afectación al componente administrativo y financiero por incurrir en costos adicionales por cubrimiento de incapacidades y demandas laborales, reentrenamientos y demás costos asociados con el personal afectado. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de afectación al componente de recursos humanos sugiere una posibilidad baja de afectación al componente de entorno social y ambiental, pues si el personal de las operaciones mineras adquiere enfermedades relacionadas con las emisiones de material particulado, se podrían generar conflictos con la comunidad. El potencial de daño calculado es bajo y, en ese sentido, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

- 7ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: fenómenos de remoción en masa por incremento de precipitaciones, componente cadena de suministros

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran fenómenos de remoción en masa por el incremento de precipitaciones sugiere que se puede afectar la infraestructura vial o la infraestructura de suministro de combustibles. Esta situación representa una posibilidad media de afectar el transporte, que es primordial para la cadena de suministro y, asimismo, de afectar el abastecimiento de combustible. De acuerdo con lo anterior, los fenómenos de remoción en masa tienen un potencial bajo de dañar el componente de cadena de suministro; en síntesis, constituye una amenaza secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de afectación a la cadena de suministro por efecto de los fenómenos de remoción en masa que afecten la infraestructura vial o de suministro de combustible, podría representar la suspensión temporal de actividades productivas por falta de insumos, maquinaria, piezas de repuesto, etc.; en ese sentido, hay una posibilidad baja de afectar el componente administrativo y financiero. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La ocurrencia de fenómenos de remoción en masa que afecten la infraestructura vial y, en ese sentido, la cadena de suministro, representa una posibilidad media de que se suspendan las labores del componente extractivo por falta de insumos, maquinaria, piezas de repuesto, etc. El potencial de daño calculado es igualmente medio y, por lo tanto, la amenaza es relevante para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La ocurrencia de fenómenos de remoción en masa que afecten la infraestructura vial y, en ese sentido, la cadena de suministro, representa una posibilidad media de que se suspendan las labores del componente de beneficio por falta de insumos, maquinaria, piezas de repuesto, etc. El potencial de daño calculado es igualmente medio y, por lo tanto, la amenaza es relevante para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La afectación de la cadena de suministro sugiere una posibilidad media de afectación al componente transporte y comercialización por afectaciones a la cadena de producción y baja disponibilidad de material a transportar. El potencial de daño es medio y, en síntesis, la amenaza es relevante para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de afectación a la cadena de suministro por efecto de los fenómenos de remoción en masa que afecten la infraestructura vial podría representar la suspensión temporal de actividades de gestión ambiental por falta de insumos, personal contratista, etc.; en ese sentido, hay una posibilidad baja de afectar el componente de gestión ambiental. El potencial de daño calculado es igualmente bajo y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de afectación a la cadena de suministro por efecto de los fenómenos de remoción en masa que afecten la infraestructura vial podría representar la suspensión temporal de actividades de cierre por falta de insumos, personal contratista, etc.; en ese sentido, hay una posibilidad baja de afectar este componente. El potencial de daño calculado es igualmente bajo y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

- 8ª Cadena de amenazas **Amenaza directa: avenidas torrenciales por incremento de precipitaciones, componente cadena de suministros**

<p><b>Amenaza directa.</b> La posibilidad de que ocurran avenidas torrenciales por el incremento de precipitaciones sugiere que se puede afectar la infraestructura vial o la infraestructura de suministro de combustibles. Esta situación representa una posibilidad baja de afectar el transporte, que es primordial para la cadena de suministro y, asimismo, de afectar el abastecimiento de combustible. De acuerdo con lo anterior, las avenidas torrenciales tienen un potencial medio de dañar el componente de cadena de suministro; en síntesis, constituye una amenaza secundaria para el sistema minero.</p>
<p><b>Amenaza indirecta.</b> La posibilidad de afectación a la cadena de suministro por efecto de avenidas torrenciales que afecten la infraestructura vial o de suministro de combustible, podría representar la suspensión temporal de actividades productivas por falta de insumos, maquinaria, piezas de repuesto, etc.; en ese sentido, hay una posibilidad baja de afectar el componente administrativo y financiero. El potencial de daño calculado es bajo y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.</p>
<p><b>Amenaza indirecta.</b> La ocurrencia de avenidas torrenciales que afecten la infraestructura vial y, en ese sentido, la cadena de suministro, representa una posibilidad baja de que se suspendan las labores del componente extractivo por falta de insumos, maquinaria, piezas de repuesto, etc. El potencial de daño calculado es igualmente bajo y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.</p>
<p><b>Amenaza indirecta.</b> La ocurrencia de avenidas torrenciales que afecten la infraestructura vial y, en ese sentido, la cadena de suministro, representa una posibilidad baja de que se suspendan las labores del componente de beneficio por falta de insumos, maquinaria, piezas de repuesto, etc. El potencial de daño calculado es igualmente bajo y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.</p>
<p><b>Amenaza indirecta.</b> La posibilidad de afectar la cadena de suministro sugiere una posibilidad baja de afectación al componente de transporte y comercialización por afectaciones a la cadena de producción y baja disponibilidad de material a transportar. El potencial de daño calculado es bajo y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.</p>
<p><b>Amenaza indirecta.</b> La posibilidad de afectación a la cadena de suministro por efecto de las avenidas torrenciales que afecten la infraestructura vial podría representar la suspensión temporal de actividades de gestión ambiental por falta de insumos, personal contratista, etc.; en ese sentido, hay una posibilidad baja de afectar el componente de gestión ambiental. El potencial de daño calculado es igualmente bajo y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.</p>
<p><b>Amenaza indirecta.</b> La posibilidad de afectación a la cadena de suministro por efecto de las avenidas torrenciales que afecten la infraestructura vial podría representar la suspensión temporal de actividades de cierre por falta de insumos, personal contratista, etc.; en ese sentido, hay una posibilidad baja de afectar este componente. El potencial de daño calculado es igualmente bajo y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.</p>

- 9ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: fenómenos de remoción en masa por incremento de precipitaciones, componente extractivo

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran procesos de remoción en masa por el incremento de precipitaciones sugiere que puede haber afectaciones locales en las áreas de extracción. Esta situación representa una posibilidad media de afectar el componente extractivo y, de igual manera, un potencial medio de dañar este componente; en síntesis, constituye una amenaza relevante para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de que se dé un cierre parcial de las labores extractivas por efecto de los procesos de remoción en masa que puedan ocurrir en el área de explotación, podría representar una posibilidad baja de afectar el componente administrativo y financiero. Lo anterior, debido a que se puede comprometer la producción de los materiales vendibles. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La afectación del componente extractivo sugiere una baja posibilidad de afectación al componente de beneficio por la reducción en la disponibilidad de materiales que ingresarán al proceso correspondiente. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La afectación del componente extractivo sugiere una baja posibilidad de afectación al componente transporte y comercialización por restricciones en la disponibilidad del material a transportar. El potencial de daño calculado es medio por lo que constituye, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero.

- 10ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: avenidas torrenciales por incremento de precipitaciones, componente extractivo

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran avenidas torrenciales en las quebradas aferentes a las zonas de extracción por el incremento de precipitaciones sugiere que se pueden afectar estas áreas. Esta situación representa una posibilidad baja de afectar el componente extractivo y, de igual manera, un potencial medio de dañar el componente; en síntesis, constituye una amenaza relevante para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de que se dé un cierre parcial de las labores extractivas por efecto de avenidas torrenciales que puedan ocurrir en el área de explotación, podría representar una posibilidad baja de afectar el componente administrativo y financiero. Lo anterior, debido a que se puede comprometer la producción de los materiales vendibles. El potencial de daño calculado es bajo y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La afectación del componente extractivo sugiere una baja posibilidad de afectación al componente de beneficio por la reducción en la disponibilidad de materiales que ingresarán al proceso correspondiente. El potencial de daño calculado es bajo y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La afectación del componente extractivo sugiere una baja posibilidad de afectación al componente de transporte y comercialización por restricciones en la disponibilidad de material a transportar. El potencial de daño calculado es bajo y, en síntesis, la amenaza es secundaria para el sistema minero.



- 11ª Cadena de amenazas **Amenaza directa: incendios forestales por incremento de temperatura, componente extractivo**

**Amenaza directa.** El aumento de temperatura posibilita la ocurrencia de incendios forestales en el área de estudio y, en consecuencia, se podrían afectar los títulos mineros. Sin embargo, es poco probable que estos subeventos (incendios forestales) alcancen las áreas de explotación. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar el componente extractivo y, asimismo, un potencial bajo de dañar este componente; en resumen, constituye una amenaza secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de que se afecte alguna infraestructura por efecto de los incendios forestales que puedan ocurrir en las áreas de operaciones podría representar una posibilidad baja de afectar el componente administrativo y financiero, por causa de las reparaciones que se deban efectuar. No obstante, es poco probable que este subevento alcance las áreas de operaciones de las empresas, aunque ocurra en áreas de los títulos mineros. El potencial de daño calculado es bajo y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

- 12ª Cadena de amenazas. **Amenaza directa: sequías por incremento de temperatura, componente almacenamiento temporal**

**Amenaza directa.** El aumento de temperatura posibilita la ocurrencia de sequías en el área de estudio y, en consecuencia, se podría reducir el acopio de material en las áreas de almacenamiento temporal en cumplimiento de la normativa ambiental de calidad de aire. Esta situación representa una posibilidad media de afectar el componente de almacenamiento temporal y, asimismo, un potencial alto de dañar el componente; en síntesis, constituye una amenaza grave para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de que se reduzca la cantidad de material dispuesto en los patios de acopio por efecto de las sequías, para garantizar el cumplimiento de la normativa de calidad de aire, podría representar una posibilidad media de afectar el componente administrativo y financiero, debido a que se podría reducir la producción del material vendible. El potencial de daño es medio y, por lo tanto, la amenaza es relevante para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La afectación del componente de almacenamiento temporal sugiere una baja posibilidad de afectación al componente de beneficio por la reducción en la disponibilidad de materiales que ingresarán al proceso correspondiente. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La afectación del componente almacenamiento temporal sugiere una baja posibilidad de afectación al componente transporte y comercialización por posible disminución de la producción y, en ese sentido, se podría afectar la disponibilidad de material a transportar y comercializar. El potencial de daño es bajo y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

- 13ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: sequías por incremento de temperatura, componente beneficio

**Amenaza directa**

El aumento de temperatura posibilita la ocurrencia de sequías en el área de estudio y, en consecuencia, se podría reducir el volumen de material que ingresa al proceso de beneficio, para garantizar así el cumplimiento de la normativa ambiental de calidad de aire. Esta situación representa una posibilidad media de afectar el componente de beneficio y, asimismo, un potencial alto de dañar el componente; en síntesis, constituye una amenaza grave para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de que se reduzca el volumen de material que ingresa al proceso de beneficio, en cumplimiento de la normativa de calidad de aire, podría representar una posibilidad media de que se afecte el componente administrativo y financiero debido a que se podría reducir la producción del material vendible. El potencial de daño es medio y, por lo tanto, la amenaza es relevante para el sistema minero.

**Amenaza indirecta**

La afectación del componente de beneficio sugiere una posibilidad media de afectación al componente transporte y comercialización por posible disminución de la producción y, en ese sentido, se podría afectar la disponibilidad de material a transportar y comercializar. El potencial de daño calculado es bajo y, en síntesis, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

- 14ª Cadena de amenazas Amenaza directa: fenómenos de remoción en masa por incremento de precipitaciones, componente transporte y comercialización

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran fenómenos de remoción en masa por el incremento de precipitaciones sugiere que se puede afectar la infraestructura vial. Esta situación representa una posibilidad media de afectar el transporte, que es primordial en los procesos del componente de transporte y comercialización. De acuerdo con lo anterior, los fenómenos de remoción en masa tienen un potencial medio de dañar el componente en mención; en síntesis, constituye una amenaza relevante para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de afectación al componente de transporte y comercialización por efecto de los fenómenos de remoción en masa que afecten la infraestructura vial, podría representar la afectación de los procesos de transporte y, por lo tanto, se puede comprometer la comercialización de los productos vendibles; en ese sentido, hay una posibilidad baja de afectar el componente administrativo y financiero. El potencial de daño calculado es medio y, por ende, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

- **15ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: avenidas torrenciales por incremento de precipitaciones, componente transporte y comercialización**

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran avenidas torrenciales por el incremento de precipitaciones sugiere que se puede afectar la infraestructura vial. Esta situación representa una posibilidad baja de afectar el transporte, que es primordial en los procesos del componente de transporte y comercialización. De acuerdo con lo anterior, las avenidas torrenciales tienen un potencial medio de dañar el componente en mención; en síntesis, constituye una amenaza secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de afectación al componente de transporte y comercialización por efecto de las avenidas torrenciales que afecten la infraestructura vial, podría representar la afectación de los procesos de transporte y, por lo tanto, se puede comprometer la comercialización de los productos vendibles; en ese sentido, hay una posibilidad baja de afectar el componente administrativo y financiero. El potencial de daño calculado es bajo y, por ende, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

- **16ª Cadena de amenazas Amenaza directa: sequía por incremento de temperatura, componente gestión ambiental**

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran sequías por el aumento de temperatura en el área de estudio sugiere que se puede incumplir la normativa ambiental relacionada con calidad del aire. Esta situación representa una posibilidad media de afectar el componente de gestión ambiental y, asimismo, un potencial bajo de dañar dicho componente; en síntesis, constituye una amenaza secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de que se incumpla la normativa ambiental por efecto de las emisiones de material particulado en época de sequía, podría representar una posibilidad media de afectar el componente administrativo y financiero por pago de sanciones o mayores inversiones para el control de las emisiones. El potencial de daño calculado es bajo y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La afectación del componente de gestión ambiental sugiere una posibilidad media de afectación al componente de entorno social y ambiental, pues el aumento de emisiones de material particulado podría generar conflictos con la comunidad. Esta situación constituye un potencial de daño medio y, en síntesis, la amenaza sería relevante para el sistema minero.

- **17ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: fenómenos de remoción en masa por incremento de precipitaciones, componente cierre minero**

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran fenómenos de remoción en masa por el incremento de precipitaciones sugiere que se puede afectar la continuidad de las medidas de cierre. Esta situación representa una posibilidad baja de afectar el componente de cierre minero, ya que el efecto sería localizado. De acuerdo con lo anterior, los fenómenos de remoción en masa tienen un potencial bajo de dañar el componente en mención; en síntesis, constituye una amenaza secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de que se afecte la continuidad de las medidas de cierre por efecto de los procesos de remoción en masa, podría representar una posibilidad baja de afectar el componente administrativo y financiero por efecto de las reparaciones que se deban efectuar. El potencial de daño calculado es bajo y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

- 18ª Cadena de amenazas Amenaza directa: avenidas torrenciales por incremento de precipitaciones, componente cierre minero

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran avenidas torrenciales por el incremento de precipitaciones sugiere que se puede afectar la continuidad de las medidas de cierre. Esta situación representa una posibilidad baja de afectar el componente de cierre minero y, asimismo, un potencial bajo de dañar el componente en mención; en síntesis, constituye una amenaza secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta**

La posibilidad de que se afecte la continuidad de las medidas de cierre por efecto de las avenidas torrenciales, podría representar una posibilidad baja de afectar el componente administrativo y financiero por efecto de las reparaciones que se deban efectuar. El potencial de daño calculado es bajo y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

- 19ª Cadena de amenazas Amenaza directa: sequía por incremento de temperatura, componente cierre minero

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran sequías por el aumento de temperatura en el área de estudio sugiere que se puede incumplir la normativa ambiental relacionada con calidad del aire, requisito que también se debe cumplir en la etapa de cierre. Adicionalmente, se puede comprometer la continuidad de algunas medidas de cierre. Esta situación representa una posibilidad media de afectar el componente de cierre minero y, asimismo, un potencial medio de dañar dicho componente; en síntesis, constituye una amenaza relevante para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de que se incumpla la normativa ambiental por efecto de las emisiones de material particulado en época de sequía, podría representar una posibilidad baja de afectar el componente administrativo y financiero por pago de sanciones. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

- 20ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: incendios forestales por incremento de temperatura, componente cierre minero

**Amenaza directa.** El aumento de temperatura posibilita la ocurrencia de incendios forestales en el área de estudio y, en consecuencia, se podría afectar la continuidad de algunas medidas de cierre. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar el componente de cierre minero y, asimismo, un potencial bajo de dañar este componente; constituyendo en síntesis una amenaza secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de afectar la continuidad de las medidas de cierre por efecto de los incendios forestales, podría representar una posibilidad baja de afectar el componente administrativo y financiero por efecto de las reparaciones que se deban efectuar. El potencial de daño calculado es bajo y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

- 21ª Cadena de amenazas **Amenaza directa: inundaciones por incremento de precipitaciones, componente de entorno ambiental y social**

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran inundaciones por el incremento de precipitaciones sugiere que se pueden afectar la infraestructura vial, los predios vecinos, los cultivos y las áreas destinadas a ganadería. Mientras, el abastecimiento de agua también se podría afectar, pero en menor proporción. Esta situación representa una posibilidad baja de afectar el componente de entorno ambiental y social, y asimismo, un potencial bajo de dañar este componente; constituyendo, en síntesis, una amenaza secundaria.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de que se afecten las vías por efecto de las inundaciones que ocurren en el área de influencia podría representar una posibilidad baja de afectación al componente administrativo financiero, debido a que se podrían suspender temporalmente las actividades de transporte y comercialización del material vendible. El potencial de daño calculado es bajo y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La afectación de la infraestructura vial en el componente de entorno social y ambiental sugiere una posibilidad baja de afectación al componente cadena de suministro por restricciones en la movilidad. El potencial de daño calculado es bajo y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La afectación de la infraestructura vial en el componente de entorno social y ambiental sugiere una posibilidad baja de afectación al componente transporte y comercialización por restricciones en la movilidad. El potencial de daño calculado es bajo y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de afectación a la infraestructura vial por efecto de las inundaciones podría representar la afectación de la cadena de suministros y consecuentemente se podrían suspender temporalmente las actividades de gestión ambiental por falta de insumos, personal contratista, etc.; en ese sentido, hay una posibilidad baja de afectar el componente de gestión ambiental. El potencial de daño calculado es bajo y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

- 22ª Cadena de amenazas. **Amenaza directa: fenómenos de remoción en masa por incremento de precipitaciones, componente de entorno ambiental y social**

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran procesos de remoción en masa por el incremento de precipitaciones sugiere que se puede afectar la prestación de servicios públicos. Esta situación representa una posibilidad alta de afectar el componente de entorno ambiental y social, y asimismo, un potencial alto de dañar este componente; en síntesis, constituye una amenaza grave.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de afectación de la infraestructura vial en el componente de entorno social y ambiental sugiere una posibilidad media de afectación al componente cadena de suministro por restricciones en la movilidad. El potencial de daño calculado es alto, por lo que constituye, en síntesis, una amenaza grave para el sistema minero.



- **23ª Cadena de amenazas Amenaza directa: avenidas torrenciales por incremento de precipitaciones, componente de entorno ambiental y social**

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran avenidas torrenciales sugiere que se pueden afectar la infraestructura vial, los predios vecinos, los cultivos y las áreas destinadas a ganadería. Mientras, el abastecimiento de agua también se podría afectar, aunque en menor proporción. Esta situación representa una posibilidad baja de afectar el componente de entorno ambiental y social y, asimismo, un potencial bajo de dañar este componente; como resultado, constituye una amenaza secundaria.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de que se afecten las vías por efecto de las avenidas torrenciales que ocurran en el área de influencia podría representar una posibilidad baja de afectación al componente administrativo financiero, debido a que se podrían suspender temporalmente las actividades de transporte y comercialización del material vendible. El potencial de daño calculado es bajo y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La afectación de la infraestructura vial en el componente entorno social y ambiental sugiere una posibilidad baja de afectación al componente cadena de suministro por restricciones en la movilidad. El potencial de daño calculado es bajo y, en síntesis, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La afectación de la infraestructura vial en el componente entorno social y ambiental sugiere una posibilidad baja de afectación al componente transporte y comercialización por restricciones en la movilidad. El potencial de daño calculado es bajo y, en síntesis, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de afectación a la infraestructura vial por efecto de las avenidas torrenciales podría representar la afectación de la cadena de suministros y consecuentemente se podrían suspender temporalmente las actividades de gestión ambiental por falta de insumos, personal contratista, etc.; en ese sentido, hay una posibilidad baja de afectar el componente de gestión ambiental. El potencial de daño calculado es bajo y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

- **24ª Cadena de amenazas Amenaza directa: sequías por incremento de temperatura, componente de entorno ambiental y social**

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran sequías por el aumento de temperatura en el área de estudio sugiere que se pueden afectar los procesos productivos agropecuarios y agroindustriales que requieran altos volúmenes de agua. Esto constituye una amenaza para las posibilidades de empleo de las comunidades y compromete sus fuentes de ingreso. De acuerdo con lo anterior, se detecta una baja posibilidad de afectar el componente de entorno ambiental y social y, asimismo, se establece que el potencial de daño es bajo; constituyendo, en síntesis, una amenaza secundaria.

### 3.2.3 Girardota

#### 3.2.3.1 Estimación de subeventos derivados del cambio climático y la variabilidad climática

##### 3.2.3.1.1 Inundaciones

El modelo de amenaza por inundaciones proviene del POMCA del río Aburrá, en el cual se obtienen los polígonos de amenaza a escala 1:25.000 que se presentan en la siguiente figura. Para el área de estudio Girardota, el 64,5% se encuentra en amenaza alta, seguida por el 35,5 % en amenaza baja.

Los eventos de inundación evidenciados en Girardota hacen referencia a la recurrencia del desbordamiento de quebradas que afecta comunidades e infraestructuras viales tanto en el suelo urbano como en el rural. Esta amenaza denota los problemas asociados a los niveles de urbanización de la cuenca del río Medellín y los inconvenientes ligados a las restricciones de manejo de las aguas lluvias, referidos a la ocupación de rondas, la imposibilidad de filtración de aguas por la impermeabilización de buena parte de la cuenca, la pérdida de cobertura vegetal que contribuya a reducir los volúmenes y velocidades de la escorrentía, entre otros aspectos.

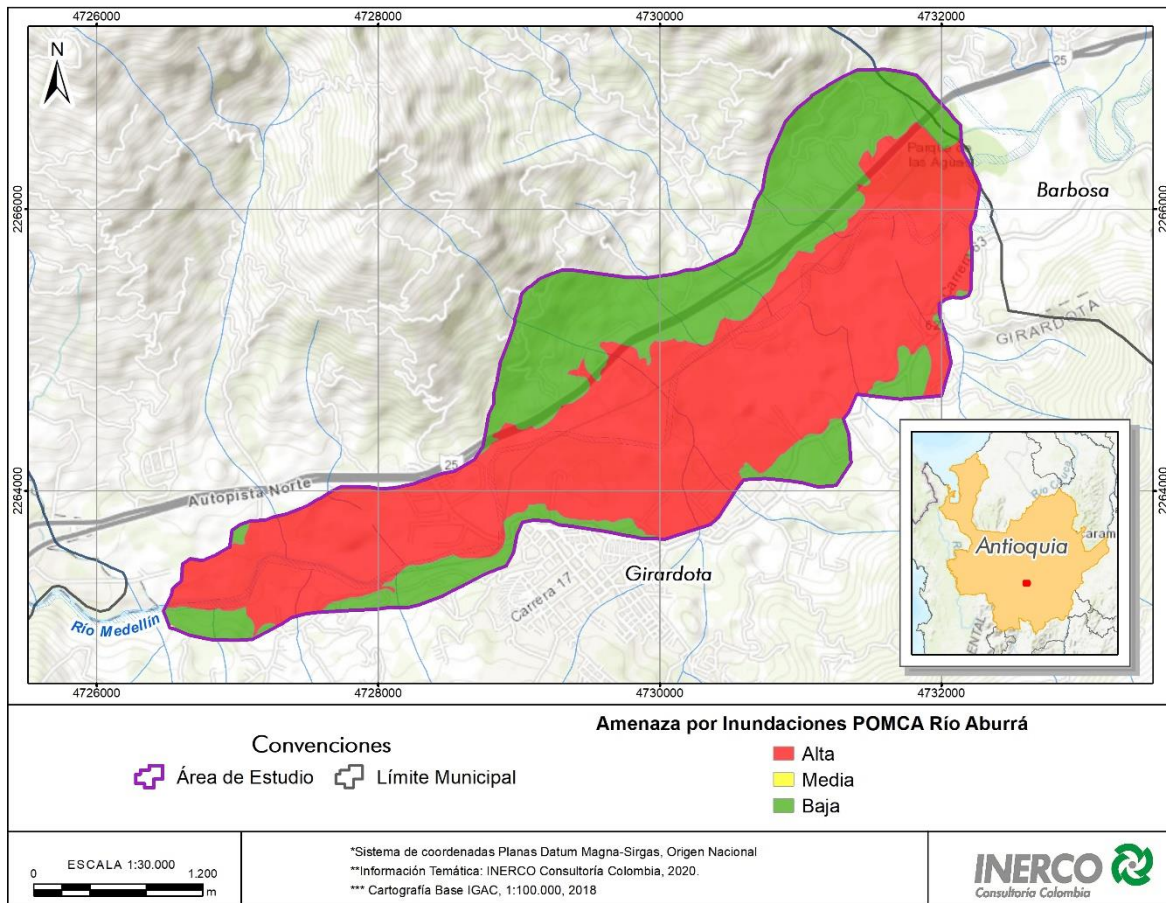
Las quebradas del Valle de Aburrá presentan puntos críticos inundables generados por condiciones geológicas (zonas de baja permeabilidad) y/o geomorfológicas (cambios en la forma de la pendiente, topografías heredadas de antiguos canales), pero principalmente por la incidencia antrópica como bloqueo del cauce por basuras y escombros, insuficiencia en las obras hidráulicas, diferentes grados de incisión y cambios en la geometría de un mismo canal en tramos muy cortos, técnicas de construcción no adecuadas, explotación y remoción de material de playa, invasión de cauces, deforestación de las márgenes (lo cual disminuye el agarre del suelo facilitando su transporte e incorporación al flujo) y presencia de vías e infraestructura con obras hidráulicas insuficientes.

En cuanto a las zonas en las que la condición de amenaza es baja, se presentan procesos de canalización, rectificación y profundización de corrientes<sup>65</sup>.

---

<sup>65</sup> AMVA-CORANTIOQUIA-CORNARE. Actualización del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del río Aburrá: 2. Fase de diagnóstico - 2.7. Caracterización de las condiciones de riesgo. Elaborado por CPA Ingeniería. [En línea] 2018. pp. 1818-1993. [Citado el 2021-02-02]. Disponible en Internet: <[https://www.corantioquia.gov.co/SiteAssets/PDF/Tematicas/Agua/POMCA\\_Aburra/2.7.Caract\\_CondiRiesgo\\_vf.pdf](https://www.corantioquia.gov.co/SiteAssets/PDF/Tematicas/Agua/POMCA_Aburra/2.7.Caract_CondiRiesgo_vf.pdf)>

Figura 3-27 Amenaza por inundación área de estudio Girardota

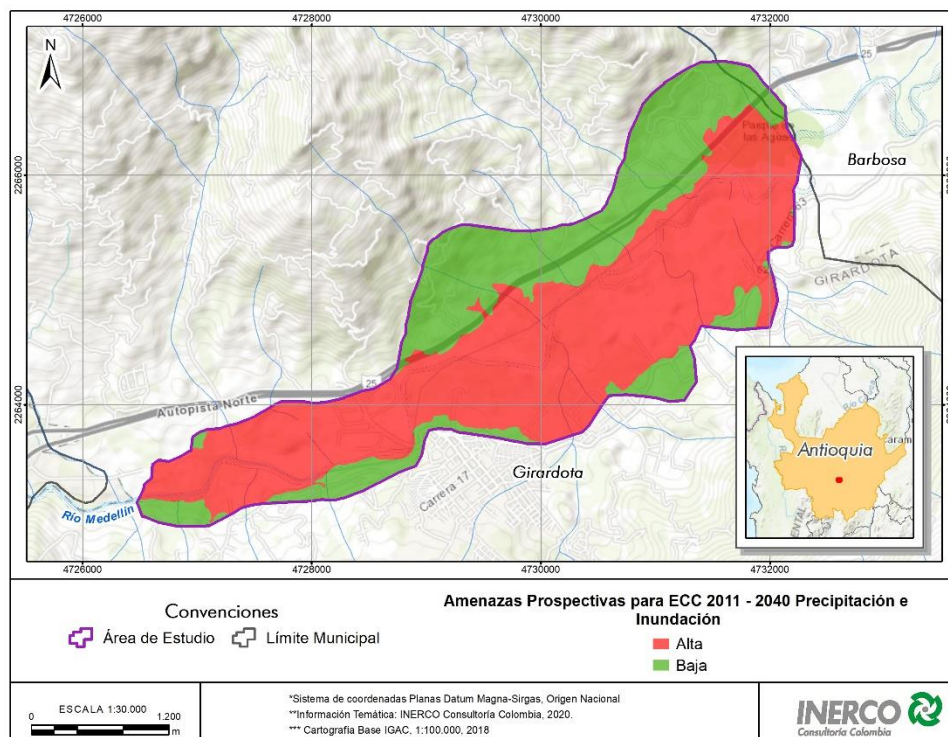


Fuente: Minambiente *et al.*<sup>66</sup>. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

Considerando el aumento de precipitación en el escenario 2011-2040 del IDEAM, se ha obtenido el modelo prospectivo presentado a continuación. En este modelo, el 64,5 % del área Girardota se encontraría en zona de amenaza alta, mientras el 35,5 % restante lo estaría en amenaza baja. En este caso, es necesario considerar que aunque el cruce de la amenaza con el escenario del IDEAM 2011-2040 arroja un nivel de amenaza media para las laderas del área de estudio, la realidad es que las inundaciones ocurren en las zonas planas y no en las laderas, por lo tanto, se ha modificado el nivel de amenaza para estas últimas zonas y se calificó como amenaza baja.

<sup>66</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE *et al.* Pomca Río Aburrá: Caracterización básica de la cuenca. Medellín: Minambiente, Minhacienda, AMVA, Corantioquia, Cornare, CPA Ingeniería, 2019.

**Figura 3-28.** Escenario prospectivo 2011-2040 amenaza por inundación. Aumento de precipitación, área de estudio Girardota



Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020

### 3.2.3.1.2 Avenidas torrenciales (crecientes súbitas)

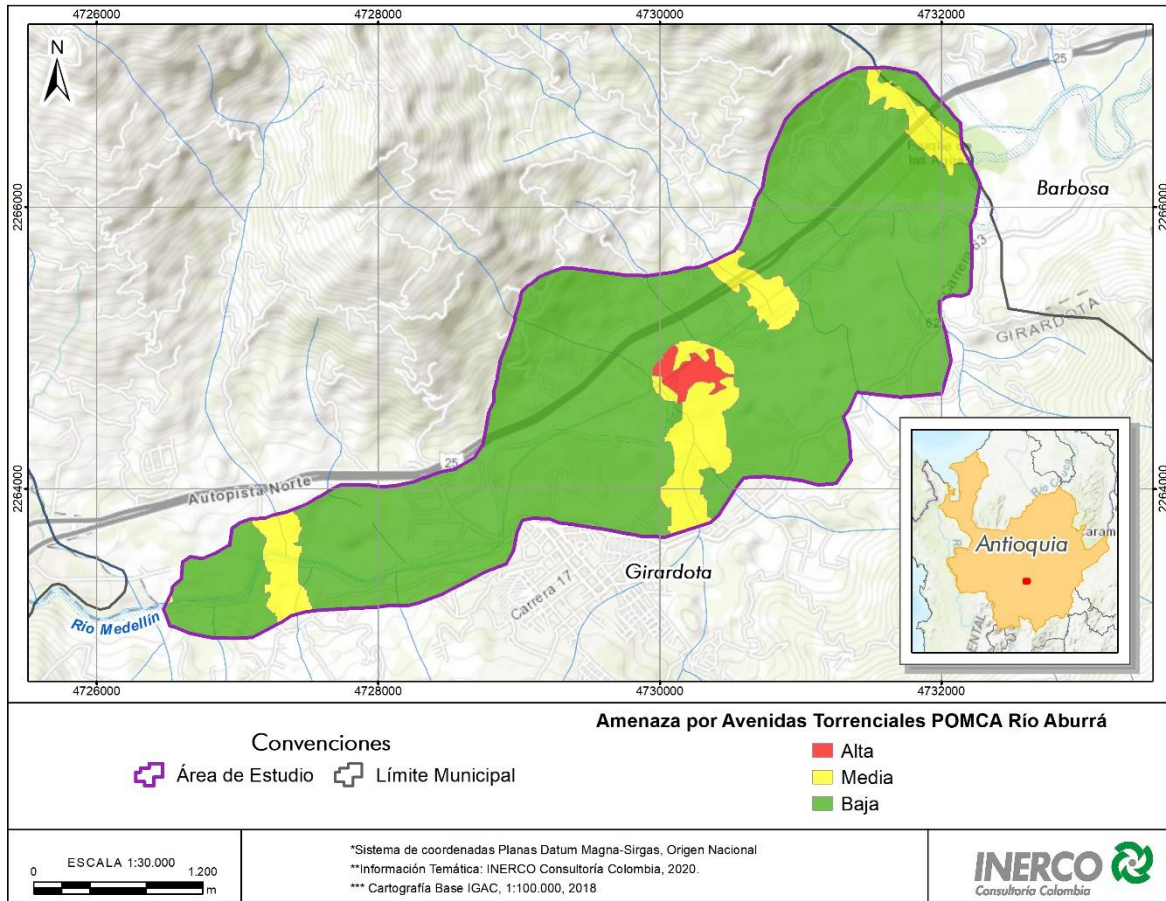
El modelo de amenaza por avenidas torrenciales proviene del POMCA del río Aburrá, en el cual se obtienen los polígonos de amenaza a escala 1:25.000 que se presentan en la siguiente figura. Para el área de estudio Girardota, el 88,3 % se encuentra en amenaza baja, seguida por el 10,6 % en amenaza media, y el 1,2 % restante en amenaza alta.

Las avenidas torrenciales se encuentran principalmente en los municipios de Bello, Itagüí, Caldas y Barbosa y en la ciudad de Medellín<sup>67</sup>.

<sup>67</sup> *Ibíd.*, p.1826



Figura 3-29 Amenaza por avenida torrencial área de estudio Girardota

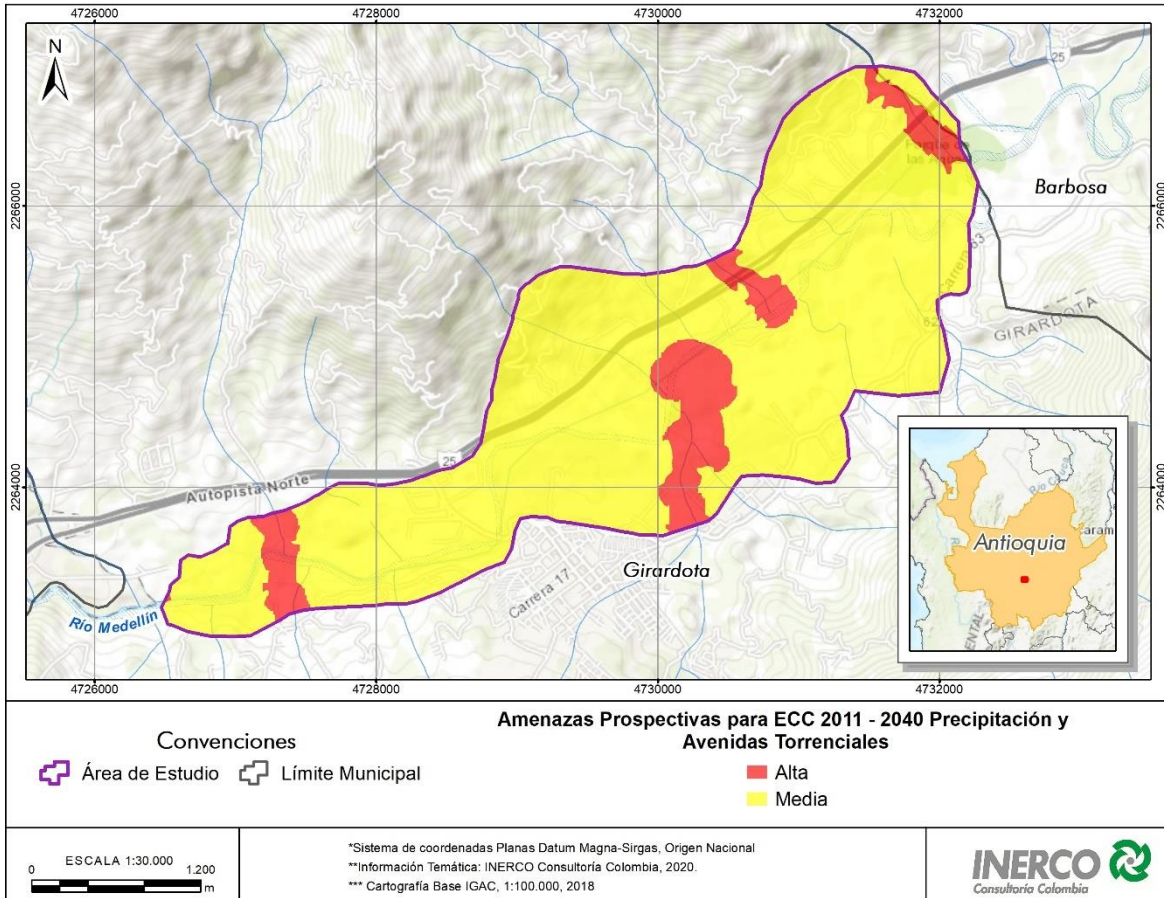


Fuente: Minambiente et al. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

Considerando el aumento de precipitación en el escenario 2011-2040 del IDEAM, se ha obtenido el modelo prospectivo presentado en la figura 3-30. En este modelo, el 88,3 % del área Girardota se encontraría en zona de amenaza media, mientras el 11,7 % restante lo estaría en amenaza alta.



**Figura 3-30.** Escenario prospectivo 2011-2040 amenaza por avenida torrencial. Aumento de precipitación, área de estudio Girardota



Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020

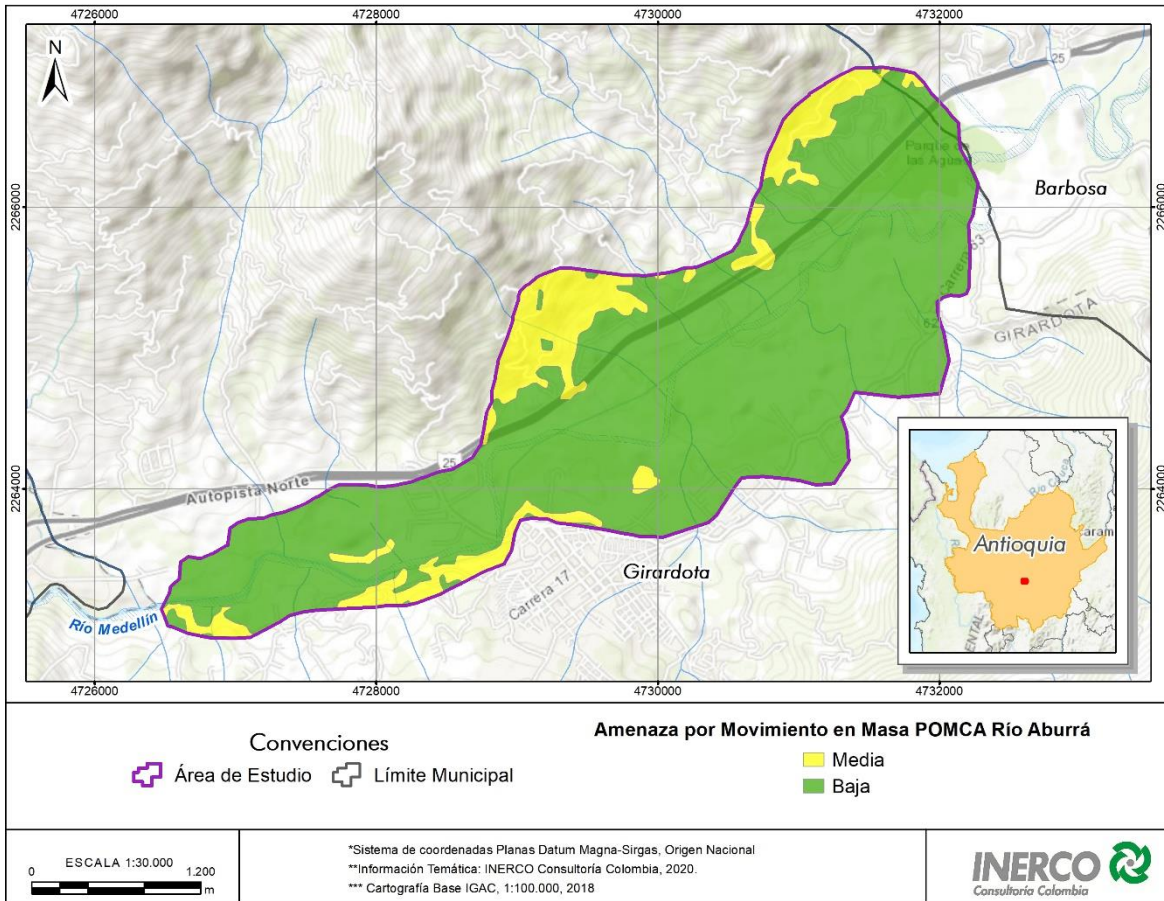
### 3.2.3.1.3 Fenómenos de remoción en masa

El modelo de amenaza por remoción en masa proviene del POMCA del río Aburrá, en el cual se obtienen los polígonos de amenaza a escala 1:25.000 que se presentan en la siguiente figura. Para el área de estudio Girardota, el 86,4 % se encuentra en amenaza baja, seguida por el 13,4 % en amenaza media.

Como tendencia general, los principales tipos de procesos de movimientos en masa que se identifican en la cuenca de río Aburrá tienen que ver con flujos, deslizamientos rotacionales y eventuales caídas<sup>68</sup>.

<sup>68</sup> *Ibíd.*, p.1831, p.1874

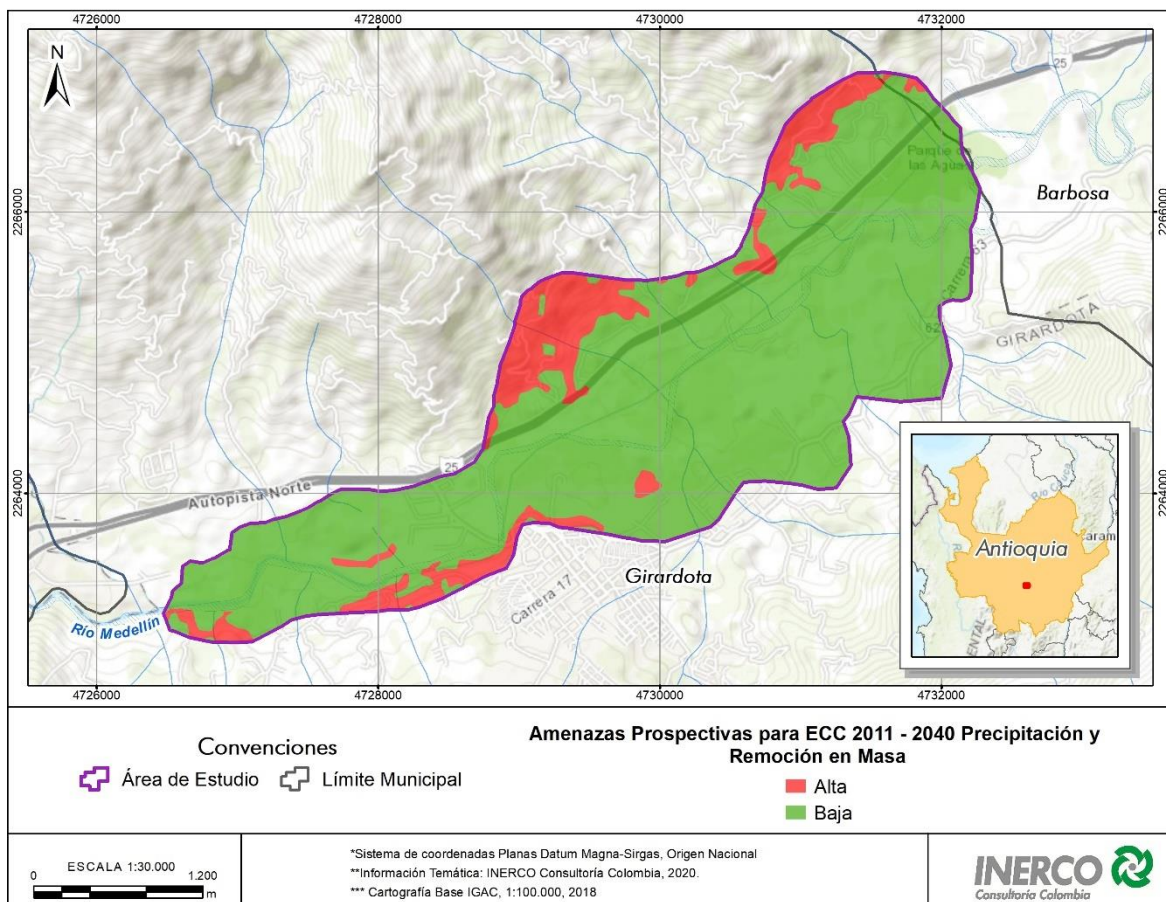
Figura 3-31. Amenaza por remoción en masa área de estudio Girardota



Fuente: Minambiente et al. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

Considerando el aumento de precipitación en el escenario 2011-2040 del IDEAM, se ha obtenido el modelo prospectivo presentado en la figura 3-32. En este modelo, el 86,6% del área Girardota se encontraría en zona de amenaza baja, mientras el 13,4% restante lo estaría en amenaza alta. En este caso, es necesario considerar que aunque el cruce de la amenaza con el escenario del IDEAM 2011 – 2040 arroja un nivel de amenaza media en la mayor parte del área de estudio, la realidad es que los fenómenos de remoción en masa no son plausibles dada la topografía plana que domina en el área de estudio. De acuerdo con lo anterior, la amenaza se ha calificado como baja.

**Figura 3-32.** Escenario prospectivo 2011-2040 amenaza por remoción en masa. Aumento de precipitación, área de estudio Girardota



Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020

### 3.2.3.1.4 Olas de calor

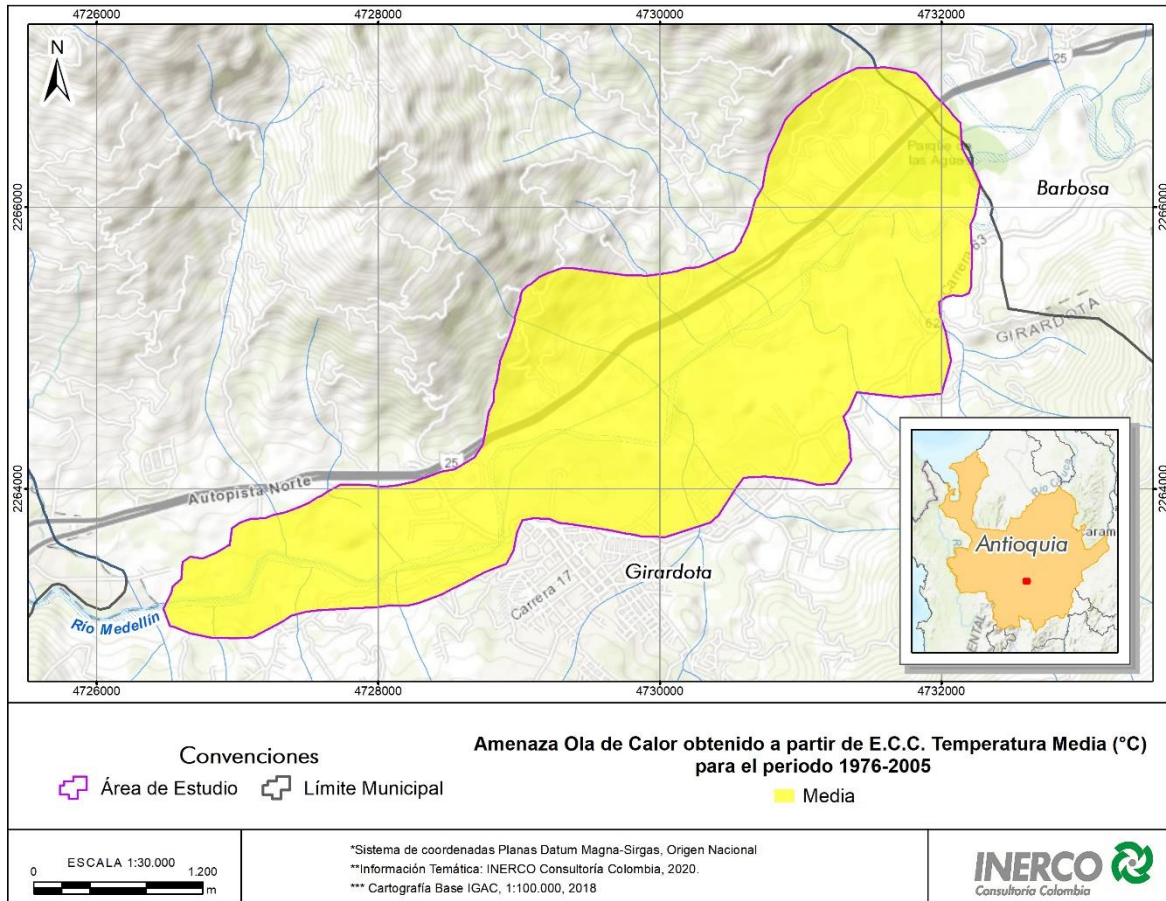
La figura 3-33 presenta el mapa de amenaza por olas de calor obtenido para el área de estudio, tomando como base la información del mapa de diferencia de temperatura 2011-2040 vs. 1976-2005 del IDEAM. Para definir los niveles alto, medio y bajo de amenaza, se reclasificaron los rangos presentados por el IDEAM utilizando la siguiente fórmula:  $(\text{temperatura máxima} - \text{temperatura mínima}) / 3$ , el resultado obtenido se presenta a continuación:

- $< 3\text{ }^{\circ}\text{C} - 13\text{ }^{\circ}\text{C}$  Baja
- $13,1\text{ }^{\circ}\text{C} - 23\text{ }^{\circ}\text{C}$  Media
- $23,1\text{ }^{\circ}\text{C} - 32\text{ }^{\circ}\text{C}$  Alta

De acuerdo con lo anterior, la calificación de la amenaza para toda el área de análisis es media.



Figura 3-33. Amenaza por olas de calor área de estudio Girardota

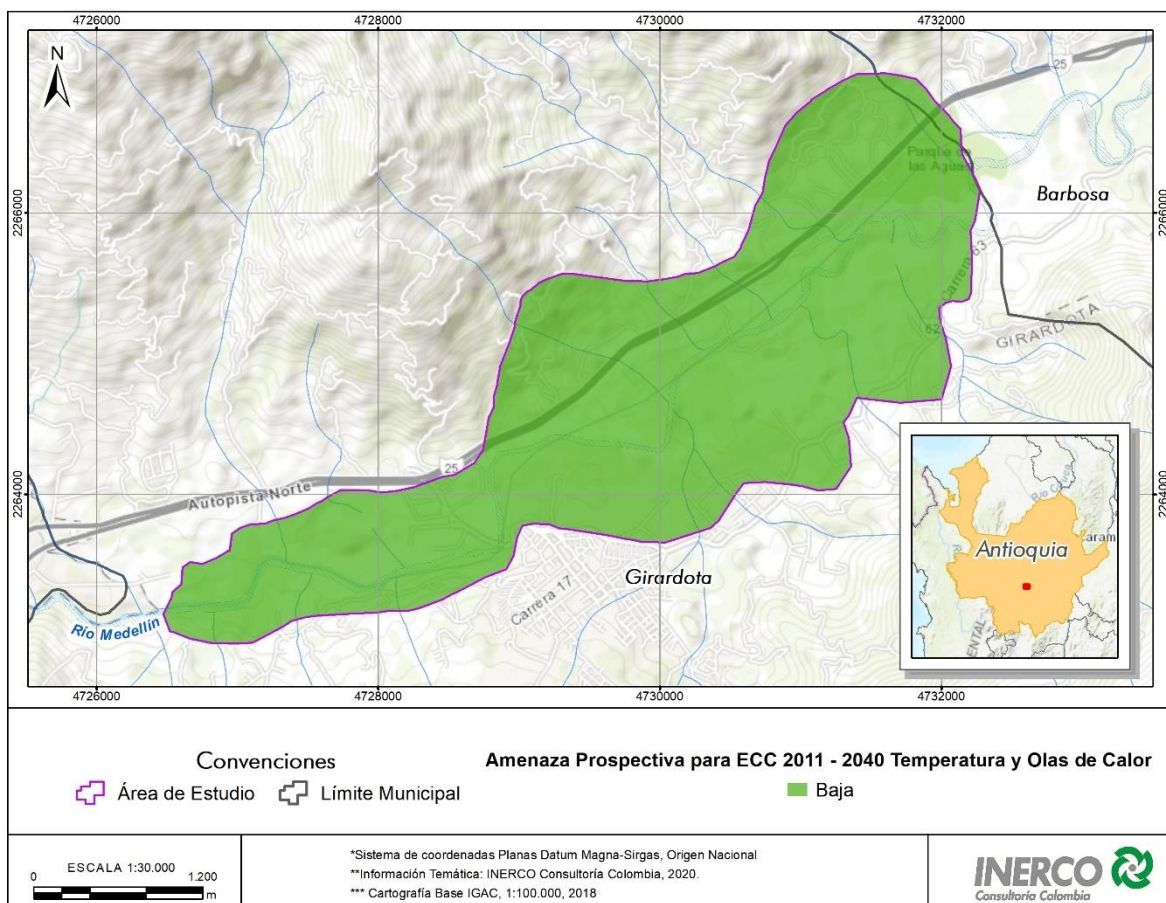


Fuente: IDEAM<sup>69</sup>. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020

Considerando el escenario de aumento de temperatura 2011 – 2040, el comportamiento de la amenaza es el que se presenta en la figura 3-34 donde se evidencia que el 100 % del área de estudio se encontraría en zona de amenaza baja.

<sup>69</sup> COLOMBIA. IDEAM. Mapa de Escenario Temperatura media (°C) para el periodo 1976-2005. Bogotá: IDEAM, 2015.

Figura 3-34 . Escenario prospectivo 2011-2040 amenaza por olas de calor. Aumento de temperatura, área de estudio Girardota



Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020

### 3.2.3.1.5 Sequías o déficit de lluvias

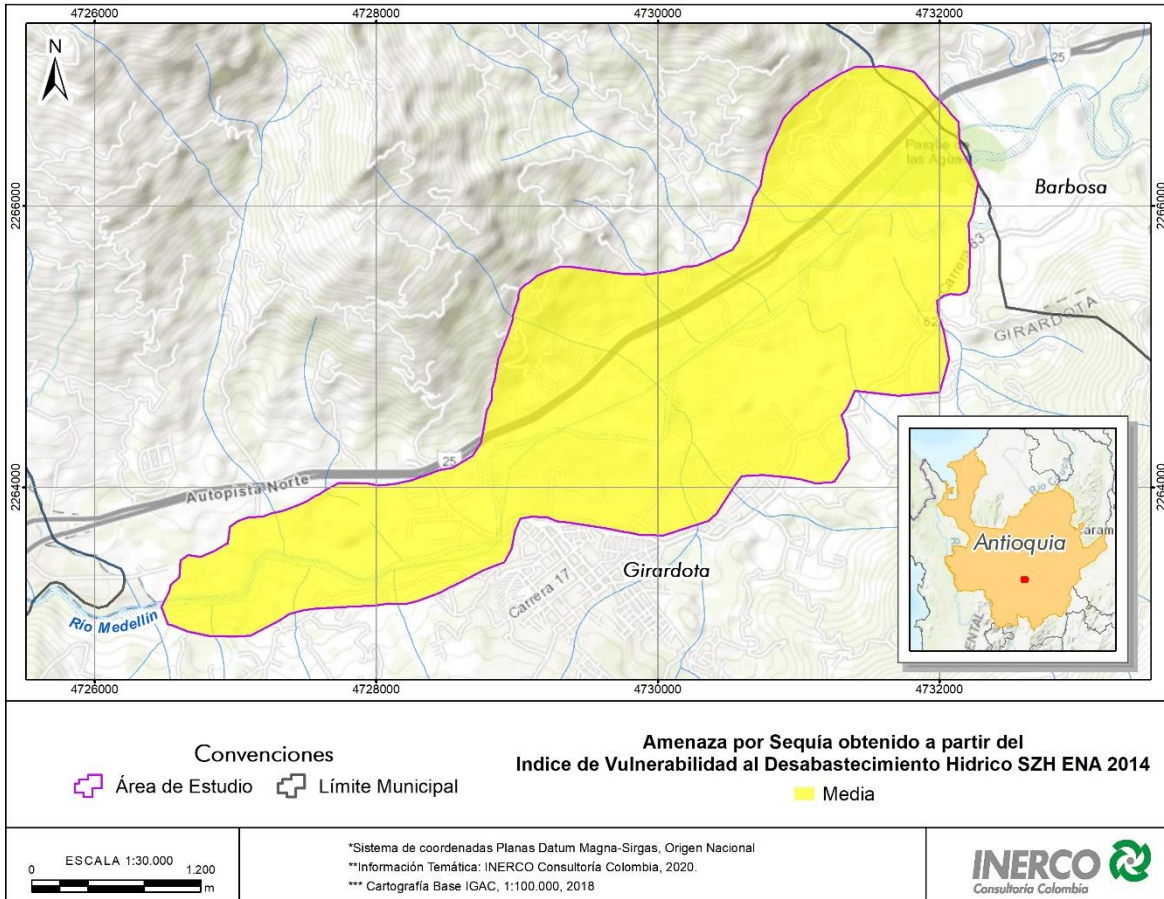
La figura 3-35 presenta el mapa de amenaza por sequía obtenido para el área de Girardota, tomando como base la información del mapa de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico del Estudio Nacional del Agua de 2014. Para definir los niveles alto, medio y bajo de amenaza, se reclasificaron los rangos del mapa de vulnerabilidad así:

- Vulnerabilidad muy alta y alta: amenaza alta
- Vulnerabilidad media: amenaza media
- Vulnerabilidad baja y muy baja: amenaza baja

De acuerdo con lo anterior, la calificación de la amenaza para toda el área de análisis es media.



Figura 3-35. Amenaza por sequía área de estudio Girardota

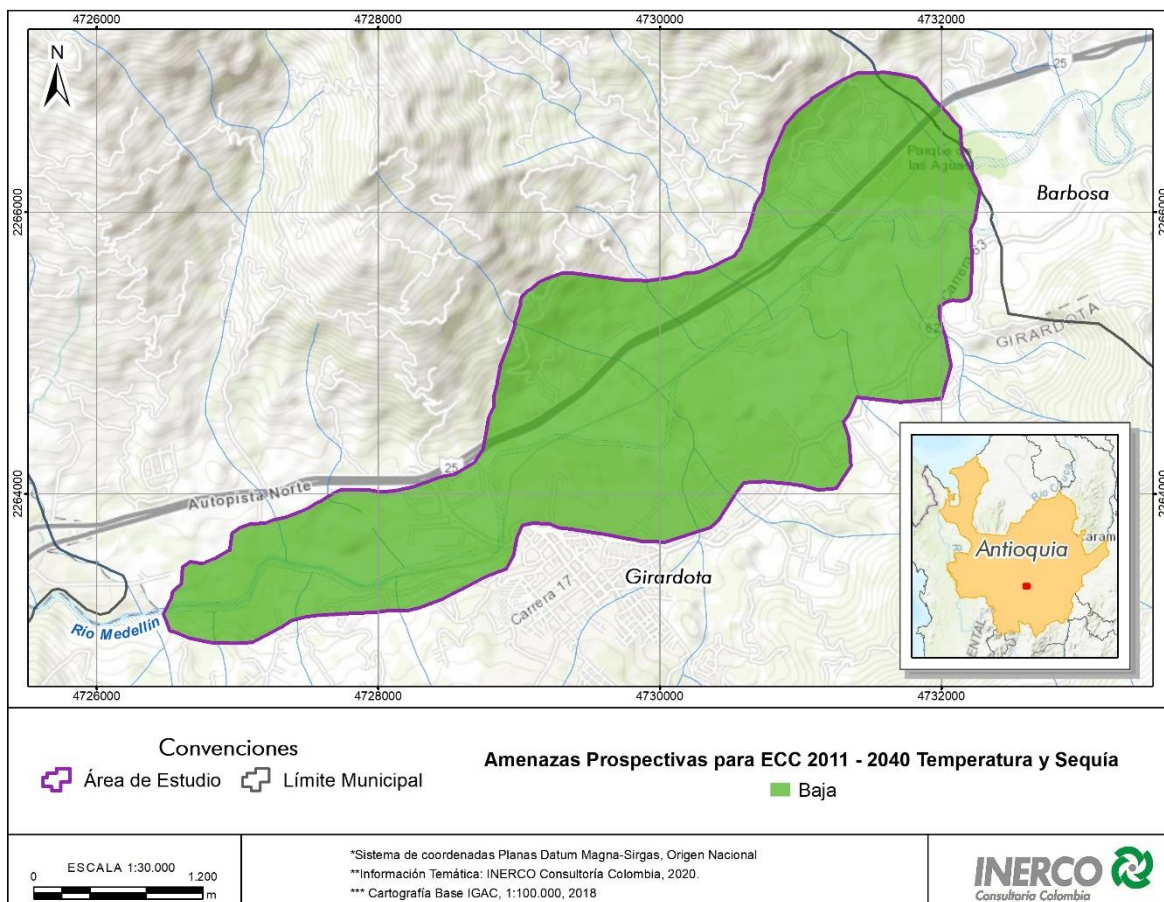


Fuente: IDEAM<sup>70</sup>. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020

Considerando el aumento de temperatura que presenta el IDEAM para el escenario 2011-2040, se ha obtenido el modelo prospectivo que se presenta en la figura 3-36. En este modelo, el 100 % del área de estudio se encontraría en zona de amenaza baja.

<sup>70</sup> COLOMBIA. IDEAM. Mapa Índice de Vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico por Subzona Hidrográfica. Bogotá: IDEAM, 2015.

Figura 3-36. Escenario prospectivo 2011-2040 amenaza por sequía. Aumento de temperatura, área de estudio Girardota



Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020

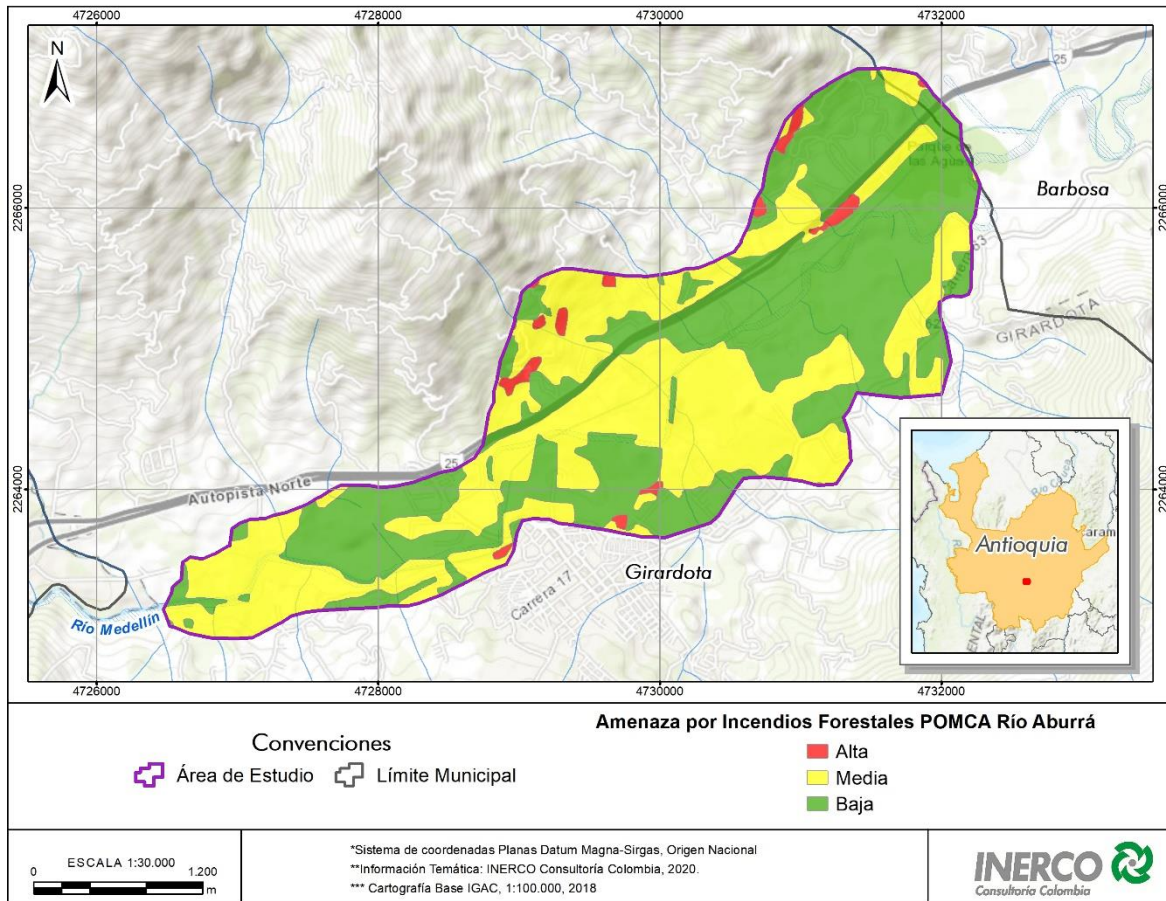
### 3.2.3.1.6 Incendios forestales

El modelo de amenaza por inundaciones proviene del POMCA del río Aburrá, en el cual se obtienen los polígonos de amenaza a escala 1:25.000 que se presentan en la siguiente figura. Para el área de estudio Girardota, el 52,7 % se encuentra en amenaza baja, seguida por el 45,7 % en amenaza media y el 1,6 % en amenaza alta.

Los bosques, las plantaciones forestales y los cultivos permanentes arbustivos identificados en la cuenca del río Aburrá presentan los mayores rangos de carga de combustible, a su vez, cuentan con una alta distribución espacial a lo largo de la cuenca del río Aburrá<sup>71</sup>.

<sup>71</sup> AMVA-CORANTIOQUIA-CORNARE. Actualización del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del río Aburrá: 2. Fase de diagnóstico - 2.7. Caracterización de las condiciones de riesgo. Elaborado por CPA Ingeniería. [En línea] 2018. pp. 1818,1945. [Citado el 2021-02-02]. Disponible en Internet: <[https://www.corantioquia.gov.co/SiteAssets/PDF/Tematicas/Agua/POMCA\\_Aburra/2.7.Caract\\_CondiRiesgo\\_vf.pdf](https://www.corantioquia.gov.co/SiteAssets/PDF/Tematicas/Agua/POMCA_Aburra/2.7.Caract_CondiRiesgo_vf.pdf)>

Figura 3-37. Amenaza por incendios forestales área de estudio Girardota

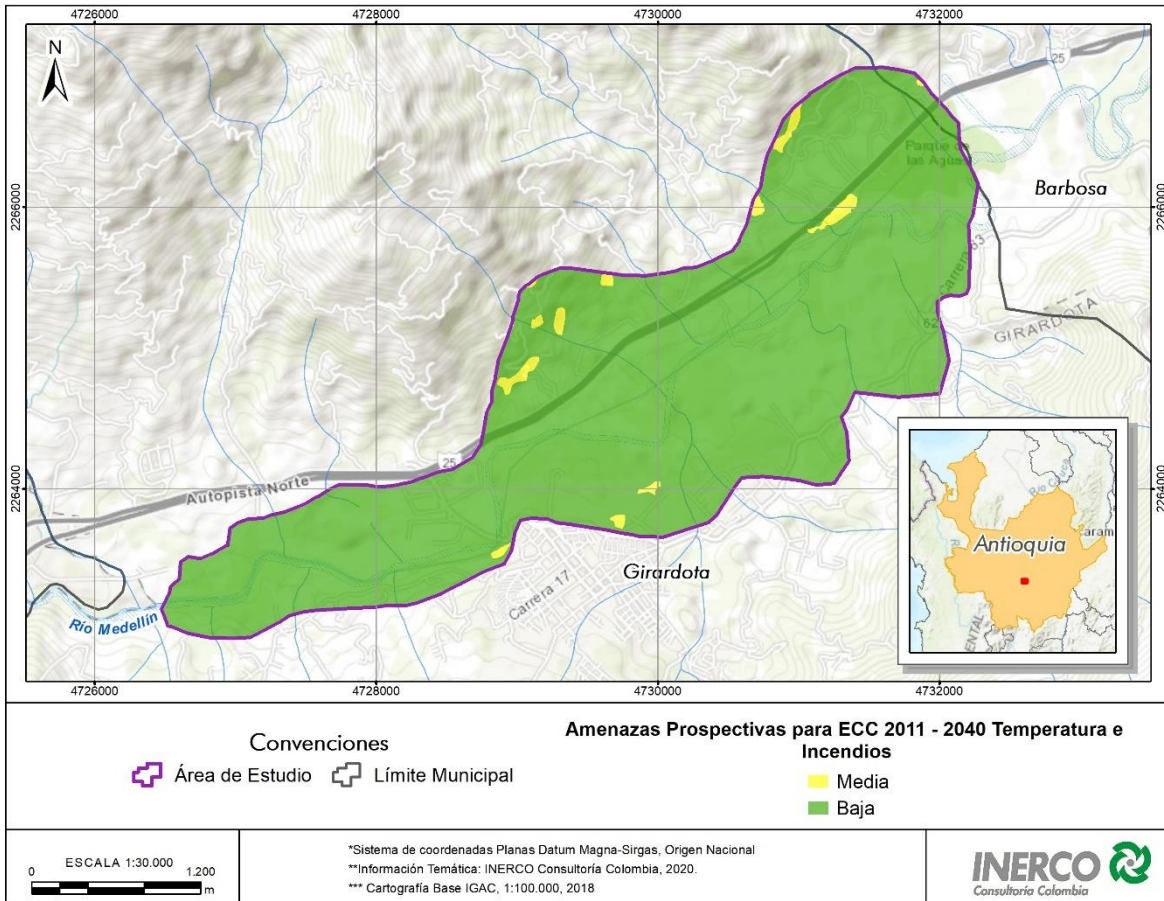


Fuente: Minambiente et al. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

En el escenario de aumento de temperatura 2011 – 2040 del IDEAM, el comportamiento de la amenaza es el que se presenta en la figura 3-38 donde se evidencia que el 98,40 % del área de estudio se encontraría en zonas de amenaza baja y el 1,60 % restante en zonas de amenaza media.



Figura 3-38. Escenario prospectivo amenaza por incendios forestales área de estudio Girardota



Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020

### 3.2.3.1.7 Conclusiones de eventos y subeventos

Como resultado de los análisis anteriores se obtuvieron las siguientes conclusiones respecto a la posible ocurrencia de subeventos amenazantes para la minería de materiales de construcción en el área de estudio Girardota. El detalle del análisis realizado se presenta en el anexo 2-3. Matriz: Caracterización Eventos.

#### 3.2.3.1.7.1 Subeventos amenazantes asociados al incremento de precipitaciones

En todos los escenarios planteados por la TCNCC, se espera aumento de la precipitación para el área de estudio. Los rangos de variación están entre 21 % y el 30 % correspondiente a exceso de lluvias y, por lo tanto, se podría favorecer la generación de inundaciones, fenómenos de remoción en masa y avenidas torrenciales.

De acuerdo con el Pomca del río Aburrá-Medellín, la mayor parte del área de estudio presenta amenaza alta por inundación y baja por avenidas torrenciales y fenómenos de remoción en masa.

Ahora bien, al considerar el escenario 2011 – 2040 de cambio climático del IDEAM, la amenaza en el futuro podría calificarse como alta en el caso de inundaciones y media para avenidas torrenciales. Para fenómenos de remoción en masa la amenaza es baja teniendo en cuenta que en la mayor parte del área de estudio la topografía es plana.

#### **3.2.3.1.7.2 Subeventos amenazantes asociados a la disminución de precipitaciones**

Para ninguno de los escenarios planteados por el IDEAM se espera disminución de las precipitaciones en el área de análisis, por lo tanto, no se consideran subeventos amenazantes atribuibles dicha disminución.

#### **3.2.3.1.7.3 Subeventos amenazantes asociados al aumento de temperatura**

En todos los escenarios planteados por la TCNCC, se espera aumento de la temperatura para el área de estudio Girardota. Los rangos de variación están entre 0,51 °C y 0,8 °C (bajo) para el escenario 2011-2040; 1,21 °C a 1,6 °C (alto) para el escenario 2041-2070; y 1,8 °C a 2,1 °C (alto) para el escenario 2071-2100.

De acuerdo con lo anterior, se esperaría que el aumento de la temperatura incida en la generación de fenómenos de sequía, olas de calor e incendios forestales. Según la información proveniente del Pomca del río Medellín-Aburrá, en el área de estudio la amenaza por sequía y olas de calor es media mientras que para incendios forestales es baja. Ahora bien, al considerar el escenario 2011-2040 de cambio climático del IDEAM, en el futuro estas amenazas se podrían calificar como bajas.

#### **3.2.3.1.7.4 Subeventos amenazantes asociados a la variabilidad climática**

En el área de estudio, ante la ocurrencia de un fenómeno típico de La Niña la alteración más probable sería un incremento de precipitaciones entre 120 % y 160 % mientras que, en caso de que se presente un fenómeno típico de El Niño, la precipitación estaría dentro de un rango normal, entre 80 % y 120 %. En los casos en los que se presenta exceso, se podría favorecer la ocurrencia de inundaciones, avenidas torrenciales y fenómenos de remoción en masa.

El comportamiento de la temperatura ante la ocurrencia de estos fenómenos de variabilidad climática muestra reducción por debajo de -0,5 °C en caso de que se presente el fenómeno de La Niña (enfriamiento severo), y de calentamiento severo, mayor a 0,5 °C, si se presenta El Niño. Esta última situación favorece la ocurrencia de subeventos de sequía, olas de calor e incendios forestales.

La amenaza derivada de escenarios de variabilidad climática se estima en función de la variación de la temperatura y la precipitación inducida por el evento, bien sea la fase de El Niño, o la fase fría La Niña. El modelo base considerado está constituido por el mapa de amenaza disponible para el área de estudio para cada subevento en particular. Las variaciones aportadas por los



escenarios de variabilidad climática afectan el nivel de amenaza dada la variación de temperatura o precipitación en el mismo sentido al análisis realizado en el caso de escenarios de cambio climático. Como conclusión, se obtuvo una valoración alta para inundaciones, media para avenidas torrenciales, media, igualmente, para sequía y olas de calor, y baja para incendios forestales y fenómenos de remoción en masa.

### 3.2.3.2 Estimación de amenazas directas

Con base en los eventos y subeventos expuestos en los numerales anteriores, se definieron las amenazas que pueden actuar directamente sobre los componentes de la cadena de valor y se calificó la posibilidad de ocurrencia definiendo, en cada caso, si es alta, media o baja. El detalle de este análisis se presenta en el anexo 2-3 matriz: «Amenazas Directas»

#### 3.2.3.2.1 Sub evento inundaciones

- La posibilidad de que ocurran inundaciones podría generar algún impacto en la continuidad de las labores extractivas, lo que constituye una amenaza sobre el componente administrativo y financiero. La posibilidad de ocurrencia es baja.
- Existe una baja posibilidad de que ocurran inundaciones en el río Medellín dada la presencia de jarillones en las orillas del cauce; sin embargo, esta posibilidad es media para las quebradas aferentes lo cual podrían ocasionar accidentes constituyéndose en una amenaza sobre el componente de recursos humanos. La posibilidad de ocurrencia es baja.
- La ocurrencia de inundaciones por incremento de la precipitación sugiere la posibilidad de que se altere la infraestructura vial y afectar el transporte que es primordial para la cadena de suministros. Adicionalmente, se pueden impactar las infraestructuras de servicios públicos y/o de suministro de combustibles. Lo anterior representa una amenaza al componente de la cadena de suministro. La posibilidad de ocurrencia es media.
- La posibilidad de ocurrencia de inundaciones del río Medellín en la zona de estudio es baja dada la presencia de jarillones en las orillas de su cauce que protegen las áreas de explotación, mientras que es media en el caso de las quebradas aferentes lo cual constituye una amenaza para los componentes extractivo, almacenamiento temporal y beneficio. La posibilidad de ocurrencia es media.
- La posibilidad de ocurrencia de inundaciones por incremento de la precipitación sugiere que se podrían presentar alteraciones en la infraestructura vial, esta situación constituye una amenaza al componente de transporte y comercialización. La posibilidad de ocurrencia es media.
- La ocurrencia de inundaciones por incremento de la precipitación podría afectar la continuidad de la implementación de las medidas de cierre lo cual constituye una amenaza al componente de cierre minero, con posibilidad de ocurrencia media.
- Los fenómenos de inundación generan una posibilidad de afectación a la infraestructura vial (puentes y vías), predios vecinos y a las actividades productivas, esto tendría un

impacto en las familias de la zona cercana a las operaciones mineras. Mientras, el abastecimiento de agua también se podría afectar, pero en menor proporción. Lo anterior constituye una amenaza para el componente de entorno social y ambiental con alta posibilidad de ocurrencia.

### **3.2.3.2.2 Sub evento avenidas torrenciales (crecientes súbitas)**

- La posibilidad de ocurrencia de avenidas torrenciales en las quebradas aferentes supone algún impacto en la continuidad de las labores extractivas y de beneficio lo cual constituye una amenaza para el componente administrativo y financiero, pero con baja posibilidad de ocurrencia.
- La posibilidad de ocurrencia de avenidas torrenciales en las quebradas aferentes es baja; no obstante, pueden ocasionar accidentes, lo cual constituye una amenaza para el componente de recursos humanos con baja posibilidad de ocurrencia.
- La ocurrencia de avenidas torrenciales por incremento de la precipitación puede alterar la infraestructura vial, el transporte y en infraestructuras de servicios públicos y/o de suministro de combustibles. Lo anterior constituye una amenaza en el componente de la cadena de suministros con posibilidad de ocurrencia media.
- El incremento en la precipitación posibilita que se presenten avenidas torrenciales en las quebradas aferentes a las zonas de operación de las empresas, lo que constituye una amenaza para los componentes extractivo, de almacenamiento temporal y beneficio. La posibilidad de ocurrencia en todos los casos es media.
- La posibilidad de que ocurran fenómenos de avenidas torrenciales por incremento de la precipitación sugiere que se podría afectar la infraestructura vial y, por lo tanto, este subevento constituye una amenaza para el componente de transporte y comercialización. La posibilidad de ocurrencia es media.
- La posibilidad de ocurrencia de avenidas torrenciales sugiere que se podría afectar la continuidad de la implementación de las medidas de cierre lo cual constituye una amenaza en el componente de cierre minero; sin embargo, la posibilidad de ocurrencia es baja.
- Existe una posibilidad media de que ocurran avenidas torrenciales que generen afectaciones a la infraestructura vial (puentes y vías), los predios vecinos y las actividades productivas. Mientras, el abastecimiento de agua también se podría afectar, aunque en menor proporción. Esta situación tendría un impacto en las familias de la zona cercana a las operaciones mineras, lo que constituye una amenaza al componente de entorno social y ambiental.

### **3.2.3.2.3 Sub evento fenómenos de remoción en masa**

La topografía plana de la zona de estudio y el tipo de explotación hacen que no resulte posible que se presenten afectaciones a los componentes de la cadena de valor objeto de análisis.

#### **3.2.3.2.4 Sub evento olas de calor**

No se considera posible que la ocurrencia de olas de calor afecte algún componente de la cadena de valor del subsector de materiales de construcción de la zona de estudio.

#### **3.2.3.2.5 Sub evento sequías o déficit de lluvias**

- Existe una baja posibilidad de que se presenten sequías; no obstante, considerando los efectos de este subevento sobre el componente de beneficio y de almacenamiento temporal, se considera que pueden representar una amenaza sobre el componente administrativo y financiero con baja posibilidad de ocurrencia.
- La ocurrencia de períodos más largos sin precipitación sugiere la posibilidad de que se incrementen las emisiones de material particulado a la atmósfera con la consecuente afectación a la fuerza laboral. Esta situación constituye una amenaza al componente de recursos humanos con baja posibilidad de ocurrencia.
- La posibilidad de falta de disponibilidad hídrica para el control de material particulado durante períodos de sequía sugiere que se puede reducir la producción para garantizar el cumplimiento de las normas ambientales, lo que constituye una amenaza para el componente almacenamiento temporal con posibilidad de ocurrencia baja.
- La posibilidad de falta de disponibilidad hídrica para el control de material particulado durante períodos de sequía sugiere la posible reducción de la producción para garantizar el cumplimiento de las normas ambientales; es decir, se constituye en una amenaza al componente de beneficio con posibilidad de ocurrencia baja.
- La ocurrencia de períodos más largos sin precipitación sugiere que se podría presentar un incumplimiento de la normativa ambiental relacionada con el control de material particulado, lo que produce una amenaza al componente gestión ambiental. La posibilidad de ocurrencia es baja.
- La ocurrencia de períodos más largos sin precipitación sugiere riesgos de incumplimiento de la normativa ambiental relacionada con el control de material particulado, requisito que también se debe cumplir durante la etapa de cierre, manifestándose así una amenaza para el componente de cierre minero; no obstante, la posibilidad de ocurrencia es baja.
- Los fenómenos de sequía pueden afectar procesos productivos agropecuarios y agroindustriales que requieran altos volúmenes de agua. Esto constituye una amenaza para las posibilidades de empleo de las comunidades y compromete sus fuentes de ingreso en el componente de entorno social y ambiental; no obstante, la posibilidad de ocurrencia es baja.

#### **3.2.3.2.6 Sub evento Incendios forestales**

No se considera posible que la ocurrencia de este sub evento pueda afectar los componentes de la cadena de valor del subsector de materiales de construcción.

### 3.2.3.3 Estimación de amenazas indirectas

A partir de la definición de las amenazas directas y de la calificación de la posibilidad de ocurrencia de las mismas, se determinaron las amenazas que pueden actuar indirectamente sobre los componentes de la cadena de valor. En este punto, es necesario considerar que las amenazas indirectas se manifiestan cuando una amenaza directa a un componente del sistema minero (que se han descrito en el numeral anterior) genera una amenaza sobre otro componente. Al igual que en el caso de las amenazas directas, para las amenazas indirectas se ha determinado la posibilidad de ocurrencia como se muestra en el anexo 2 – 3 matriz: Amenazas Dir. e Indirectas.

#### 3.2.3.3.1 Componente administrativo y financiero

- La ocurrencia de inundaciones o avenidas torrenciales puede causar accidentes en la operación, lo que constituye una amenaza directa para el componente de recursos humanos. Esta situación genera una posibilidad baja de que el componente administrativo y financiero se afecte por incurrir en costos adicionales por cubrimiento de incapacidades y demandas laborales, reentrenamientos y demás costos asociados con el personal que se puede afectar.
- La ocurrencia de periodos más largos sin precipitación (sequía) sugiere que se incrementará la emisión de material particulado, lo que constituye una amenaza directa para el componente de recursos humanos que incidiría en la salud de los trabajadores. Esta situación genera una posibilidad baja de que el componente administrativo y financiero se afecte por incurrir en costos adicionales por cubrimiento de incapacidades y demandas laborales, reentrenamientos y demás costos asociados con el personal que se afecte.
- La ocurrencia de inundaciones y avenidas torrenciales por incremento de la precipitación puede alterar la infraestructura vial y de suministro de combustible, lo que afecta el componente de cadena de suministro. Estas alteraciones podrían representar la suspensión temporal de las actividades productivas afectando el componente financiero. La posibilidad de ocurrencia se ha calificado como baja.
- La ocurrencia de inundaciones y avenidas torrenciales puede afectar directamente el componente extractivo obligando a que se suspendan parcialmente las labores de minería. Esto implica una posibilidad baja de que se afecte indirectamente el componente financiero, debido a la consecuente reducción de producción.
- La posible ocurrencia de inundaciones y avenidas torrenciales puede afectar directamente el componente de almacenamiento temporal. Esto implica una posibilidad baja de que se afecte indirectamente el componente financiero ya que se podría afectar la disponibilidad de material que ingresa al proceso de beneficio y en última instancia la producción.
- Asimismo, para el componente de almacenamiento temporal es posible que se presenten eventos de sequía y en ese caso hay una alta posibilidad de reducción en el acopio de material para garantizar el cumplimiento de las normas ambientales. Dado lo anterior,



se puede reducir la producción de agregados pétreos y esto afectaría el componente financiero. La posibilidad de ocurrencia es baja.

- El componente de beneficio se puede afectar directamente por la ocurrencia de inundaciones o avenidas torrenciales, esta situación puede generar indirectamente afectaciones al componente financiero por cuenta de las adecuaciones que se deban realizar o en caso de que se deban suspender temporalmente las actividades de beneficio. La posibilidad de ocurrencia es baja.
- Los eventos de sequía podrían causar aumento de las emisiones de material particulado causando un efecto directo sobre el componente de beneficio por reducción de la producción para garantizar el cumplimiento de la normativa ambiental. Esta situación puede repercutir indirectamente en el componente financiero con una posibilidad baja de ocurrencia.
- La ocurrencia de inundaciones y avenidas torrenciales por incremento de la precipitación puede alterar la infraestructura vial, afectando directamente al componente de transporte y los procesos de comercialización. En caso de que esta amenaza se materialice, el componente financiero se podría impactar indirectamente al disminuir las ventas. La posibilidad de ocurrencia se ha calificado como baja.
- En caso de que se presente una sequía en el área de estudio, existe el riesgo de incumplir los estándares de la normativa ambiental relacionada con el control de material particulado, lo que constituye una amenaza directa para el componente de gestión ambiental. Esta situación puede afectar indirectamente el componente financiero por pago de posibles sanciones o por incurrir en costos adicionales para el control del material particulado. La posibilidad de ocurrencia se ha calificado como baja.
- Con la ocurrencia de inundaciones o avenidas torrenciales se podría comprometer la continuidad de algunas medidas que se planteen para el cierre viéndose afectado directamente el componente de cierre minero. En caso de que la amenaza se materialice, la reparación de las medidas que resulten afectadas implicaría algún impacto al componente financiero, la posibilidad de ocurrencia es baja.
- En el evento en que se presenten periodos largos sin precipitación (sequía), se podría presentar un incumplimiento de la normativa ambiental relacionada con el control de material particulado, requisito que también se debe cumplir en la etapa de cierre minero. En caso de que se presente algún incumplimiento que requiera el pago de sanciones, se puede afectar el componente administrativo y financiero. La posibilidad de ocurrencia se ha calificado como baja.
- Los fenómenos de inundación y avenidas torrenciales generan afectaciones en el componente de entorno social y ambiental, específicamente en la infraestructura vial (puentes y vías), predios vecinos, cultivos y ganadería. Al considerar las afectaciones sobre la infraestructura vial, se podría afectar el componente financiero del subsector de materiales de construcción, al suspenderse los procesos de transporte y comercialización. La posibilidad de ocurrencia se ha calificado como media para inundaciones y baja para avenidas torrenciales.

### 3.2.3.3.2 Componente recursos humanos

No se consideran amenazas indirectas para este componente.

### 3.2.3.3.3 Componente de la cadena de suministros

- Los fenómenos de inundación y avenidas torrenciales generan afectaciones en el componente de entorno social ambiental, específicamente en la infraestructura vial (puentes y vías), predios vecinos, cultivos y ganadería. Al considerar las afectaciones sobre la infraestructura vial, se podría afectar el componente de cadena de suministro del subsector de materiales de construcción. La posibilidad de ocurrencia se ha calificado como media para inundaciones y baja para avenidas torrenciales.

### 3.2.3.3.4 Componente extractivo

- El componente de recursos humanos se puede afectar en caso de que se presenten accidentes asociados a la ocurrencia de inundaciones o avenidas torrenciales. Esta situación puede incidir indirectamente en el componente extractivo ya que podría representar la suspensión temporal de las labores asociadas a este; no obstante, la posibilidad de ocurrencia es baja.
- La ocurrencia de fenómenos de remoción en masa y avenidas torrenciales por incremento de la precipitación puede alterar la infraestructura vial y de suministro de combustibles afectando directamente el componente cadena de suministros, e indirectamente el componente extractivo, ya que se podrían suspender temporalmente las actividades extractivas por falta de insumos, maquinaria, piezas de repuesto, etc. La posibilidad de ocurrencia es baja.

### 3.2.3.3.5 Componente de beneficio

- El componente de recursos humanos se puede afectar en caso de que se presenten accidentes asociados a la ocurrencia de inundaciones o avenidas torrenciales. Esta situación puede incidir indirectamente en el componente de beneficio ya que podría representar la suspensión temporal de las labores asociadas a este; no obstante, la posibilidad de ocurrencia es baja.
- La ocurrencia de inundaciones y avenidas torrenciales por incremento de la precipitación puede alterar la infraestructura vial y de suministro de combustibles, lo que afecta directamente el componente cadena de suministros, e indirectamente el componente de beneficio, ya que se podrían suspender temporalmente las actividades asociadas a este por falta de insumos, maquinaria, piezas de repuesto, etc. La posibilidad de ocurrencia es baja.
- Los procesos de remoción en masa y las avenidas torrenciales pueden afectar directamente la continuidad de las labores asociadas al componente extractivo, esta

situación sugiere que, indirectamente, estas amenazas pueden incidir negativamente en la operación habitual de las actividades de beneficio (componente de beneficio) al disminuir el material proveniente de las áreas de minado. No obstante, la posibilidad de ocurrencia se ha calificado como baja.

- Para el componente de almacenamiento temporal, la ocurrencia de eventos de sequía implicaría la reducción en el acopio de material para garantizar el cumplimiento de las normas ambientales. Dado lo anterior, se podría impactar la actividad de beneficio por falta de material para procesar, la posibilidad de ocurrencia es baja.
- La posible ocurrencia de inundaciones y avenidas torrenciales puede afectar directamente el componente de almacenamiento temporal. Esto implica una posibilidad baja de que se afecte indirectamente el componente de beneficio ya que se podría afectar la disponibilidad de material que ingresa a este proceso.

#### **3.2.3.3.6 Componente almacenamiento temporal**

No se consideran amenazas indirectas en este componente.

#### **3.2.3.3.7 Componente de transporte y comercialización**

- El componente de recursos humanos se puede afectar en caso de que se presenten accidentes asociados a la ocurrencia de inundaciones o avenidas torrenciales. Esta situación puede incidir indirectamente en el componente de transporte y comercialización ya que se podrían suspender temporalmente las labores extractivas y de beneficio y, por lo tanto, disminuiría el volumen de material disponible para comercializar. No obstante, la posibilidad de ocurrencia es baja.
- La ocurrencia de inundaciones y avenidas torrenciales por incremento de la precipitación puede alterar la infraestructura vial y de suministro de combustibles, y afectar directamente el componente cadena de suministros, e indirectamente al componente de transporte y comercialización, ya que se podrían suspender temporalmente las actividades productivas por falta de insumos, maquinaria, piezas de repuesto, etc. La posibilidad de ocurrencia es baja.
- Las inundaciones y avenidas torrenciales pueden afectar directamente la continuidad de las labores asociadas al componente extractivo, esta situación sugiere que, indirectamente, estas amenazas pueden incidir negativamente en la operación habitual de las actividades de comercialización (componente de transporte y comercialización) al disminuir el material vendible. No obstante, la posibilidad de ocurrencia se ha calificado como baja.
- Para el componente de almacenamiento temporal, la ocurrencia de eventos de sequía implicaría la reducción en el acopio de material para garantizar el cumplimiento de la normativa ambiental. Dado lo anterior, se podría impactar la actividad de beneficio y en consecuencia el componente de transporte y comercialización. La posibilidad de ocurrencia es baja.

- Asimismo, la posible ocurrencia de inundaciones y avenidas torrenciales puede afectar directamente el componente de almacenamiento temporal. Esto implica una posibilidad baja de que se afecte indirectamente el componente de transporte y comercialización ya que se podrían afectar las actividades de beneficio y reducirse el volumen de material vendible. La posibilidad de ocurrencia es baja.
- La ocurrencia de inundaciones y avenidas torrenciales puede afectar directamente las áreas en las que se desarrollan los procesos de beneficio. Esto implica una posibilidad baja de que se afecte indirectamente el componente de transporte y comercialización ya que se podría afectar la producción y reducir el volumen de material vendible. La posibilidad de ocurrencia es baja.
- Los eventos de sequía podrían causar aumento de las emisiones de material particulado causando un efecto directo sobre el componente de beneficio por reducción de la producción para garantizar el cumplimiento de la normativa respectiva de calidad de aire. Esta situación puede repercutir indirectamente en el componente de transporte y comercialización al disminuir el volumen de material vendible. La posibilidad de ocurrencia es baja.
- Los fenómenos de inundación y avenidas torrenciales generan afectaciones en el componente de entorno social y ambiental, específicamente en la infraestructura vial (puentes y vías), predios vecinos, cultivos y ganadería. Al considerar las afectaciones sobre la infraestructura vial, se podría afectar el componente transporte y comercialización del subsector de materiales de construcción. La posibilidad de ocurrencia se ha calificado como media para el caso de inundaciones y baja para avenidas torrenciales.

#### **3.2.3.3.8 Componente de gestión ambiental**

- La ocurrencia de inundaciones y avenidas torrenciales por incremento de la precipitación puede alterar la infraestructura vial y afectar directamente el componente de la cadena de suministro, esta afectación puede representar la suspensión de actividades de gestión ambiental (componente de gestión ambiental) por falta de insumos, personal contratista, etc. No obstante, la posibilidad de ocurrencia es baja.
- Los fenómenos de inundación y avenidas torrenciales generan afectaciones en el componente de entorno social y ambiental, específicamente en la infraestructura vial (puentes y vías), predios vecinos, cultivos y ganadería. Al considerar las afectaciones sobre la infraestructura vial, se podría afectar el componente de la cadena de suministro y esta situación podría representar la suspensión temporal de actividades de gestión ambiental por falta de insumos, personal contratista, etc. La posibilidad de ocurrencia se ha calificado como baja.

#### **3.2.3.3.9 Componente de cierre minero**

- La ocurrencia de procesos de inundación y avenidas torrenciales por incremento de la precipitación puede alterar la infraestructura vial afectando directamente el componente

de la cadena de suministro, esta afectación puede representar la suspensión de actividades de cierre (componente de cierre minero) por falta de insumos, personal contratista, etc. No obstante, la posibilidad de ocurrencia es baja.

#### 3.2.3.3.10 Componente entorno ambiental y social

- La ocurrencia de inundaciones y avenidas torrenciales pueden causar accidentes en la operación, lo que constituye una amenaza directa para el componente de recursos humanos. El aumento de accidentes que pongan en riesgo la salud de los empleados mineros, podría ocasionar conflictos con las comunidades vecinas. La posibilidad de ocurrencia es baja.
- La ocurrencia de periodos más largos sin precipitación (sequía) sugiere que se incrementará en la emisión de material particulado, lo que constituye una amenaza directa para el componente de recursos humanos que incidiría en la salud de los trabajadores. La posibilidad de que se presenten enfermedades respiratorias ligadas con la emisión de materia particulado, podría ocasionar problemas con las comunidades vecinas. La posibilidad de ocurrencia es baja.
- La posibilidad de ocurrencia de períodos más largos sin precipitación (sequía) sugieren una alta posibilidad de riesgos de incumplimiento de la normativa ambiental relacionada con el control de material particulado, representando una amenaza directa sobre el componente de gestión ambiental. Esta situación representa una amenaza indirecta para el componente de entorno ambiental y social, ya que se podrían presentar conflictos con las comunidades del área de influencia. La posibilidad de ocurrencia es media.
- La posibilidad de ocurrencia de períodos más largos sin precipitación (sequía) sugiere una alta posibilidad de riesgos de incumplimiento de la normativa ambiental relacionada con el control de material particulado, requisito que también se debe cumplir en la etapa de cierre, lo que representa una amenaza directa sobre el componente de cierre minero. Esta situación constituye una amenaza indirecta para el componente de entorno ambiental y social, ya que se podrían presentar conflictos con las comunidades del área de influencia. La posibilidad de ocurrencia es baja.

#### 3.2.3.4 Valoración de las amenazas directas e indirectas

En los pasos anteriores se identificaron los subeventos de cambio y variabilidad climática que pueden tener lugar en el área de estudio Girardota (por ejemplo, inundaciones, sequías, avenidas torrenciales, incendios forestales, etc.). Asimismo, se establecieron los escenarios prospectivos para cada uno de esos subeventos. Dichos escenarios se construyeron a partir del cruce de la información cartográfica del comportamiento que cada subevento tiene en el área de estudio (información proveniente de fuentes oficiales como los planes de ordenamiento y manejo de cuencas, entre otros), con la información cartográfica de las proyecciones de temperatura y precipitación que presenta la tercera comunicación de cambio climático del IDEAM. Como



resultado del ejercicio anterior, se obtuvieron mapas que presentan el posible comportamiento futuro de cada uno de los subeventos de cambio y variabilidad climática.

Posteriormente, se analizó cada componente de la cadena de valor a la luz de los escenarios prospectivos, para determinar así la posibilidad de ocurrencia de las amenazas directas e indirectas que los subeventos de cambio y variabilidad climática pueden desencadenar en el sistema minero. Las amenazas directas son las que se pueden manifestar sobre los diferentes componentes de la cadena de valor en caso de ocurrir alguno o varios de los subeventos analizados, mientras que, las amenazas indirectas se manifiestan cuando una amenaza directa a un componente del sistema minero genera una amenaza sobre otro componente.

Ahora bien, para obtener la valoración final de las amenazas directas e indirectas, se pondera el grado de posibilidad con el potencial de daño. El grado de posibilidad se obtiene de las calificaciones de posibilidad de ocurrencia que se han efectuado anteriormente (anexo 2-3. Matriz: Amenazas Val Pos) y el potencial de daño se califica mediante el uso de la matriz *Amenazas Val Daño* del anexo 2-3.

Finalmente, se obtiene una cualificación de la gravedad de cada una de las amenazas directas e indirectas identificadas para los componentes de la cadena de valor del subsector de materiales de construcción. En el detalle del análisis se presenta en el anexo 2-3. Matriz: Amenazas Val Gravedad.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en forma de cadena de amenazas, es decir, por cada subevento considerado se presenta, en primer lugar, la respectiva amenaza directa y luego se presentan las amenazas indirectas derivadas.

- **1ª Cadena de amenazas Amenaza directa: inundaciones por incremento de precipitaciones, componente administrativo y financiero**

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran inundaciones por el incremento de precipitaciones sugiere que se pueden suspender temporalmente las actividades extractivas. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar las finanzas de la empresa al disminuir el material que provienen de la mina y que ingresará al proceso de beneficio para ser comercializado posteriormente. El potencial de daño calculado para el componente administrativo y financiero es medio de manera que, en resumen, el subevento de inundaciones constituye una amenaza secundaria para el sistema minero.

- **2ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: avenidas torrenciales por incremento de precipitaciones, componente administrativo y financiero**

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran avenidas torrenciales por el incremento de precipitaciones sugiere que se pueden suspender temporalmente las actividades extractivas. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar las finanzas de la empresa al disminuir el material que proviene de la mina y que ingresará al proceso de beneficio para ser comercializado posteriormente. El potencial de daño calculado para el componente administrativo y financiero es medio de manera que, en síntesis, el suceso de avenidas torrenciales constituye una amenaza secundaria para el sistema minero.

- **3ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: sequías por incremento de temperatura, componente administrativo y financiero**

**Amenaza directa.** El aumento de temperatura posibilita la ocurrencia de sequías en el área de estudio y, en consecuencia, se podrían suspender temporalmente las actividades de almacenamiento temporal y beneficio para garantizar el cumplimiento de la normativa ambiental. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar el componente administrativo y financiero ya que se reduciría la producción del material vendible. El potencial de daño calculado es medio de manera que, en síntesis, el suceso de sequía constituye una amenaza secundaria para el sistema minero.

- 4ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: inundaciones por incremento de precipitaciones, componente recursos humanos

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran inundaciones por el incremento de precipitaciones sugiere que pueden ocurrir accidentes. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar la fuerza laboral de las operaciones mineras, teniendo en cuenta que en las orillas del río Medellín se han construido jarillones y, en ese sentido, las quebradas aferentes son las que representarían la principal amenaza. El potencial de daño al componente de recursos humanos es bajo y, en síntesis, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de afectación al componente de recursos humanos por efecto de las inundaciones sugiere una baja posibilidad de afectación al componente administrativo y financiero por incurrir en costos adicionales por cubrimiento de incapacidades y demandas laborales, reentrenamientos y demás costos asociados con el personal afectado. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de que ocurran accidentes por efecto de inundaciones que afecten a los trabajadores podría representar la suspensión temporal de las actividades extractivas (componente extractivo); no obstante, la posibilidad de ocurrencia es baja. El potencial de daño calculado es igualmente bajo y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** En caso de que se presenten accidentes con el personal operativo se podrían suspender temporalmente las actividades extractivas y de beneficio, no obstante, la posibilidad de ocurrencia es baja, así como el potencial de daño y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La afectación del componente recursos humanos sugiere que se pueden suspender las labores productivas y, en ese sentido, hay una posibilidad baja de afectación al componente de transporte y comercialización por falta de disponibilidad del material vendible. El potencial de daño es igualmente bajo y, en ese sentido, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La afectación del componente de recursos humanos sugiere una posibilidad baja de afectación al componente de entorno social y ambiental, pues si el personal de las operaciones mineras se expone a accidentes, se podrían generar conflictos con la comunidad. Esta situación constituye un potencial de daño bajo y, en ese sentido, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

- **5ª Cadena de amenazas Amenaza directa: avenidas torrenciales por incremento de precipitaciones, componente recursos humanos**

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran avenidas torrenciales por el incremento de precipitaciones sugiere que pueden ocurrir accidentes. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar la fuerza laboral de las operaciones mineras e igualmente representaría un potencial bajo de daño al componente de recursos humanos; en síntesis, constituye una amenaza secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de afectación al componente de recursos humanos por efecto de las avenidas torrenciales sugiere una baja posibilidad de afectación al componente administrativo y financiero por incurrir en costos adicionales por cubrimiento de incapacidades y demandas laborales, reentrenamientos y demás costos asociados con el personal afectado. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de que ocurran accidentes por efecto de las avenidas torrenciales que afecten a los trabajadores podría representar la suspensión temporal de las actividades extractivas; no obstante, la posibilidad de ocurrencia es baja. El potencial de daño calculado es igualmente bajo y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** En caso de que se presenten accidentes con el personal operativo se podrían suspender temporalmente las actividades extractivas y de beneficio, no obstante, la posibilidad de ocurrencia es baja, así como el potencial de daño y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La afectación del componente recursos humanos sugiere que se pueden suspender las labores productivas y, en ese sentido, hay una posibilidad baja de afectación al componente de transporte y comercialización por falta de disponibilidad del material vendible. El potencial de daño es igualmente bajo, por lo que se constituye, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La afectación del componente de recursos humanos sugiere una posibilidad baja de afectación al componente de entorno social y ambiental, pues si el personal de las operaciones mineras se expone a accidentes, se podrían generar conflictos con la comunidad. El potencial de daño calculado es bajo y, en ese sentido, la amenaza secundaria para el sistema minero.

- **6ª Cadena de amenazas Amenaza directa: sequías por incremento de temperatura, componente recursos humanos**

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran sequías por el aumento de temperatura en el área de estudio sugiere que se pueden ocasionar enfermedades a los trabajadores de las operaciones mineras por el aumento de emisiones de material particulado. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar la fuerza laboral y, asimismo, un potencial bajo de dañar el componente de recursos humanos; en síntesis, constituye una amenaza secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de afectación al componente de recursos humanos por efecto de las sequías sugiere una baja posibilidad de afectación al componente administrativo y financiero por incurrir en costos adicionales por cubrimiento de incapacidades y demandas laborales, reentrenamientos y demás costos asociados con el personal afectado. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La afectación del componente de recursos humanos sugiere una posibilidad baja de afectación al componente de entorno social y ambiental, pues si el personal de las operaciones mineras adquiere enfermedades relacionadas con las emisiones de material particulado, se podrían generar conflictos con la comunidad. Esta situación constituye un potencial de daño bajo y, en ese sentido, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

- 7ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: inundaciones por incremento de precipitaciones – componente cadena de suministro

<p><b>Amenaza directa.</b> La posibilidad de que ocurran inundaciones por el incremento de precipitaciones sugiere que se puede afectar la infraestructura vial o la infraestructura de suministro de combustibles. Esta situación representa una posibilidad media de afectar el transporte, que es primordial para la cadena de suministro y, asimismo, de afectar el abastecimiento de combustible. De acuerdo con lo anterior, las inundaciones tienen un potencial medio de dañar el componente de cadena de suministro; en síntesis, constituye una amenaza relevante para el sistema minero.</p>
<p><b>Amenaza indirecta.</b> La posibilidad de afectación a la cadena de suministro por efecto de las inundaciones que afecten la infraestructura vial podría representar la suspensión temporal de actividades productivas por falta de insumos, maquinaria, piezas de repuesto, etc.; en ese sentido, hay una baja posibilidad de afectar el componente administrativo y financiero. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.</p>
<p><b>Amenaza indirecta.</b> La ocurrencia de inundaciones que afecten la infraestructura vial y, en ese sentido, la cadena de suministro, representa una posibilidad baja de que se suspendan las labores del componente extractivo por falta de insumos, maquinaria, piezas de repuesto, etc. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.</p>
<p><b>Amenaza indirecta.</b> La ocurrencia de inundaciones que afecten la infraestructura vial y, en ese sentido, la cadena de suministro, representa una posibilidad baja de que se suspendan las labores del componente de beneficio por falta de insumos, maquinaria, piezas de repuesto, etc. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.</p>
<p><b>Amenaza indirecta.</b> La afectación de la cadena de suministro sugiere una posibilidad baja de afectación al componente transporte y comercialización, pues si se afecta la cadena de producción por falta de insumos, se afectaría también la disponibilidad de material a transportar y comercializar. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.</p>
<p><b>Amenaza indirecta.</b> La posibilidad de afectación a la cadena de suministro por efecto de las inundaciones que afecten la infraestructura vial podría representar la suspensión temporal de actividades de gestión ambiental por falta de insumos, personal contratista, etc.; en ese sentido, hay una baja posibilidad de afectar el componente de gestión ambiental. El potencial de daño calculado es bajo y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.</p>
<p><b>Amenaza indirecta.</b> La posibilidad de afectación a la cadena de suministro por efecto de inundaciones que afecten la infraestructura vial podría representar la suspensión temporal de actividades de cierre por falta de insumos, personal contratista, etc.; en ese sentido, hay una posibilidad baja de afectar este componente. El potencial de daño calculado es igualmente bajo y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.</p>



- 8ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: avenidas torrenciales por incremento de precipitaciones, componente cadena de suministro

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran inundaciones por el incremento de precipitaciones sugiere que se puede afectar la infraestructura vial o la infraestructura de suministro de combustibles. Esta situación representa una posibilidad media de afectar el transporte, que es primordial para la cadena de suministro y, asimismo, de afectar el abastecimiento de combustible. De acuerdo con lo anterior, las inundaciones tienen un potencial medio de dañar el componente de cadena de suministro; en síntesis, constituye una amenaza relevante para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de afectación a la cadena de suministro por efecto de las inundaciones que afecten la infraestructura vial podría representar la suspensión temporal de actividades productivas por falta de insumos, maquinaria, piezas de repuesto, etc.; en ese sentido, hay una baja posibilidad de afectar el componente administrativo y financiero. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La ocurrencia de inundaciones que afecten la infraestructura vial y, en ese sentido, la cadena de suministro, representa una posibilidad baja de que se suspendan las labores del componente extractivo por falta de insumos, maquinaria, piezas de repuesto, etc. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La ocurrencia de inundaciones que afecten la infraestructura vial y, en ese sentido, la cadena de suministro, representa una posibilidad baja de que se suspendan las labores del componente de beneficio por falta de insumos, maquinaria, piezas de repuesto, etc. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La afectación de la cadena de suministro sugiere una posibilidad baja de afectación al componente transporte y comercialización, pues si se afecta la cadena de producción por falta de insumos, se afectaría también la disponibilidad de material a transportar y comercializar. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de afectación a la cadena de suministro por efecto de las inundaciones que afecten la infraestructura vial podría representar la suspensión temporal de actividades de gestión ambiental por falta de insumos, personal contratista, etc.; en ese sentido, hay una baja posibilidad de afectar el componente de gestión ambiental. El potencial de daño calculado es bajo y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de afectación a la cadena de suministro por efecto de inundaciones que afecten la infraestructura vial podría representar la suspensión temporal de actividades de cierre por falta de insumos, personal contratista, etc.; en ese sentido, hay una posibilidad baja de afectar este componente. El potencial de daño calculado es igualmente bajo y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

- 9ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: inundaciones por incremento de precipitaciones, componente extractivo

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran inundaciones por el incremento de precipitaciones sugiere que se pueden presentar afectaciones en las áreas de explotación minera. La posibilidad de ocurrencia es media, teniendo en cuenta que en las orillas del río Medellín se han construido jarillones y, en ese sentido, las quebradas aferentes son las que representarían la principal amenaza. El potencial de daño al componente extractivo es medio; en síntesis, constituye una amenaza relevante para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de que se dé una suspensión temporal de las labores extractivas por efecto de las inundaciones en las áreas de explotación podría representar una posibilidad baja de que se afecte el componente administrativo y financiero. Lo anterior, debido a que se puede comprometer la producción de los materiales vendibles. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La afectación del componente extractivo sugiere una baja posibilidad de afectación al componente de beneficio por la reducción en la disponibilidad de materiales que ingresarían al respectivo proceso. El potencial de daño calculado es medio y, en síntesis, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La afectación del componente extractivo sugiere una baja posibilidad de afectación al componente transporte y comercialización por restricciones en la disponibilidad de material a transportar y comercializar. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

- 10ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: avenidas torrenciales por incremento de precipitaciones, componente extractivo

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran avenidas torrenciales por el incremento de precipitaciones sugiere que se pueden presentar afectaciones en las áreas de explotación minera. La posibilidad de ocurrencia es media y el potencial de daño al componente extractivo es, igualmente, medio; en síntesis, constituye una amenaza relevante para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de que se dé una suspensión temporal de las labores extractivas por efecto de avenidas torrenciales que puedan ocurrir en el área de explotación podría representar una posibilidad baja de que se afecte el componente administrativo y financiero. Lo anterior, debido a que se puede comprometer la producción de los materiales vendibles. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La afectación del componente extractivo sugiere una baja posibilidad de afectación al componente de beneficio por la reducción en la disponibilidad de los materiales que ingresarían al respectivo proceso. El potencial de daño calculado es bajo y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La afectación del componente extractivo sugiere una baja posibilidad de afectación al componente transporte y comercialización por restricciones en la disponibilidad de material a transportar y comercializar. El potencial de daño es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

- 11ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: inundaciones por incremento de precipitaciones, componente almacenamiento temporal

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran inundaciones por el incremento de precipitaciones sugiere que se pueden presentar afectaciones en las áreas de almacenamiento temporal. La posibilidad de ocurrencia es media, teniendo en cuenta que en las orillas del río Medellín se han construido jarillones y, en ese sentido, las quebradas aferentes son las que representarían la principal amenaza. El potencial de daño al componente de almacenamiento temporal es medio; en síntesis, constituye una amenaza relevante para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de que se afecten los patios de acopio por efecto de las inundaciones podría representar una posibilidad baja de que se afecte el componente administrativo y financiero debido a que se podría reducir la producción del material vendible. El potencial de daño es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La afectación del componente almacenamiento temporal sugiere una baja posibilidad de afectación al componente de beneficio por la reducción en la disponibilidad de los materiales que ingresarían al respectivo proceso. El potencial de daño es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La afectación del componente extractivo sugiere una baja posibilidad de afectación al componente transporte y comercialización por restricciones en la disponibilidad de material a transportar y comercializar. El potencial de daño es medio por lo que, en síntesis, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

- 12ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: avenidas torrenciales por incremento de precipitaciones, componente almacenamiento temporal

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran inundaciones por el incremento de precipitaciones sugiere que se pueden presentar afectaciones en las áreas de almacenamiento temporal. La posibilidad de ocurrencia es media, teniendo en cuenta que en las orillas del río Medellín se han construido jarillones y, en ese sentido, las quebradas aferentes son las que representarían la principal amenaza. El potencial de daño al componente de almacenamiento temporal es medio; en síntesis, constituye una amenaza relevante para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de que se afecten los patios de acopio por efecto de las inundaciones podría representar una posibilidad baja de que se afecte el componente administrativo y financiero debido a que se podría reducir la producción del material vendible. El potencial de daño es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La afectación del componente almacenamiento temporal sugiere una baja posibilidad de afectación al componente de beneficio por la reducción en la disponibilidad de los materiales que ingresarían al respectivo proceso. El potencial de daño es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La afectación del componente extractivo sugiere una baja posibilidad de afectación al componente transporte y comercialización por restricciones en la disponibilidad de material a transportar y comercializar. El potencial de daño es medio por lo que, en síntesis, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

### 13ª Cadena de amenazas Amenaza directa: sequías por incremento de temperatura, componente almacenamiento temporal

**Amenaza directa.** El aumento de temperatura posibilita la ocurrencia de sequías en el área de estudio y, en consecuencia, se podría reducir el acopio de material en las zonas de almacenamiento temporal para garantizar el cumplimiento de la normativa ambiental de calidad de aire. Esta situación representa una posibilidad baja de afectar el componente de almacenamiento temporal y, asimismo, un potencial bajo de dañar el componente; en síntesis, constituye una amenaza secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de que se reduzca la cantidad de material dispuesto en los patios de acopio por efecto de las sequías, para garantizar el cumplimiento de la normativa ambiental de calidad de aire, podría representar una posibilidad baja de que se afecte el componente administrativo y financiero, debido a que se podría reducir la producción del material vendible. El potencial de daño es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La afectación del componente de almacenamiento temporal sugiere una baja posibilidad de afectación al componente de beneficio por la reducción en la disponibilidad de materiales que ingresarían al respectivo proceso. El potencial de daño es medio, por lo que se constituye, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La afectación del componente de almacenamiento temporal sugiere una posibilidad baja de afectación al componente transporte y comercialización por restricciones en la disponibilidad de material a transportar. El potencial de daño es medio, por lo que se constituye, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero.

- 14ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: inundaciones por incremento de precipitaciones, componente beneficio

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran inundaciones por el incremento de precipitaciones sugiere que se pueden presentar afectaciones en las áreas de beneficio. La posibilidad de ocurrencia es media, teniendo en cuenta que en las orillas del río Medellín se han construido jarillones y, en ese sentido, las quebradas aferentes son las que representarían la principal amenaza. El potencial de daño al componente de beneficio es, igualmente, medio, lo que constituye una amenaza relevante para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de que se afecten las áreas de beneficio por efecto de las inundaciones podría representar una posibilidad baja de que se afecte el componente administrativo y financiero debido a que se podría reducir la producción del material vendible. El potencial de daño es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La afectación del componente beneficio sugiere una posibilidad baja de afectación al componente transporte y comercialización por restricciones en la disponibilidad de material a transportar y comercializar. El potencial de daño es medio, por lo que se constituye, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero.

- **15ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: avenidas torrenciales por incremento de precipitaciones, componente beneficio**

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran avenidas torrenciales por el incremento de precipitaciones sugiere que se pueden presentar afectaciones en las áreas de proceso. La posibilidad de ocurrencia es media y el potencial de daño al componente de beneficio es, igualmente, medio, lo que constituye una amenaza relevante para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de que se afecten las áreas de beneficio por efecto de las avenidas torrenciales podría representar una posibilidad baja de que se afecte el componente administrativo y financiero debido a que se podría reducir la producción del material vendible o se podrían requerir adecuaciones en las zonas y la infraestructura afectadas. El potencial de daño es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La afectación del componente beneficio sugiere una posibilidad baja de afectación al componente transporte y comercialización por restricciones en la disponibilidad de material a transportar. El potencial de daño es medio, por lo que se constituye, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero.

- **16ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: sequías por incremento de temperatura, componente beneficio**

**Amenaza directa.** El aumento de temperatura posibilita la ocurrencia de sequías en el área de estudio y, en consecuencia, se podrían suspender temporalmente las actividades de beneficio para cumplir con la normativa ambiental de calidad de aire. Esta situación representa una posibilidad baja de afectar el componente de beneficio y, asimismo, un potencial medio de dañar el componente, lo que constituye una amenaza secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de que se suspendan temporalmente las actividades de beneficio para garantizar el cumplimiento de la normativa de calidad de aire, podría representar una posibilidad baja de que se afecte el componente administrativo y financiero debido a que se podría reducir la producción del material vendible. El potencial de daño es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La afectación del componente beneficio sugiere una posibilidad baja de afectación al componente transporte y comercialización por restricciones en la disponibilidad de material a transportar. El potencial de daño es medio, por lo que se constituye, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero.

- **17ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: inundaciones por incremento de precipitaciones, componente transporte y comercialización**

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran inundaciones por el incremento de precipitaciones sugiere que se puede afectar la infraestructura vial. Esta situación representa una posibilidad media de afectar el transporte y en consecuencia los procesos de comercialización. De acuerdo con lo anterior, las inundaciones tienen un potencial medio de dañar el componente de transporte y comercialización; en síntesis, constituye una amenaza relevante para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de afectación a la infraestructura vial por efecto de las inundaciones podría representar una baja posibilidad de afectar el componente administrativo y financiero, debido a que se afectarían las actividades de transporte y comercialización, y se comprometerían los ingresos de las operaciones mineras. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.



- **18ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: avenidas torrenciales por incremento de precipitaciones, componente transporte y comercialización**

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran avenidas torrenciales por el incremento de precipitaciones sugiere que se puede afectar la infraestructura vial. Esta situación representa una posibilidad media de afectar el transporte, que es primordial en los procesos del componente de transporte y comercialización. De acuerdo con lo anterior, las avenidas torrenciales tienen un potencial medio de dañar el componente en mención; en síntesis, constituye una amenaza relevante para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de afectación a la infraestructura vial por efecto de las avenidas torrenciales podría representar una baja posibilidad de afectar el componente administrativo y financiero, debido a que se afectarían las actividades de transporte y comercialización, y se comprometerían los ingresos de las operaciones mineras. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

- **19ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: sequías por incremento de temperatura, componente gestión ambiental**

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran sequías por el aumento de temperatura en el área de estudio sugiere que se puede incumplir la normativa ambiental relacionada con calidad del aire. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar el componente de gestión ambiental y, asimismo, un potencial bajo de dañar dicho componente; en síntesis, constituye una amenaza secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de que se incumpla la normativa ambiental por efecto de las emisiones de material particulado en época de sequía podría representar una baja posibilidad de afectar el componente administrativo y financiero por pago de sanciones o mayores inversiones para el control de las emisiones. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La afectación del componente de gestión ambiental sugiere una posibilidad media de afectación al componente de entorno social y ambiental, pues el aumento de emisiones de material particulado podría generar conflictos con la comunidad, lo cual constituye un potencial de daño bajo y, en síntesis, se estaría generando una amenaza secundaria para el sistema minero.

- **20ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: inundaciones por incremento de precipitaciones, componente de cierre minero**

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran inundaciones por el incremento de precipitaciones sugiere que se puede afectar la continuidad de las medidas de cierre. Esta situación representa una posibilidad media de afectar el componente de cierre minero. De acuerdo con lo anterior, las inundaciones que se presenten en el área de estudio tienen un potencial medio de dañar el componente en mención; en síntesis, constituye una amenaza relevante para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de que se afecten las medidas de cierre por efecto de las inundaciones, podría representar una posibilidad baja de afectar el componente administrativo y financiero por efecto de las reparaciones que se deban efectuar. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

- **21ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: avenidas torrenciales por incremento de precipitaciones, componente de cierre minero**

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran avenidas torrenciales por el incremento de precipitaciones sugiere que se puede afectar la continuidad de las medidas de cierre. Esta situación representa una posibilidad baja de afectar el componente de cierre minero y, asimismo, un potencial bajo de dañar el componente en mención; en síntesis, constituye una amenaza secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de que se afecten las medidas de cierre por efecto de las avenidas torrenciales podría representar una posibilidad baja de afectar el componente administrativo y financiero por efecto de las reparaciones que se deban efectuar. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

- **22ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: sequías por incremento de temperatura, componente cierre minero**

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran sequías por el aumento de temperatura en el área de estudio sugiere que se puede incumplir la normativa ambiental relacionada con calidad del aire, requisito que también se debe cumplir en la etapa de cierre. Esta situación representa una posibilidad baja de afectar el componente de cierre minero y, asimismo, un potencial bajo de dañar dicho componente; en síntesis, constituye una amenaza secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de que se incumpla la normativa ambiental por efecto de las emisiones de material particulado en época de sequía, podría representar una posibilidad baja de afectar el componente administrativo y financiero por pago de sanciones. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La afectación del componente de cierre minero sugiere una posibilidad baja de afectación al componente de entorno social y ambiental, pues el aumento de emisiones de material particulado podría generar conflictos con la comunidad. El potencial de daño calculado es bajo por lo cual se constituye una amenaza secundaria para el sistema minero.

- 23ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: inundaciones por incremento de precipitaciones, componente de entorno ambiental y social

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran inundaciones por el incremento de precipitaciones sugiere que se pueden afectar la infraestructura vial, los predios vecinos y las actividades productivas. Mientras, el abastecimiento de agua también se podría afectar, aunque en menor proporción. Esta situación representa una posibilidad alta de afectar el componente de entorno ambiental y social y, asimismo, un potencial alto de dañar este componente; en síntesis, se constituye en una amenaza grave.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de que se afecten las vías por efecto de las inundaciones que ocurren en el área de influencia podría representar una posibilidad media de afectación al componente administrativo financiero, debido a que se podrían suspender temporalmente las actividades de transporte y comercialización del material vendible. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es relevante para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La afectación de la infraestructura vial en el componente de entorno social y ambiental sugiere una posibilidad media de afectación al componente cadena de suministro por restricciones importantes en la movilidad. El potencial de daño es alto, por lo que se constituye, en síntesis, una amenaza grave para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La afectación de la infraestructura vial en el componente de entorno social y ambiental sugiere una posibilidad media de afectación al componente transporte y comercialización por restricciones en la movilidad. El potencial de daño es igualmente medio, por lo que se constituye, en síntesis, una amenaza relevante para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de afectación a la infraestructura vial por efecto de las inundaciones podría representar la afectación de la cadena de suministros y consecuentemente se podrían suspender temporalmente las actividades de gestión ambiental por falta de insumos, personal contratista, etc.; en ese sentido, hay una posibilidad baja de afectar el componente de gestión ambiental. El potencial de daño calculado es bajo y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

- **24ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: avenidas torrenciales por incremento de precipitaciones, componente de entorno ambiental y social**

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran avenidas torrenciales sugiere que se pueden afectar la infraestructura vial, los predios vecinos y las actividades productivas. Mientras, el abastecimiento de agua también se podría afectar, pero en menor proporción. Esta situación representa una posibilidad media de afectar el componente de entorno ambiental y social y, asimismo, un potencial medio de dañar este componente; en síntesis, constituye una amenaza relevante.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de que se afecten las vías por efecto de las avenidas torrenciales que ocurran en el área de influencia podría representar una posibilidad baja de afectación al componente administrativo y financiero, debido a que se podrían suspender temporalmente las actividades de transporte y comercialización del material vendible. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de afectación a la infraestructura vial en el componente de entorno social y ambiental sugiere una posibilidad baja de afectación al componente cadena de suministro por restricciones en la movilidad. El potencial de daño calculado es medio, por lo que se constituye, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de afectación a la infraestructura vial en el componente entorno social y ambiental sugiere una posibilidad baja de afectación al componente transporte y comercialización por restricciones en la movilidad. El potencial de daño es medio, por lo que se constituye, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero.

**Amenaza indirecta.** La posibilidad de afectación a la infraestructura vial por efecto de las avenidas torrenciales podría representar la afectación de la cadena de suministros y consecuentemente se podrían suspender temporalmente las actividades de gestión ambiental por falta de insumos, personal contratista, etc.; en ese sentido, hay una posibilidad baja de afectar el componente de gestión ambiental. El potencial de daño calculado es bajo y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero.

- **25ª Cadena de amenazas. Amenaza directa: sequías por incremento de temperatura – componente de entorno ambiental y social**

**Amenaza directa.** La posibilidad de que ocurran sequías por el aumento de temperatura en el área de estudio sugiere que se pueden afectar los procesos productivos que requieran altos volúmenes de agua. Esto constituye una amenaza para las posibilidades de empleo de las comunidades y compromete sus fuentes de ingreso. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar el componente de entorno ambiental y social y, asimismo, un potencial bajo de dañar dicho componente, lo que constituye, en síntesis, una amenaza secundaria.

ANÁLISIS DE RIESGO ANTE LA VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO DE LA CADENA DE VALOR CORRESPONDIENTE A LA PRODUCCIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN A DIVERSAS ESCALAS EN REGIONES PRIORIZADAS DEL PAÍS, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LOS PASOS CORRESPONDIENTES DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE RIESGOS ASOCIADOS A LA VARIABILIDAD Y EL CAMBIO CLIMÁTICO, DESARROLLADA POR UPME/MINENERGIA.

Producto 3. Análisis de vulnerabilidad ante cambios en patrones climáticos y por eventos climáticos recurrentes, con énfasis en las áreas de interés priorizadas para la cadena de valor de materiales de construcción



Elaborado para:



Elaborado por:



Bogotá, D. C.,  
Diciembre de 2020



**ANÁLISIS DE RIESGO ANTE LA VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO DE LA CADENA DE VALOR CORRESPONDIENTE A LA PRODUCCIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN A DIVERSAS ESCALAS EN REGIONES PRIORIZADAS DEL PAÍS, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LOS PASOS CORRESPONDIENTES DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE RIESGOS ASOCIADOS A LA VARIABILIDAD Y EL CAMBIO CLIMÁTICO, DESARROLLADA POR UPME/MINENERGIA.**

**Producto 3. Análisis de vulnerabilidad ante cambios en patrones climáticos y por eventos climáticos recurrentes, con énfasis en las áreas de interés priorizadas para la cadena de valor de materiales de construcción**

Hoja de control

INERCO Consultoría Colombia

	<b>Elaboró</b>	<b>Revisó</b>	<b>Aprobó</b>	
<b>Versión:</b> 1	Área de Sostenibilidad, INERCO Consultoría Colombia	Yeni Mancera Coordinadora de proyecto	Jose Alejandro Bernal Director Área de Sostenibilidad	<b>Fecha de aprobación:</b>
		V.º B.º:	V.º B.º:	Diciembre de 2020

Este Análisis de Riesgo ante la Variabilidad y Cambio Climático de la Cadena de Valor correspondiente a la Producción de Materiales de Construcción ha sido preparado por INERCO Consultoría Colombia con un conocimiento razonable y con el cuidado y la diligencia establecidos en los términos del contrato con UPME.

INERCO Consultoría Colombia niega alguna responsabilidad con UPME y con terceros respecto de cualquier materia fuera del alcance anterior. Este informe es confidencial e INERCO Consultoría Colombia no acepta ninguna responsabilidad en absoluto, si otros tienen acceso a parte o la totalidad del informe.

Anotaciones:

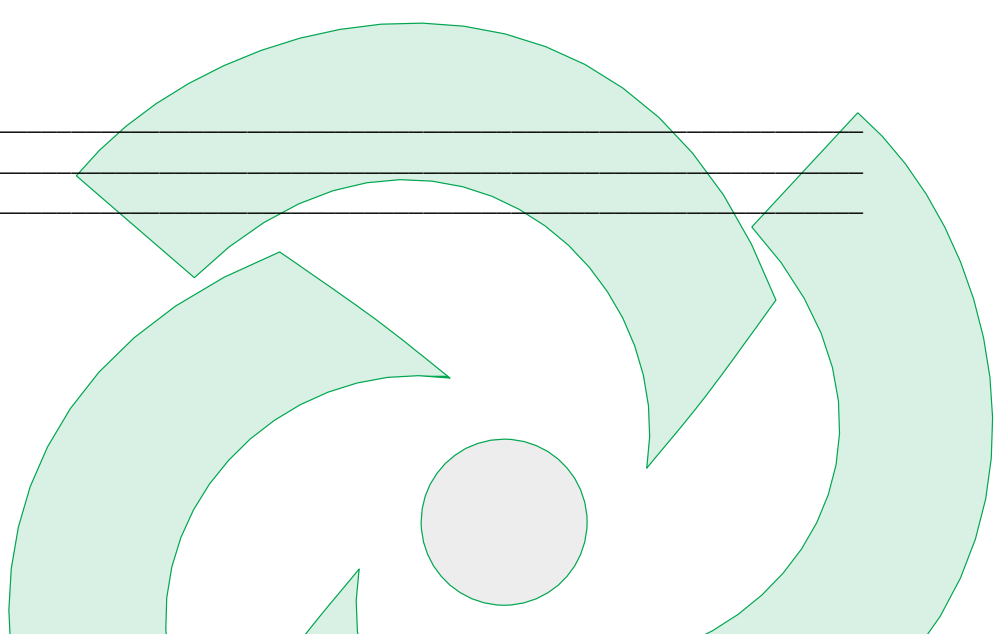
---



---




---



ANÁLISIS DE RIESGO ANTE LA VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO DE LA CADENA DE VALOR CORRESPONDIENTE A LA PRODUCCIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN A DIVERSAS ESCALAS EN REGIONES PRIORIZADAS DEL PAÍS, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LOS PASOS CORRESPONDIENTES DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE RIESGOS ASOCIADOS A LA VARIABILIDAD Y EL CAMBIO CLIMÁTICO, DESARROLLADA POR UPME/MINENERGIA.

Hoja de control

Unidad de Planeación Minero Energética UPME

Versión: 1	Elaboró <b>INERCO</b>  Consultoría Colombia	Revisó Wilson Sandoval	Aprobó Wilson Sandoval	Fecha de aprobación:  Diciembre de 2020
	V.º B.º:	V.º B.º:	V.º B.º:	

En la preparación de este Análisis de Riesgo ante la Variabilidad y Cambio Climático de la Cadena de Valor correspondiente a la Producción de Materiales de Construcción, INERCO Consultoría Colombia y la UPME utilizaron la información provista por consultores especializados, autoridades nacionales y regionales, así como de otras fuentes no gubernamentales. UPME realizó la verificación de la información que su conocimiento y experiencia le permitió.

Este informe ha sido preparado por INERCO Consultoría Colombia, con un conocimiento razonable y con el cuidado y la diligencia establecidos en los términos del contrato con UPME.

Anotaciones:

---



---



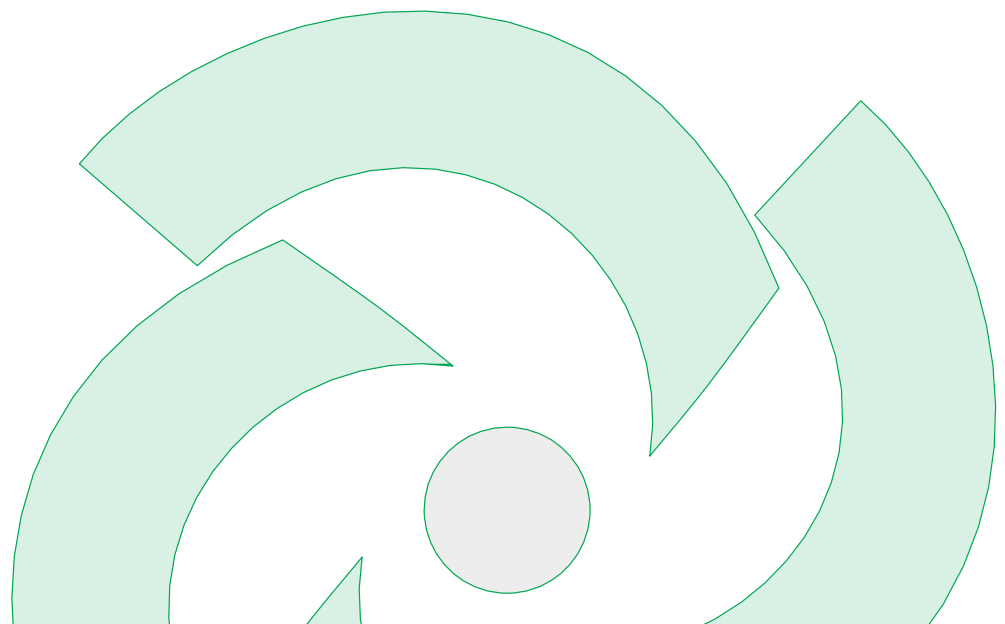
---





## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD ANTE CAMBIOS EN PATRONES CLIMÁTICOS Y POR EVENTOS CLIMÁTICOS RECURRENTES.....	3
1. Mapeo de actores del subsector de materiales de construcción .....	3
1.1 Clasificación de los actores identificados .....	5
2. Definición y evaluación de vulnerabilidad del subsector de materiales de construcción ante el cambio climático y la variabilidad climática .....	1
2.1 Indicadores de Sensibilidad .....	1
2.2 Indicadores de capacidad de adaptación .....	3
2.3 Taller virtual de validación de indicadores con actores del subsector de materiales de construcción. ....	5
2.4 Valoración de la vulnerabilidad del subsector de materiales de construcción ante el cambio climático y la variabilidad climática .....	6
2.4.1 Calificación de los indicadores de sensibilidad y capacidad de adaptación.....	6
2.4.2 Cálculo de los índices de sensibilidad y capacidad de adaptación .....	9
2.4.3 Definición del nivel de vulnerabilidad .....	14
2.4.4 Resultados de la valoración de vulnerabilidad .....	14
3. Definición y caracterización de posibles impactos derivados de cambios de patrones climáticos y ocurrencia de eventos climáticos recurrentes .....	22
BIBLIOGRAFÍA .....	1





## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1-1</b> Mapa de actores del subsector de materiales de construcción .....	4
<b>Tabla 1-2</b> Clasificación de los actores interesados .....	6
<b>Tabla 2-1</b> Indicadores de sensibilidad .....	2
<b>Tabla 2-2</b> Indicadores de capacidad de adaptación .....	3
<b>Tabla 2-3</b> Criterios de calificación para los indicadores de sensibilidad .....	7
<b>Tabla 2-4</b> Criterios de calificación para los indicadores de capacidad de adaptación .....	8
<b>Tabla 2-5</b> Peso asignado a los aspectos en los que se clasifican los indicadores de sensibilidad .....	9
<b>Tabla 2-6</b> Peso asignado a los recursos en los que se clasifican los indicadores de capacidad de adaptación .....	10
<b>Tabla 2-7</b> Peso asignado a los indicadores de sensibilidad .....	10
<b>Tabla 2-8</b> Peso asignado a los indicadores de capacidad de adaptación.....	11
<b>Tabla 2-9</b> Ejemplo cálculo índice de sensibilidad .....	12
<b>Tabla 2-10</b> Ejemplo cálculo índice de capacidad de adaptación .....	13
<b>Tabla 2-11</b> Escala para determinar el nivel de vulnerabilidad .....	14
<b>Tabla 2-12</b> Índice de sensibilidad Acacías - Villavicencio .....	15
<b>Tabla 2-13</b> Índice de capacidad de adaptación Acacías - Villavicencio .....	16
<b>Tabla 2-14</b> Índice de sensibilidad Cali - Yumbo .....	17
<b>Tabla 2-15</b> Índice de capacidad de adaptación Cali - Yumbo .....	18
<b>Tabla 2-16</b> Índice de sensibilidad Girardota .....	19
<b>Tabla 2-17</b> Índice de capacidad de adaptación Acacías - Villavicencio .....	20
<b>Tabla 3-1</b> Impactos derivados del cambio climático y la variabilidad climática y relación con la ocurrencia de eventos y subeventos climáticos .....	1

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1-1</b> Clasificación de los actores interesados .....	1

## LISTADO DE ANEXOS

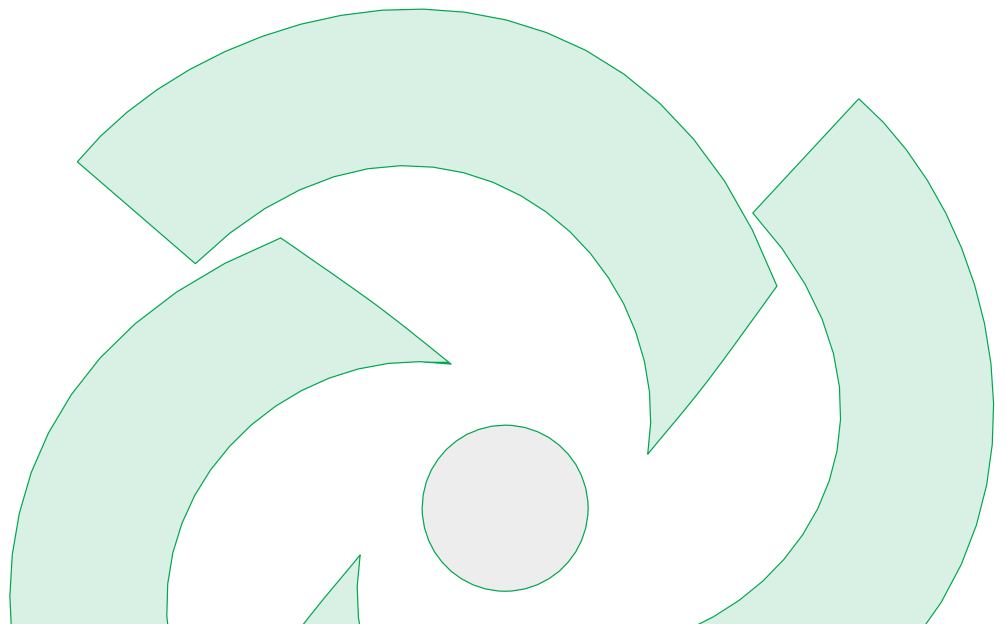
- Anexo 3-1** Presentación taller validación indicadores
- Anexo 3-2** Listado de asistencia taller validación indicadores
- Anexo 3-3** Encuestas de indicadores diligenciadas por las empresas
- Anexo 3-4** Matriz Vulnerabilidad Acacías - Villavicencio
- Anexo 3-5** Matriz Vulnerabilidad Cali - Yumbo
- Anexo 3-6** Matriz Vulnerabilidad Girardota



## ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD ANTE CAMBIOS EN PATRONES CLIMÁTICOS Y POR EVENTOS CLIMÁTICOS RECURRENTE

### 1. MAPEO DE ACTORES DEL SUBSECTOR DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Mediante el análisis de información existente, se identificaron los actores del subsector de materiales de construcción en los ámbitos nacional y regional. El resultado del ejercicio presenta actores del estado, agremiaciones, empresas, espacios de la sociedad civil, entre otros (tabla 1-1).







**Tabla 1-1** Mapa de actores del subsector de materiales de construcción

Ámbito	Tipo	Denominación
Nacional	Estado	Plan Integral de Gestión de Cambio Climático del sector Minero Energético – PIGCCme: <ul style="list-style-type: none"><li>• Ministerio de Minas y Energía (Minenergía)</li><li>• Unidad de Planeación Minero Energética (UPME)</li><li>• Agencia Nacional de Minería ANM</li><li>• Servicio Geológico Colombiano</li></ul>
		Instituciones que lideran el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático <ul style="list-style-type: none"><li>• Departamento Nacional de Planeación (DNP)</li><li>• Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)</li><li>• Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD)</li><li>• Dirección de Cambio Climático del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS)</li></ul>
	Cooperación internacional y tercer sector	<ul style="list-style-type: none"><li>• Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)<sup>1</sup></li></ul>
	Gremios del sub sector de materiales de construcción	<ul style="list-style-type: none"><li>• Asociación Colombiana de Productores de Agregados Pétreos (ASOGRAVAS)</li></ul>
	Empresas del subsector de materiales de construcción	<ul style="list-style-type: none"><li>• Empresas de producción de agregados pétreos</li></ul>
Regional	Estado	<ul style="list-style-type: none"><li>• Gobernaciones</li><li>• Corporaciones Autónomas Regionales</li><li>• Administraciones municipales</li></ul>
	Espacios multiactores y sociedad civil	<ul style="list-style-type: none"><li>• Nodos Regionales de Cambio Climático</li><li>• Consejos de Macrocuencas</li><li>• Ciudadanía</li></ul>
	Espacios de investigación	<ul style="list-style-type: none"><li>• Universidades</li></ul>

Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020

Ahora bien, con algunos de estos actores (empresas de producción de agregados pétreos, autoridades ambientales y administraciones municipales) se realizaron entrevistas semiestructuradas para obtener información primaria relacionada con las características de las explotaciones de materiales de construcción que se ubican en las áreas de estudio Acacias - Villavicencio, Cali – Yumbo y Girardota (anexo 1 – 1). En estas entrevistas estuvieron presentes la UPME y el Ministerio de Minas y Energía.

<sup>1</sup> A través del programa MaPric  
F-PRY-058  
Versión: 5  
14/02/2020



Asimismo, se obtuvo información del comportamiento de las amenazas climáticas en las áreas de estudio y cómo las empresas incluyen en su planeación y su gestión temas de cambio climático y variabilidad climática. En algunos casos no se detecta claramente que las empresas aborden estos temas, pero definitivamente se reconoce como una variable que debe tenerse en cuenta para garantizar el éxito de las operaciones.

En las entrevistas que se ejecutaron con autoridades ambientales y municipales, se abordaron temas relacionados con el funcionamiento de la actividad minera, cómo el territorio y el subsector de materiales de construcción se afectan por eventos relacionados con riesgos climáticos, y cómo las instituciones abordan en su planeación y gestión territorial los temas de cambio climático.

La información recopilada permitió complementar la caracterización del subsector y de su entorno y, adicionalmente, permitió calificar la vulnerabilidad que corresponde a una de las variables que se considera en el análisis de riesgos climáticos.

### 1.1 Clasificación de los actores identificados

Una vez identificados los actores del subsector de materiales de construcción se procedió a realizar un análisis de los roles, capacidad de acción e interés que estos pueden tener en el componente de adaptación de la gestión del cambio climático del subsector.

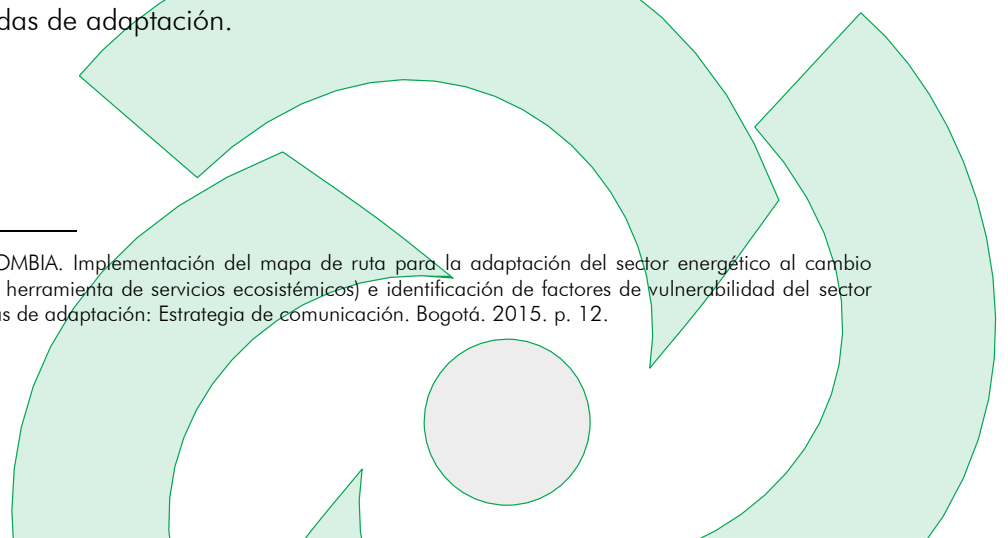
Los roles que se tuvieron en cuenta fueron<sup>2</sup>:

- Promotores: encargados de liderar y fomentar las acciones requeridas en el marco de la adaptación al cambio climático, tanto a nivel nacional como sectorial.
- Implementadores: para efectos de la adaptación en el subsector de materiales de construcción, son aquellos responsables de concretar o hacer efectivas las diferentes medidas de adaptación.
- Facilitadores: pueden aportar al proceso de adaptación al cambio climático a través de su experticia, de manera que generan condiciones favorables.
- Veedores: hacen seguimiento y ejercen control sobre la industria y los entes encargados de la formulación e implementación de las medidas de adaptación.

En cuanto a la capacidad de acción (o poder) se ha definido como la facultad que posee el actor para intervenir (directa o indirectamente) en el desarrollo del proceso de formulación e implementación de medidas de adaptación.

---

<sup>2</sup> INERCO CONSULTORÍA COLOMBIA. Implementación del mapa de ruta para la adaptación del sector energético al cambio climático (incluyendo el uso de la herramienta de servicios ecosistémicos) e identificación de factores de vulnerabilidad del sector minero y líneas gruesas de medidas de adaptación: Estrategia de comunicación. Bogotá. 2015. p. 12.





Finalmente, el nivel de interés se estableció considerando la relación que tiene el actor con el proceso de adaptación, ya sea por encontrarse involucrado en este o por percibir en él una oportunidad<sup>3</sup>.

En la siguiente tabla se presentan los resultados de la clasificación.

Tabla 1-2 Clasificación de los actores interesados

Nombre	Rol	Capacidad de acción	Interés frente al proceso de adaptación
Ministerio de Minas y Energía (Minenergía)	Implementador	<b>Alta.</b> El Minenergía es la entidad encargada de formular y adoptar políticas dirigidas al aprovechamiento sostenible de los recursos mineros y energéticos del país y actúa como ente rector y regulador del sector; en ese sentido, tiene poder y recursos para promover la formulación e implementación de medidas de adaptación al cambio climático.	<b>Alto.</b> El ministerio como rector del sector minero energético y en su rol de implementador, promueve la ejecución del PIGCCme, que incluye medidas de adaptación al cambio climático para el sector minero y que contribuirá a alcanzar las metas de la NDC.
Unidad de Planeación Minero Energética (UPME)	Facilitador	<b>Media.</b> La UPME como entidad adscrita al Minenergía cuenta con recursos para ejecutar proyectos y estudios relacionados con la gestión del cambio climático lo que incluye la formulación e implementación de medidas de adaptación.	<b>Alto.</b> Esta entidad tiene por objeto (entre otros) apoyar al Minenergía en el logro de sus objetivos y metas, esto incluye la implementación del PIGCCme y en consecuencia la formulación e implementación de medidas de adaptación para el sector.
Agencia Nacional de Minería (ANM)	Facilitador	<b>Media.</b> La ANM es una entidad estatal encargada de promover el óptimo aprovechamiento y sostenibilidad de los recursos minerales de conformidad con las normas vigentes y en coordinación con las autoridades ambientales <sup>4</sup> . Por lo tanto, para avalar la ejecución de los contratos de concesión minera, exige que los beneficiarios cumplan con la normativa e instrumentos ambientales aplicables. Ahora bien, en la medida en que las	<b>Medio.</b> Como entidad encargada de promover el óptimo aprovechamiento y sostenibilidad de los recursos minerales en coordinación con las autoridades ambientales, la ANM tendría interés en que se cumplan los lineamientos e iniciativas del gobierno nacional relacionadas con la adaptación al cambio climático.

<sup>3</sup> INERCO CONSULTORÍA COLOMBIA. Implementación del mapa de ruta para la adaptación del sector energético al cambio climático (incluyendo el uso de la herramienta de servicios ecosistémicos) e identificación de factores de vulnerabilidad del sector minero y líneas gruesas de medidas de adaptación: Identificación de actores y grupos de interés estratégicos. Bogotá. 2015. p. 3.

<sup>4</sup> AGENCIA NACIONAL DE MINERÍA. [<https://www.anm.gov.co/>]. Bogotá: Agencia Nacional de Minería. [Consultado en 2021-02-15]. Disponible

en: <https://www.anm.gov.co/?q=agencia#:~:text=La%20Agencia%20Nacional%20de%20Miner%C3%ADa,coordinaci%C3%B3n%20con%20las%20autoridades%20ambientales>



Nombre	Rol	Capacidad de acción	Interés frente al proceso de adaptación
		actividades de adaptación al cambio climático no son obligatorias para las empresas, su capacidad de acción frente al tema es media. Adicionalmente, puede aportar información útil para los procesos de análisis de riesgo ante el cambio climático, como la ubicación y vigencia de los títulos mineros.	
Servicio Geológico Colombiano (SGC)	Facilitador	<b>Media.</b> El SGC es una institución adscrita al Minenergía que genera información y asesora al gobierno nacional en materia de políticas de geociencias, amenazas y riesgos geológicos <sup>5</sup> . Adicionalmente, establece lineamientos para la generación de información geológica y para la evaluación de amenazas, lo que le da un buen nivel de confiabilidad a la información que producen terceros y que puede ser utilizada en el proceso de formulación e implementación de medidas de adaptación.	<b>Bajo.</b> Aunque la información que genera es útil para la generación de medidas de adaptación, su principal campo de acción no está directamente relacionado con cambio climático.
Departamento Nacional de Planeación (DNP)	Promotor	<b>Alta.</b> Apoya al Gobierno en la toma de decisiones e impulsa una visión estratégica del país, mediante el diseño, la orientación y evaluación de las políticas públicas colombianas, el manejo y la asignación de la inversión pública y la concreción de estos en planes, programas y proyectos. Lidera el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático - PNACC y es el principal interlocutor del tema en el país. Puede articular la planificación del sector con otros sectores, además de actividades y programas en materia de adaptación al CC, para el cual destina recursos y un equipo especializado.	<b>Medio.</b> Por su calidad de promotor del PNACC tiene interés en las acciones que se pueden ejecutar en torno a este tema aun cuando estas sean de orden regional o local. Su intervención contribuirá a generar condiciones para la implementación de medidas en todos los portafolios, además de promover la articulación de las medidas con los otros planes e iniciativas de adaptación que se produzcan a nivel nacional.

<sup>5</sup> SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. [<https://www.sgc.gov.co/>]. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano. [Consultado en 2021-02-15]. Disponible en: <https://www2.sgc.gov.co/Nosotros/AcercaDelSgc/Paginas/funciones-y-deberes.aspx#:~:text=El%20Servicio%20Geol%C3%B3gico%20Colombiano%20tiene,de%20los%20materiales%20nucleares%20y> F-PRY-058  
Versión: 5  
14/02/2020



Nombre	Rol	Capacidad de acción	Interés frente al proceso de adaptación
Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	Promotor	<p><b>Alta.</b> Se trata de un ente técnico y científico que tiene funciones de recomendación. Adicionalmente, es la principal entidad encargada de generar información aplicable a la gestión del cambio climático a nivel nacional, por ejemplo, los datos de referencia para formular los escenarios de vulnerabilidad. Por otra parte, establece lineamientos para gestionar la información climática del país, lo que asegura un mayor nivel de confiabilidad de los análisis y estudios que pueden generar terceros en torno al cambio climático.</p> <p>Forma parte del PNACC junto con el DNP, UNGRD y el MADS.</p>	<p><b>Medio.</b> El interés en el proceso de adaptación es medio ya que la misión del IDEAM incluye generar información para la toma de decisiones por parte de los sectores público, privado y la ciudadanía en general. De acuerdo con lo anterior, genera información a nivel nacional que se usa como referente para tomar decisiones en relación con la gestión el cambio climático, lo que incluye los procesos de adaptación.</p> <p>Adicionalmente, como entidad que forma parte del PNACC tiene interés en las acciones que se pueden ejecutar en torno a este tema aun cuando estas sean de orden regional o local.</p>
Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD)	Implementador	<p><b>Media.</b> Forma parte del PNACC junto con el DNP, el MADS y el IDEAM.</p> <p>Cuenta con la logística, el personal y el <i>know how</i> que permitirían concretar algunas medidas según la territorialidad. Tiene un equipo especializado en la gestión de desastres a nivel nacional, por lo tanto, cuenta con conocimiento del campo.</p>	<p><b>Media.</b> La implementación de medidas de adaptación redundaría en la mejora de los sistemas de prevención de desastres, lo cual representaría un aporte a los objetivos misionarios de la unidad.</p>
Dirección de Cambio Climático del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS)	Promotor	<p><b>Alta.</b> Desde su rol de promotor a nivel nacional, se relaciona con entes sectoriales, extra sectoriales y a varios niveles: nacional, regional, local y puntual. Dado que inicialmente el proceso de gestión de cambio climático es de carácter voluntario, su capacidad de acción se enfoca en la recomendación y la facilitación de apoyo técnico para las iniciativas que puedan surgir entre los sectores y dependencias de todo orden, a nivel nacional.</p> <p>Tiene financiamiento de sus actividades y un equipo técnico capacitado.</p>	<p><b>Medio.</b> Por su condición de promotor nacional del proceso de adaptación al cambio climático tiene interés por conocer el estatus en los diferentes sectores incluyendo el minero energético, y asimismo se interesa por el cumplimiento de la NDC y el PNACC.</p>





Nombre	Rol	Capacidad de acción	Interés frente al proceso de adaptación
Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)	Facilitador	<b>Media.</b> Como organización de cooperación internacional, cuenta con recursos que pone a disposición del país para desarrollar capacidades para la gestión del cambio climático.	<b>Medio.</b> La agenda 2030 es el marco general que guía el trabajo de GIZ <sup>6</sup> , que vincula el desarrollo sostenible, la reducción de la pobreza y la política climática. En ese sentido los proyectos que emprende en torno a la gestión del cambio climático, contribuyen a la consecución de sus objetivos.
Asociación Colombiana de Productores de Agregados Pétreos (ASOGRAVAS)	Facilitador	<b>Media.</b> Congrega a las empresas que hacen parte del subsector de materiales de construcción. Tiene capacidad de alineamiento, vocería de sus afiliados y cuenta con el financiamiento de sus socios. Puede generar y participar en espacios de intercambio relacionados con el entendimiento y la implementación del PIGCCme y con otros actores que contribuyen a generar mecanismos de colaboración y difusión de experiencias en torno a la gestión del cambio climático, ampliando el conocimiento y oportunidades de sus afiliados frente a la adaptación.	<b>Alto.</b> En tanto el sector empresarial debe concurrir en la implementación de medidas de adaptación y facilitar otras, el interés de ASOGRAVAS es alto y se ha manifestado con su participación en espacios convocados por el Minenergía y a la UPME en torno a proyectos relacionados con la implementación del PIGCCme.
Empresas productoras de agregados pétreos	Implementador	<b>Media.</b> Desde una perspectiva general, el escenario es heterogéneo a nivel nacional de manera que hay empresas que han incluido en su planeación la gestión del cambio climático, mientras que hay otras que aún no lo han contemplado. Asimismo, se presenta heterogeneidad en cuanto a la disponibilidad de recursos de diferente índole para implementar los procesos de adaptación.	<b>Alto.</b> Por ser un tema emergente hay varias empresas que aún no han incluido la adaptación al cambio climático en sus procesos de planeación; sin embargo, se reconoce la importancia de este tema para las operaciones del subsector de materiales de construcción.
Gobernaciones	Facilitador	<b>Media.</b> Como responsable de la ejecución y control de proyectos, tiene la capacidad de articular el tema de adaptación en su	<b>Medio.</b> En línea con los esfuerzos que se promueven a nivel nacional, es competencia de las

<sup>6</sup> DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT. [<https://www.giz.de/en/aboutgiz/profile.html>]. Bogotá: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit. [Consultado en 2021-02-15]. Disponible en: <https://www.giz.de/en/aboutgiz/40669.html>  
F-PRY-058  
Versión: 5  
14/02/2020



Nombre	Rol	Capacidad de acción	Interés frente al proceso de adaptación
		quehacer y liderar otras iniciativas que potencialmente se podrían ejercer en su territorio.	autoridades regionales formular e implementar los planes de adaptación territoriales para llevar el tema a las áreas de su jurisdicción, generar capacidades y lograr un papel más preponderante y activo en los departamentos.
Autoridades ambientales regionales (Corporaciones autónomas regionales, corporaciones para el desarrollo sostenible, autoridades ambientales urbanas)	Implementador	<p><b>Media.</b> Desde una perspectiva general, el escenario es heterogéneo a nivel nacional. Si bien existen entidades fortalecidas y que vienen adelantando gestiones en materia de cambio climático, en muchas ocasiones no cuentan con recursos, ni criterios técnicos para ejercer estas funciones.</p> <p>Esto tiene que ver con la injerencia política propia de la dinámica institucional, el constante cambio de personal, la falta de alineamiento con el MADS y una débil gestión del conocimiento.</p>	<p><b>Alto.</b> Las funciones atribuidas por la ley 99 del 1993 a las autoridades ambientales regionales no incluyen temas explícitos de cambio climático; sin embargo, en el quehacer de las CAR está considerando los riesgos asociados con el cambio climático en los POMCA y en los determinantes ambientales de los POT. En el caso de las autoridades ambientales urbanas, están encargadas de promover y ejecutar programas y políticas nacionales, regionales y sectoriales en relación con el medio ambiente y los recursos naturales renovables, lo que incluye la gestión del cambio climático.</p> <p>Adicionalmente, las autoridades ambientales regionales tienen participación en la formulación e implementación de los planes de adaptación territoriales.</p>
Administraciones municipales	Implementador	<p><b>Bajo.</b> Desde una perspectiva general, el escenario es heterogéneo a nivel nacional de manera que hay una baja proporción de municipios que cuentan con planes de adaptación al cambio climático<sup>7</sup>, mientras que</p>	<p><b>Medio.</b> En línea con los esfuerzos que se promueven a nivel nacional, es competencia de las administraciones municipales formular e implementar los planes de</p>

<sup>7</sup> MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. [<https://www.minambiente.gov.co/>]. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. [Consultado en 2021-02-15]. Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/index.php/gestion-territorial-F-PRY-058>  
Versión: 5  
14/02/2020



Nombre	Rol	Capacidad de acción	Interés frente al proceso de adaptación
		hay otros que aún no lo han contemplado. Asimismo, se presenta heterogeneidad en cuanto a la disponibilidad de recursos de diferente índole para implementar los procesos de adaptación.	adaptación territoriales para llevar el tema a las áreas de su jurisdicción, generar capacidades y lograr un papel más preponderante y activo en los municipios.
Nodos Regionales de Cambio Climático	Facilitador	<b>Media.</b> Son instancias interinstitucionales nacionales, regionales, departamentales, locales e interdisciplinarias de trabajo, cuyo objetivo es adelantar acciones de mitigación, adaptación y gestión del riesgo frente al cambio climático y la variabilidad climática, a escala regional <sup>8</sup> . Su capacidad de acción depende de las interrelaciones que puedan lograr para coordinar, concertar y garantizar la participación de instituciones y actores tanto públicos como privados, en instancias locales, regionales y nacionales que finalmente generen una gestión compartida.	<b>Media.</b> En tanto varias de las medidas de adaptación deben ser implementadas según las particularidades de los territorios y articuladas con las planificaciones regionales de cambio climático, los Nodos se convierten en referentes para el diálogo con las partes.
Consejos de Macrocuenas	Facilitador	<b>Baja.</b> Son instancias de participación para la gestión de las cuencas que sirven como espacio de consulta y participación activa en la elaboración de instrumentos de planificación territorial; por lo tanto, pueden tener incidencia en la formulación de medidas de adaptación que se ajusten tanto a la industria como al territorio. Sin embargo, este es un tema emergente que hasta ahora se está abordado, por lo que se requiere del fortalecimiento de la interlocución entre el sector privado y estas instancias para optimizar los esfuerzos de adaptación.	<b>Medio.</b> Las medidas de adaptación deben articularse con la planificación de cuencas y del territorio.

[de-cambio-climatico/aproximacion-a-territorio-planes-territoriales-de-cambio](https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=1695:plantilla-cambio-climatico-45)

climatico#:~:text=La%20Ley%201931%20de%202018,y%20de%20mitigaci%C3%B3n%20de%20emisiones

<sup>8</sup> MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. [https://www.minambiente.gov.co/]. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Consultado en 2021-02-15]. Disponible en:

<https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=1695:plantilla-cambio-climatico-45>



Nombre	Rol	Capacidad de acción	Interés frente al proceso de adaptación
Ciudadanía	Veedor	<b>Bajo.</b> La ciudadanía puede actuar como veedor de las actuaciones de la industria, y cuenta con varios espacios de participación; sin embargo, no toda la población hace uso de estos espacios.	<b>Medio.</b> Hay una proporción de la ciudadanía que se interesa por los temas ambientales y de cambio climático; en ese sentido, hacen seguimiento a la industria y promueven diálogos y actuaciones en torno a la defensa del medio ambiente.
Universidades	Facilitador	<b>Bajo.</b> Las universidades tienen la capacidad de generar proyectos de investigación en materia de cambio climático; sin embargo, para que su efecto sobre el proceso de adaptación sea efectivo deberían generar convenios que permitan articular las investigaciones con el PNACC y con los planes de adaptación territoriales.	<b>Bajo.</b> Potencialmente, los centros de estudios podrían promover proyectos de producción científica, y articular iniciativas con COLCIENCIAS en el marco de los convenios de los que dispone este ente.

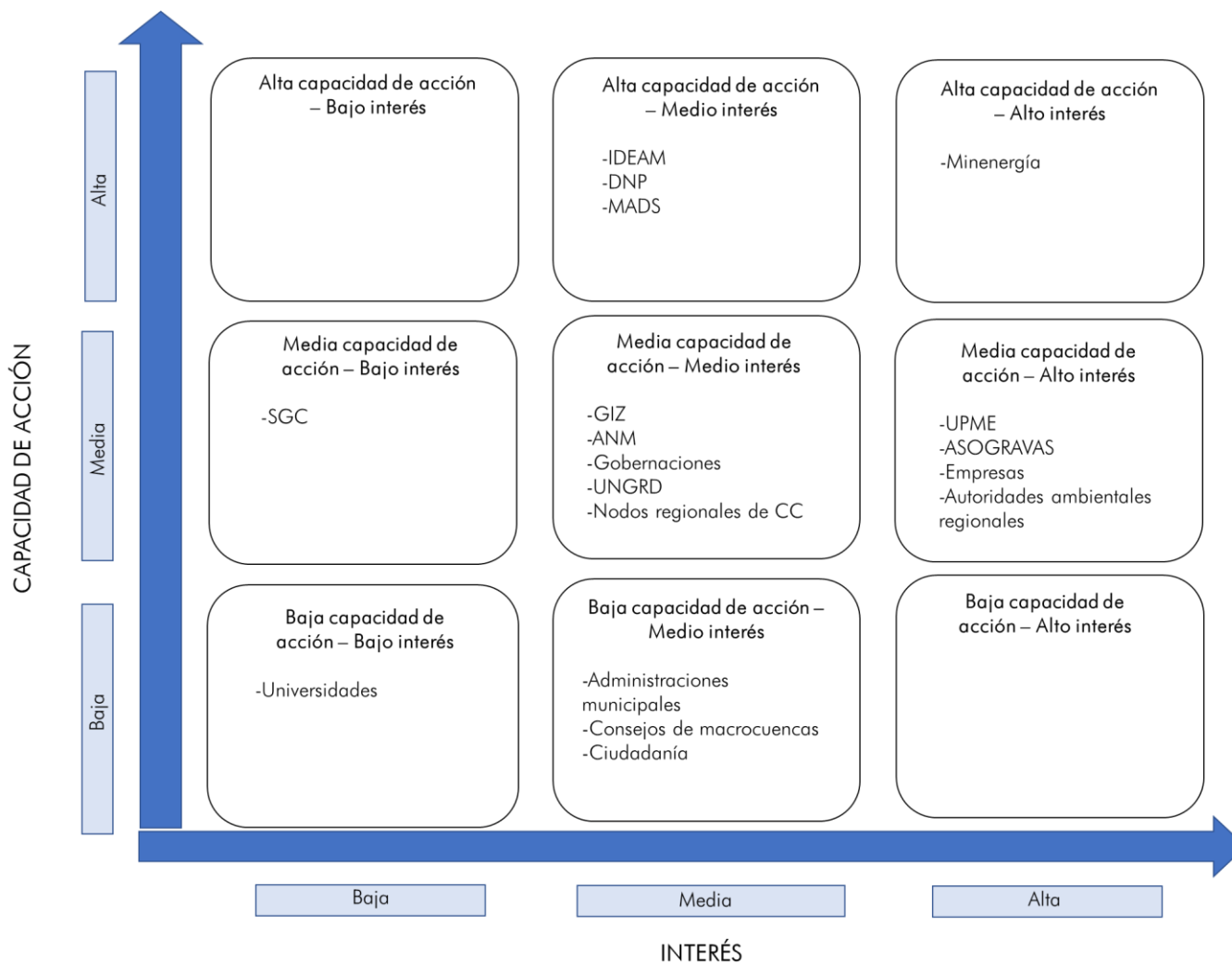
Fuente: INERCO Consultoría Colombia. Adaptada INERCO Consultoría Colombia, 2020

En el siguiente diagrama se representa una síntesis de la clasificación anterior.





Figura 1-1 Clasificación de los actores interesados



Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020





## 2. DEFINICIÓN Y EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD DEL SUBSECTOR DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA

De acuerdo con el Plan integral de gestión de cambio climático del sector minero energético (PIGCCme)<sup>9</sup>, el quinto informe de evaluación (AR5) del IPCC diferencia claramente los conceptos de vulnerabilidad y exposición permitiendo de esta manera valorar la vulnerabilidad de un sistema o conjunto de elementos, independiente de su ubicación y de los fenómenos a los cuales debe hacer frente. Así, dentro del esquema propuesto por el IPCC existe la posibilidad de valorar la vulnerabilidad del sistema minero teniendo en cuenta su sensibilidad y su capacidad de adaptación, componentes que permitirían caracterizar la vulnerabilidad del subsector de materiales de construcción ante eventos de cambios climático y variabilidad climática, independientemente de la localización y de los fenómenos amenazantes a los que puede exponerse.

Según lo anterior, la vulnerabilidad queda expresada en una relación entre dos variables principales: la sensibilidad y la capacidad adaptativa. La tercera comunicación nacional de cambio climático del IDEAM<sup>10</sup> también recomienda un enfoque de este tipo, orientado a la toma de decisiones para minimizar el riesgo por cambio climático<sup>11</sup>.

$$\text{Vulnerabilidad} = \text{Sensibilidad} / \text{Capacidad Adaptativa}$$

Para definir la vulnerabilidad del subsector de materiales de construcción ante el climático y la variabilidad climática, se retoma este concepto de vulnerabilidad y se definen indicadores de sensibilidad y capacidad de adaptación como se muestra a continuación.

Se destaca que el análisis se realiza para empresas formalizadas que cuentan con una estructura vigente, esto es, empresas que poseen título minero y licencia ambiental para el desarrollo de sus operaciones mineras.

### 2.1 Indicadores de Sensibilidad

Según lo establecido en el PIGCCme, la sensibilidad se entiende como la «susceptibilidad o predisposición del sistema amenazado a verse afectado». Teniendo en cuenta la aproximación estructural que guía el ejercicio y considerando que cualquier «sistema minero energético» es una

<sup>9</sup> UNIÓN TEMPORAL INERCO-UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Consultoría para la formulación de plan de gestión integral de cambio climático del sector minero energético, que responda a las obligaciones establecidas en el artículo 170 de la Ley 1753 de 2015: Anexo 1: Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad y riesgo del sector minero energético ante el cambio y la variabilidad climática. Bogotá D.C.: Unión temporal INERCO-Universidad Nacional de Colombia, 2018.

<sup>10</sup> COLOMBIA. INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM. Tercera Comunicación Nacional de Colombia a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Bogotá: IDEAM, 2017.

<sup>11</sup> UNIÓN TEMPORAL INERCO-UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Consultoría para la formulación de plan de gestión integral de cambio climático del sector minero energético, que responda a las obligaciones establecidas en el artículo 170 de la Ley 1753 de 2015: Anexo 1: Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad y riesgo del sector minero energético ante el cambio y la variabilidad climática. Bogotá D.C.: Unión temporal INERCO-Universidad Nacional de Colombia, 2018.



entidad estructurada y no un mero conjunto de entidades materiales susceptibles de verse amenazadas por eventos naturales, sino un conjunto de actividades económicas cuya lógica interna viene dada por la función de generación de valor que las caracteriza, su sensibilidad depende de sus condiciones y lógicas de funcionamiento como tal entidad antes que por sus fortalezas físicas.

Teniendo esto en consideración, se entiende que la susceptibilidad del sistema y de sus componentes a sufrir daños depende de su fortaleza o por el contrario de su debilidad como sistema económico. Por fortaleza del sistema se entiende básicamente estructuración, es decir, el sistema será tanto más fuerte como mejor estructurado se encuentre<sup>12</sup>.

De acuerdo con lo anterior, los indicadores de sensibilidad se han estructurado en tres aspectos que, se considera, permiten mensurar el nivel de estructuración del subsector materiales de construcción, estos aspectos son: estructura y organización empresarial, sensibilidad de la operación e infraestructura física. Los indicadores de sensibilidad establecidos para cada aspecto se presentan a continuación:

Tabla 2-1 Indicadores de sensibilidad

Aspecto	Indicador	Sentido
Estructura y organización empresarial	Existencia de área(s) o dependencia(s) encargada(s) de implementar los planes estratégicos de gestión ambiental de la empresa, que pueda abordar las temáticas de CC y VC.	La existencia de un área que se encargue de implementar los planes estratégicos ambientales de la empresa, incluyendo la gestión del CC y la VC, puede aumentar la posibilidad de que esa gestión sea exitosa, ya que contará con recursos dirigidos a la consecución de los objetivos relacionados con la gestión del clima cambiante.
	Existencia de un área que se encargue de la gestión de partes interesadas (comunidades, autoridades municipales, autoridades ambientales, etc.) que pueda abordar aspectos relacionados con el CC y VC.	Al existir un responsable al interior de las empresas que se encargue del relacionamiento con las diferentes partes interesadas, mantener una comunicación fluida y gestionar sus intereses, peticiones, reclamos, etc., se disminuye la posibilidad de que haya conflictos que involucren las actividades propias de la operación minera, haciéndola menos sensible. Este aspecto es relevante en cuanto a la gestión del CC y la VC, teniendo en cuenta que en ocasiones la comunidad u otros actores del área de influencia pueden responsabilizar a las empresas por los impactos que los eventos climáticos pueden ocasionar sobre el entorno y la comunidad.
Sensibilidad de la operación	Proporción de insumos para la operación minera cuya adquisición requiere transporte desde otros municipios/regiones.	En la medida en que se amplía la proporción de insumos y maquinaria que proviene de otras regiones y requieren transporte, más sensibles pueden ser las operaciones mineras teniendo en cuenta que la infraestructura vial puede afectarse por la ocurrencia de eventos de CC y VC.
	Existencia de sistemas de autogeneración de energía y/o autoabastecimiento de agua.	La posibilidad de contar con sistemas de autogeneración de energía y autoabastecimiento de agua reduce la sensibilidad del sistema minero al reducir la dependencia de recursos que pueden afectarse por la ocurrencia de eventos de CC y VC.

12 *Ibíd.*, p. 36  
F-PRY-058  
Versión: 5  
14/02/2020



Aspecto	Indicador	Sentido
	Afectación de las vías utilizadas por los proveedores y por la empresa para el proceso de transporte y comercialización de sus productos.	Aunque la infraestructura vial no es propiedad de las empresas, su afectación puede hacer que las operaciones mineras sean más sensibles ante la ocurrencia de eventos de CC y VC que ocasionan restricciones o interrupciones en el tránsito vehicular. De este modo, puede afectarse la cadena de suministro lo que podría implicar la interrupción de las operaciones y, de igual manera, puede afectarse el proceso de transporte de los productos comercializables.
Infraestructura física	Infraestructura y equipos asociados a la producción y al transporte (interno) que tiene una antigüedad mayor a la mitad de su vida útil.	La antigüedad de la infraestructura y equipos puede determinar la probabilidad que tienen de afectarse por la ocurrencia de eventos extremos de CC y VC. En la medida en que la infraestructura y los equipos son más antiguas, pueden ser más sensibles.

Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2021

## 2.2 Indicadores de capacidad de adaptación

De acuerdo con lo establecido en el PIGCCme, la capacidad de adaptación evidencia la capacidad de acción y reacción del sistema y se determina por medio del grado de disponibilidad de recursos de todo tipo, financieros, humanos, técnicos, etc. Esta es la capacidad del sector de reducir la vulnerabilidad, mejorar el tiempo de respuesta y aumentar el nivel o grado de evolución o de preparación frente a las necesidades resultantes de las amenazas del cambio climático y la variabilidad climática. En ese sentido, los indicadores deben representar su nivel o grado de evolución o desarrollo frente a las necesidades resultantes de las amenazas del cambio climático<sup>13</sup>.

Los indicadores de capacidad de adaptación para el análisis de subsector de materiales construcción se han estructurado en tres tipos de recursos: financieros, empresariales e institucionales. Los indicadores formulados para cada tipo de recurso se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 2-2 Indicadores de capacidad de adaptación

Recursos	Indicador	Sentido
Financieros	La empresa cuenta con un rubro asociado a atención de emergencias y desastres naturales.	La disponibilidad de recursos económicos permitirá a las empresas del subsector afrontar y recuperarse ante situaciones de emergencias asociadas a CC y VC.
Empresariales	Existencia de planes estratégicos que incluyen en la gestión ambiental empresarial, la gestión del cambio climático (CC) y la variabilidad climática (VC).	Considerar la gestión del CC y la VC desde la planeación estratégica de las empresas, posiciona esta temática como relevante para las operaciones mineras, y en ese sentido, hay una mayor posibilidad de que se formulen, implementen y se haga seguimiento de programas que contribuyan a fortalecer la capacidad de adaptación.

<sup>13</sup> Ibid., p. 37  
F-PRY-058  
Versión: 5  
14/02/2020



Recursos	Indicador	Sentido
	Incorporación de medidas para la gestión de eventos climáticos en instrumentos como el PTO y PMA.	<p>Considerar medidas y acciones para la gestión de eventos climáticos en instrumentos como el PTO y el PMA, puede garantizar en mayor medida la capacidad de adaptación de las operaciones mineras, ya que las medidas de estos instrumentos son de cumplimiento obligatorio.</p> <p>Se debe considerar que algunas medidas que las empresas implementan en el marco de una operación habitual, igualmente son medidas para la gestión de eventos climáticos como por ejemplo la construcción de obras para el control de inundaciones, el seguimiento de la dinámica de los cuerpos de agua del área de influencia, el seguimiento de las variables meteorológicas y de la calidad del aire, etc.</p>
	Disponibilidad y aplicación de análisis de riesgos y planes de emergencia que incluyen variables de CC y VC.	Los análisis de riesgos son la base para definir la hoja de ruta de las empresas frente a una emergencia, incluir en estos documentos las amenazas e impactos que pueden materializarse por la ocurrencia de eventos de CC y VC e incluir los resultados en la planificación de las dependencias, garantizaría en gran medida que las empresas están preparadas para afrontar estos eventos.
	Existencia e implementación de programas de capacitación en contingencias para toda la empresa que incluyan eventos de CC y VC (inundaciones, avenidas torrenciales, fenómenos de remoción en masa, etc.)	La capacitación del personal puede garantizar una mayor capacidad de respuesta ante la ocurrencia de eventos amenazantes.
	Existencia de sistemas de gestión ambiental (SGA) y de seguridad y salud en el trabajo (SST) que consideran gestión de cambio climático.	El considerar en los sistemas de gestión variables de CC y VC puede dar mayor preparación a las empresas para enfrentar eventos climáticos, ya que los sistemas de gestión no abordan solo obligaciones normativas sino también temas voluntarios que pueden robustecer dicha gestión. Así, por ejemplo, los sistemas de gestión de SST pueden abordar los eventos de CC y VC que pueden afectar a los trabajadores como las oleadas de calor, accidentes por remociones en masa, etc.
	Implementación y análisis de monitoreos hidroclimatológicos.	Mantener un registro actualizado de los datos que permiten conocer el comportamiento hidrometeorológico de la zona en la que se ubican las empresas, posibilita que la operación se ejecute con una visión preventiva. Asimismo, esta información puede ser insumo para los respectivos análisis de riesgos.
	Implementación y desarrollo de proyectos de investigación en cuanto a CC y VC.	La implementación y desarrollo de estos proyectos fortalece la capacidad de adaptación de las empresas.
	Afiliación a alguno de los gremios o asociaciones del subsector y participación en los espacios que estas ofrecen para tratar temas sociales, de ordenamiento territorial y ambientales incluyendo CC y VC.	Participar en los diferentes espacios que ofrecen los gremios o asociaciones del subsector de materiales de construcción permitirá que las empresas accedan a mecanismos de colaboración y difusión de experiencias en torno a la gestión del CC y la VC, ampliando su conocimiento y oportunidades frente a la adaptación.



Recursos	Indicador	Sentido
Institucionales	Articulación de planes de emergencia con los planes municipales de gestión de riesgo (PMGR).	La articulación de los planes de emergencia de las empresas con los planes municipales, puede garantizar una mayor capacidad de respuesta ante la ocurrencia de emergencias.
	Articulación de la gestión empresarial de cambio climático con los planes de gestión de cambio climático municipales o departamentales.	La articulación de la gestión empresarial de cambio climático con los trabajos que se estén desarrollando en la región en torno al CC y la VC pueden fortalecer la capacidad de adaptación de las operaciones mineras, ya que posibilitan la creación de mecanismos de colaboración, difusión de experiencias y trabajo conjunto en torno a la gestión del CC y la VC.

Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2021

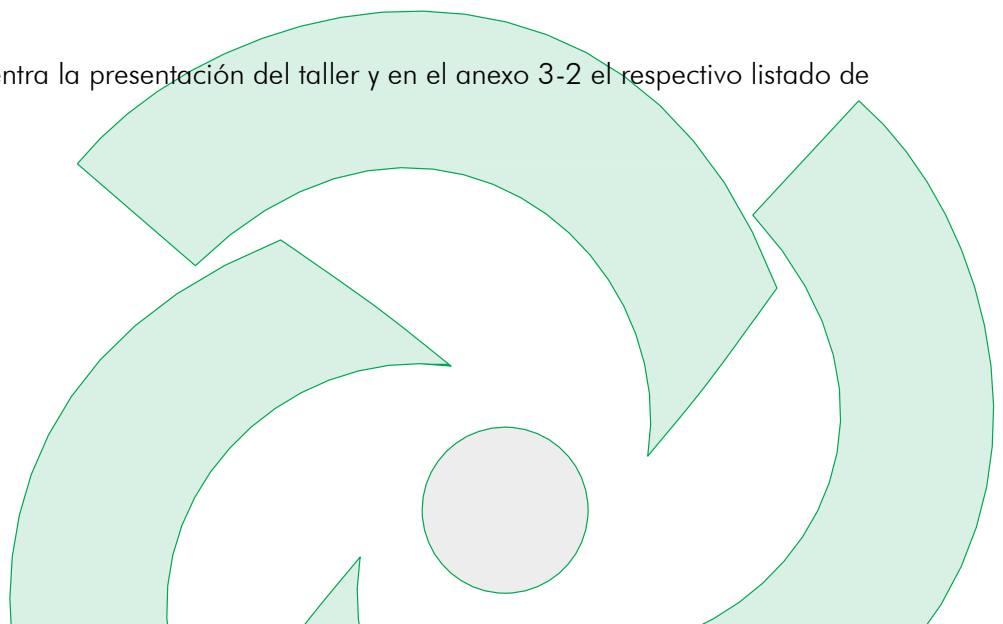
### 2.3 Taller virtual de validación de indicadores con actores del subsector de materiales de construcción.

El viernes 11 de diciembre de 2020 se llevó a cabo un taller de validación de los indicadores propuestos para determinar la vulnerabilidad del subsector de materiales de construcción ante el cambio climático y la variabilidad climática; en el taller participaron la UPME, el Ministerio de Minas y Energía, empresas y entidades que asistieron a las entrevistas virtuales desarrolladas en la primera etapa de la consultoría y la Asociación Colombiana de Productores de Agregados Pétreos – ASOGRAVAS.

Durante la sesión, se presentó la metodología que se está implementando para analizar el riesgo del subsector de materiales de construcción ante el cambio climático y la variabilidad climática, así como los resultados obtenidos con la consultoría.

En un segundo momento se realizó el taller de validación de los indicadores, inicialmente, se presentaron las definiciones de riesgo, probabilidad, vulnerabilidad, sensibilidad y capacidad de adaptación, posteriormente se presentaron los indicadores y se recibieron los comentarios y observaciones que los participantes del taller manifestaron respecto al sentido de los indicadores. Estos comentarios se recogieron mediante la grabación de la sesión y fueron utilizados como insumo para ajustar y obtener los indicadores finales que se presentaron en el ítem anterior (tabla 2-1 y tabla 2-2).

En el anexo 3-1 se encuentra la presentación del taller y en el anexo 3-2 el respectivo listado de asistencia.







## 2.4 Valoración de la vulnerabilidad del subsector de materiales de construcción ante el cambio climático y la variabilidad climática

### 2.4.1 Calificación de los indicadores de sensibilidad y capacidad de adaptación

Para valorar la vulnerabilidad del subsector de materiales de construcción basados en los indicadores de sensibilidad y capacidad de adaptación definidos anteriormente, se solicitó a las empresas que participaron en las entrevistas realizadas en la primera etapa de la consultoría (ver producto 1 «Diagnóstico de los componentes de la cadena de valor del subsistema de producción de materiales de construcción y de su entorno» anexo 1 -1) que calificaran estos indicadores de acuerdo con las condiciones de sus operaciones mineras y teniendo en cuenta los criterios que se presentan en la tabla 2-3 y la tabla 2-4.

Posteriormente, el equipo de expertos de la consultoría utilizó las calificaciones de las empresas y la información de las entrevistas como insumo principal para valorar la vulnerabilidad, asimismo tuvo en cuenta su conocimiento del proceso minero y de las condiciones de las áreas de estudio, de manera que la calificación final se definió con base en criterio de expertos.

De acuerdo con lo anterior, y teniendo en cuenta que este ejercicio se realizó para tres áreas piloto, el peso otorgado a cada uno de los indicadores y su calificación puede cambiar si se requiere para el desarrollo de otros ejercicios, por ejemplo para calificar la vulnerabilidad de todo el sector; para tal efecto, quedan disponibles las herramientas correspondientes: metodología para el análisis de riesgos establecida a lo largo de los capítulos establecidos como productos de la consultoría, y matrices de análisis completas y formuladas que se presentan en los anexos del capítulo 4.





Tabla 2-3 Criterios de calificación para los indicadores de sensibilidad

Aspecto	Indicador	Criterios de calificación
Estructura y organización empresarial	Existencia de área(s) o dependencia(s) encargada(s) de implementar los planes estratégicos de gestión ambiental de la empresa y que pueda abordar las temáticas de CC y VC.	<b>Si (0,1):</b> la empresa cuenta con área(s) o dependencia(s) encargada(s) de implementar los planes estratégicos de gestión ambiental, incluyendo las temáticas de CC y VC. <b>No (1):</b> la empresa no cuenta con área(s) o dependencia(s) encargada(s) de implementar los planes estratégicos de gestión ambiental, ni las temáticas de CC y VC.
	Existencia de un área que se encargue de la gestión de partes interesadas (comunidades, autoridades municipales, autoridades ambientales, etc.) que pueda abordar aspectos relacionados con el CC y VC.	<b>Si (0,1):</b> la empresa cuenta con un área encargada de la gestión de partes interesadas que puede abordar aspectos relacionados con CC y VC. <b>No (1):</b> la empresa no cuenta con un área encargada de la gestión de partes interesadas, o cuenta con ella, pero no puede abordar aspectos relacionados con CC y VC.
Sensibilidad de la operación	Proporción de insumos para la operación minera cuya adquisición requiere transporte desde otros municipios/regiones.	- <b>(0,1)</b> Del 10 % al 30 % de los insumos requeridos para la operación minera provienen de otros municipios o regiones. - <b>(0,5)</b> Del 31 % al 60 % de los insumos requeridos para la operación minera provienen de otros municipios o regiones. - <b>(1)</b> Del 61 % al 100 % de los insumos requeridos para la operación minera provienen de otros municipios o regiones.
	Existencia de sistemas de autogeneración de energía y/o autoabastecimiento de agua	<b>Si (0,1):</b> la empresa si cuenta con sistemas de autogeneración de energía y autoabastecimiento de agua. <b>Parcialmente (0,5):</b> la empresa cuenta con un sistema de autogeneración de energía o con un sistema de autoabastecimiento de agua. <b>No (1):</b> la empresa no cuenta con sistemas de autogeneración de energía ni de autoabastecimiento de agua.
	Afectación de las vías utilizadas por los proveedores y por la empresa para el proceso de transporte y comercialización de sus productos.	- <b>(0,1)</b> De 1 a 5 días del último año, las vías más utilizadas por la empresa y sus proveedores, presentaron interrupción del flujo vehicular. - <b>(0,5)</b> De 6 a 15 días del último año, las vías más utilizadas por la empresa y sus proveedores, presentaron interrupción del flujo vehicular. - <b>(1)</b> Más de 15 días del último año, las vías más utilizadas por la empresa y sus proveedores, presentaron interrupción del flujo vehicular.
Infraestructura física	Infraestructura y equipos asociados a la producción y al transporte (interno) que tiene una antigüedad mayor a la mitad de su vida útil.	- <b>(0,1)</b> Ninguna infraestructura o equipo tiene una antigüedad mayor a la mitad de su vida útil. - <b>(0,5)</b> Algunas de las infraestructuras o equipos tienen una antigüedad mayor a la mitad de su vida útil. - <b>(1)</b> Toda la infraestructura y equipos tienen una antigüedad mayor a la mitad de su vida útil.

Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2021



**Tabla 2-4** Criterios de calificación para los indicadores de capacidad de adaptación

Recursos	Indicador	Criterios de calificación
Financieros	La empresa cuenta con un rubro asociado a atención de emergencias y desastres naturales.	<b>Si (1):</b> la empresa cuenta con un rubro asociado a atención de emergencias y desastres naturales. <b>No (0,1):</b> la empresa no cuenta con un rubro asociado a atención de emergencias y desastres naturales.
Empresariales	Existencia de planes estratégicos que incluyen en la gestión ambiental empresarial, la gestión del cambio climático (CC) y la variabilidad climática (VC).	<b>Si (0,1):</b> dentro de la planeación estratégica se considera la gestión del CC y la VC con programas específicos definidos para ello. <b>Parcialmente (0,5):</b> dentro de la planeación estratégica se consideran lineamientos generales para la gestión del CC y la VC. <b>No (0,1):</b> dentro de la planeación estratégica no se considera la gestión del CC y la VC.
	Incorporación de medidas para la gestión de eventos climáticos en instrumentos como el PTO y PMA.	<b>Si (1):</b> tanto el PMA como el PTO de la empresa consideran medidas para gestionar eventos climáticos. <b>Parcialmente (0,5):</b> solo uno de los dos instrumentos (PMA/PTO) consideran medidas para gestionar eventos climáticos. <b>No (0,1):</b> ni el PMA ni el PTO de la empresa consideran medidas para gestionar eventos climáticos.
	Disponibilidad y aplicación de análisis de riesgos y planes de emergencia que incluyen variables de CC y VC.	<b>Si (1):</b> la empresa cuenta con análisis de riesgos que incluyen variables de CC y VC e igualmente ha formulado e implementa los planes de emergencia que incluyen estas variables. <b>Parcialmente (0,5):</b> la empresa cuenta con análisis de riesgos que incluyen variables de CC y VC e igualmente ha formulado los planes de emergencia que incluyen estas variables, pero no los implementa. <b>No (1):</b> la empresa no cuenta con análisis de riesgos que incluyen variables de CC y VC y tampoco ha formulado planes de emergencia que incluyen estas variables.
	Existencia e implementación de programas de capacitación en contingencias para toda la empresa que incluyan eventos de CC y VC (inundaciones, avenidas torrenciales, fenómenos de remoción en masa, etc.)	<b>Si (1):</b> la empresa implementa para todo el personal programas de capacitación en contingencias que incluyen eventos de CC y VC (inundaciones, avenidas torrenciales, fenómenos de remoción en masa, etc.) <b>No (0,1):</b> la empresa no implementa para todo el personal programas de capacitación en contingencias que incluyen eventos de CC y VC (inundaciones, avenidas torrenciales, fenómenos de remoción en masa, etc.)
	Existencia de sistemas de gestión ambiental (SGA) y de seguridad y salud en el trabajo (SST) que consideran gestión de cambio climático.	<b>Si (1):</b> tanto el SGA como el de SST de la empresa consideran la gestión del CC y la VC. <b>Parcialmente (0,5):</b> solo uno de los dos instrumentos (SGA/SST) consideran la gestión del CC y la VC. <b>No (0,1):</b> ni el SGA ni el SST de la empresa consideran la gestión del CC y la VC.
	Implementación y análisis de monitoreos hidroclimatológicos.	<b>Si (1):</b> la empresa realiza monitoreos hidroclimatológicos y utiliza los análisis de resultados en la planeación de las labores de operación. <b>Parcialmente (0,5):</b> la empresa realiza monitoreos hidroclimatológicos y análisis los resultados, pero, no los utiliza en la planeación de las labores de operación. <b>No (0,1):</b> La empresa no realiza monitoreos hidroclimatológicos.



	Implementación y desarrollo de proyectos de investigación en cuanto a CC y VC.	<p><b>Si (1):</b> la empresa ha formulado y desarrollado proyectos de investigación en cuanto a CC y VC.</p> <p><b>Parcialmente (0,5):</b> la empresa ha formulado proyectos de investigación en cuanto a CC y VC, pero aún no los ha implementado.</p> <p><b>No (0,1):</b> la empresa no ha formulado proyectos de investigación en cuanto a CC y VC.</p>
	Afiliación a alguno de los gremios o asociaciones del subsector y participación en los espacios que estas ofrecen para tratar temas sociales, de ordenamiento territorial y ambientales incluyendo CC y VC.	<p><b>Si (1):</b> la empresa pertenece a alguno de los gremios o asociaciones del subsector de materiales de construcción y participa en los espacios que esta(s) ofrece(n).</p> <p><b>No (0,1):</b> la empresa no pertenece a ningún gremio o asociación del subsector de materiales de construcción, o pertenece pero no participa en los espacios que esta(s) ofrece(n).</p>
Institucionales	Articulación de planes de emergencia con los planes municipales de gestión de riesgo (PMGR).	<p><b>Si (1):</b> los planes de emergencia de la empresa se encuentran articulados con los planes de emergencia municipales.</p> <p><b>No (0,1):</b> los planes de emergencia de la empresa no se encuentran articulados con los planes de emergencia municipales.</p>
	Articulación de la gestión empresarial de cambio climático con los planes de gestión de cambio climático municipales o departamentales.	<p><b>Si (1):</b> la gestión empresarial de cambio climático se encuentra articulada con los planes de gestión de cambio climático municipales o departamentales.</p> <p><b>No (0,1):</b> la gestión empresarial de cambio climático no se encuentra articulada con los planes de gestión de cambio climático municipales o departamentales.</p>

Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2021

## 2.4.2 Cálculo de los índices de sensibilidad y capacidad de adaptación

La valoración final de la vulnerabilidad se realizó a través de los índices de sensibilidad y capacidad de adaptación que se construyeron con base en las calificaciones de los respectivos indicadores.

Inicialmente, se otorgó un peso a cada uno de los aspectos y recursos en los que se clasifican los indicadores de sensibilidad y capacidad de adaptación respectivamente, de manera que la suma final sea 100% (tabla 2-5 y tabla 2-6).

**Tabla 2-5** Peso asignado a los aspectos en los que se clasifican los indicadores de sensibilidad

	Aspecto	Peso aspecto	Suma
Indicadores de sensibilidad	Estructura y organización empresarial	40%	100%
	Sensibilidad de la operación	40%	
	Infraestructura física	20%	

Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2021



**Tabla 2-6** Peso asignado a los recursos en los que se clasifican los indicadores de capacidad de adaptación

	Recursos	Peso recurso	Suma
Indicadores de capacidad de adaptación	Financieros	40%	100%
	Empresariales	45%	
	Institucionales	15%	

Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2021

Asimismo, para cada indicador se definió un peso de manera que la suma total de los pesos de los indicadores que hacen parte de cada aspecto, en el caso de los indicadores de sensibilidad, y de cada conjunto de recursos, en el caso de los indicadores de capacidad de adaptación, sumen 100% (tabla 2-7 y tabla 2-8).

Estos pesos se definieron con base en el criterio de los expertos que participaron en el desarrollo de la consultoría, no obstante, estas ponderaciones pueden tener variaciones en caso de que se requiera para realizar otros análisis. Para tal efecto, quedan disponibles las herramientas correspondientes: metodología para el análisis de riesgo establecida a lo largo de los productos de la consultoría y matrices de análisis completas y formuladas (anexos del capítulo 4).

**Tabla 2-7** Peso asignado a los indicadores de sensibilidad

	Aspecto	Peso aspecto	Indicador	Peso indicador	Suma
Indicadores de sensibilidad	Estructura y organización empresarial	40%	Existencia de área(s) o dependencia(s) encargada(s) de implementar los planes estratégicos de gestión ambiental de la empresa y que pueda abordar las temáticas de CC y VC.	60%	100%
			Disponibilidad de un área que se encargue de la gestión de partes interesadas (comunidades, autoridades municipales, autoridades ambientales, etc.) que pueda abordar aspectos relacionados con el CC y VC.	40%	
	Sensibilidad de la operación	40%	Proporción de insumos para la operación minera cuya adquisición requiere transporte desde otros municipios/regiones.	40%	100%
			Existencia de sistemas de autogeneración de energía y/o autoabastecimiento de agua.	15%	
			Afectación de las vías utilizadas por los proveedores y por la empresa para el proceso de transporte y comercialización de sus productos.	45%	
	Infraestructura física	20%	Infraestructura y equipos asociados a la producción y al transporte (interno) que tiene una antigüedad mayor a la mitad de su vida útil.	100%	100%

Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2021





**Tabla 2-8** Peso asignado a los indicadores de capacidad de adaptación

	Recursos	Peso recursos	Indicador	Peso indicador	Suma
Indicadores de capacidad de adaptación	Financieros	40%	La empresa cuenta con un rubro asociado a atención de emergencias y desastres naturales.	100%	100%
	Empresariales	45%	Existencia de planes estratégicos que incluyen en la gestión ambiental empresarial, la gestión del cambio climático (CC) y la variabilidad climática (VC).	20%	100%
			Incorporación de medidas para la gestión de eventos climáticos en instrumentos como el PTO y PMA.	15%	
			Disponibilidad y aplicación de análisis de riesgos y planes de emergencia que incluyen variables de CC y VC.	15%	
			Existencia e implementación de programas de capacitación en contingencias para toda la empresa que incluyan eventos de CC y VC (inundaciones, avenidas torrenciales, fenómenos de remoción en masa, etc.)	15%	
			Existencia de sistemas de gestión ambiental (SGA) y de seguridad y salud en el trabajo (SST) que consideran gestión de cambio climático.	15%	
			Implementación y análisis de monitoreos hidroclimatológicos.	5%	
			Implementación y desarrollo de proyectos de investigación en cuanto a CC y VC.	5%	
	Institucionales	15%	Articulación de planes de emergencia con los planes municipales de gestión de riesgo (PMGR).	50%	100%
			Articulación de la gestión empresarial de cambio climático con los planes de gestión de cambio climático municipales o departamentales.	50%	

Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2021





Los pesos definidos anteriormente se aplicaron a las calificaciones otorgadas a cada indicador y el índice, ya sea de sensibilidad o de capacidad de adaptación, se calculó mediante la suma de los resultados finales de los indicadores. En la tabla 2-9 y la tabla 2-10 se presenta un ejemplo para el índice de sensibilidad y uno para el índice de capacidad de adaptación respectivamente.

Tabla 2-9 Ejemplo cálculo índice de sensibilidad

Aspecto	Peso aspecto	Indicador	Peso indicador	Ejemplo calificación	Resultado final del indicador
Estructura y organización empresarial	40%	Existencia de área(s) o dependencia(s) encargada(s) de implementar los planes estratégicos de gestión ambiental de la empresa y que pueda abordar las temáticas de CC y VC.	60%	0,1	0,02
		Disponibilidad de un área que se encargue de la gestión de partes interesadas (comunidades, autoridades municipales, autoridades ambientales, etc.) que pueda abordar aspectos relacionados con el CC y VC.	40%	1	0,16
Sensibilidad de la operación	40%	Proporción de insumos para la operación minera cuya adquisición requiere transporte desde otros municipios/regiones.	30%	0,5	0,06
		Existencia de sistemas de autogeneración de energía y/o autoabastecimiento de agua.	30%	1	0,12
		Afectación de las vías utilizadas por los proveedores y por la empresa para el proceso de transporte y comercialización de sus productos.	40%	0,5	0,08
Infraestructura física	20%	Infraestructura y equipos asociados a la producción y al transporte (interno) que tiene una antigüedad mayor a la mitad de su vida útil.	100%	0,5	0,10
<b>ÍNDICE DE SENSIBILIDAD</b>					<b>0,54</b>

Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2021



Tabla 2-10 Ejemplo cálculo índice de capacidad de adaptación

Recursos	Peso recursos	Indicador	Peso indicador	Ejemplo calificación	Resultado final del indicador
Financieros	40%	La empresa cuenta con un rubro asociado a atención de emergencias y desastres naturales.	100%	1	0,35
Empresariales	45%	Existencia de planes estratégicos que incluyen en la gestión ambiental empresarial, la gestión del cambio climático (CC) y la variabilidad climática (VC).	20%	0,5	0,05
		Incorporación de medidas para la gestión de eventos climáticos en instrumentos como el PTO y PMA.	15%	1	0,07
		Disponibilidad y aplicación de análisis de riesgos y planes de emergencia que incluyen variables de CC y VC.	15%	1	0,07
		Existencia e implementación de programas de capacitación en contingencias para toda la empresa que incluyan eventos de CC y VC (inundaciones, avenidas torrenciales, fenómenos de remoción en masa, etc.)	15%	1	0,07
		Existencia de sistemas de gestión ambiental (SGA) y de seguridad y salud en el trabajo (SST) que consideran gestión de cambio climático.	15%	0,5	0,03
		Implementación y análisis de monitoreos hidroclimatológicos.	5%	0,1	0,002
		Implementación y desarrollo de proyectos de investigación en cuanto a CC y VC.	5%	0,5	0,01
		Afiliación a alguno de los gremios o asociaciones del subsector y participación en los espacios que estas ofrecen para tratar temas sociales, de ordenamiento territorial y ambientales incluyendo CC y VC.	10%	1	0,05
Institucionales	15%	Articulación de planes de emergencia con los planes municipales de gestión de riesgo (PMGR).	50%	0,1	0,01
		Articulación de la gestión empresarial de cambio climático con los planes de gestión de cambio climático municipales o departamentales.	50%	0,1	0,01
			<b>ÍNDICE DE CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN</b>		0,71

Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2021



### 2.4.3 Definición del nivel de vulnerabilidad

Finalmente, se utilizó la siguiente matriz de doble entrada para determinar el nivel de vulnerabilidad del subsector de materiales de construcción en cada una de las áreas de estudio (Acacías -Villavicencio, Cali – Yumbo y Girardota).

Tabla 2-11 Escala para determinar el nivel de vulnerabilidad

Índice de capacidad de adaptación		Índice de sensibilidad		
		Baja	Media	Alta
		0-0,1	0,11-0,6	0,61-1
Alta	1-0,9	Baja	Media	Media
Media	0,89 - 0,6	Baja	Media	Alta
Baja	0,59-0	Baja	Alta	Alta

Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2015

De acuerdo con el ejemplo presentado previamente en donde el índice de sensibilidad fue 0,54 y el de capacidad de adaptación 0,71, el nivel de vulnerabilidad del sistema minero es medio.

### 2.4.4 Resultados de la valoración de vulnerabilidad

A continuación, se presentan los resultados del análisis de vulnerabilidad de acuerdo con la calificación que las empresas Gravicon S.A., Cemex Colombia S.A (ubicadas en el área de estudio Acacías – Villavicencio), Industrial Conconcreto S.A.S., Procopal S.A. (ubicadas en Girardota) e Ingeocc S.A. (presente en el área de estudio Cali – Yumbo) dieron a los indicadores de sensibilidad y capacidad de adaptación, y asimismo con base en el criterio de los expertos que participaron en la consultoría. Las encuestas diligenciadas por parte de las empresas se presentan en el anexo 3-3.

#### 2.4.4.1 Acacías – Villavicencio

##### 2.4.4.1.1 Índice de sensibilidad

El índice de sensibilidad para el área de estudio Acacías Villavicencio es **medio**, como se presenta en la tabla 2-12 (ver anexo 3-4)<sup>14</sup>.

<sup>14</sup> Para establecer la calificación, el equipo de expertos de la consultoría utilizó las calificaciones de las empresas y la información de las entrevistas como insumo principal para valorar la vulnerabilidad, asimismo tuvo en cuenta su conocimiento del proceso minero y de las condiciones de las áreas de estudio, de manera que la calificación final se definió con base en criterio de expertos. De acuerdo con lo anterior, y teniendo en cuenta que este ejercicio se realizó para tres áreas piloto, los pesos y la calificación de los indicadores puede cambiar si se requiere para el desarrollo de otros ejercicios.



Tabla 2-12 Índice de sensibilidad Acacías - Villavicencio

Aspecto	Peso aspecto	Indicador	Peso indicador	Calificación	Resultado final del indicador
Estructura y organización empresarial	40%	Existencia de área(s) o dependencia(s) encargada(s) de implementar los planes estratégicos de gestión ambiental de la empresa y que pueda abordar las temáticas de CC y VC.	60%	0,1	0,02
		Disponibilidad de un área que se encargue de la gestión de partes interesadas (comunidades, autoridades municipales, autoridades ambientales, etc.) que pueda abordar aspectos relacionados con el CC y VC.	40%	0,1	0,02
Sensibilidad de la operación	40%	Proporción de insumos para la operación minera cuya adquisición requiere transporte desde otros municipios/regiones.	30%	0,5	0,06
		Existencia de sistemas de autogeneración de energía y/o autoabastecimiento de agua.	30%	0,5	0,06
		Afectación de las vías utilizadas por los proveedores y por la empresa para el proceso de transporte y comercialización de sus productos.	40%	1	0,16
Infraestructura física	20%	Infraestructura y equipos asociados a la producción y al transporte (interno) que tiene una antigüedad mayor a la mitad de su vida útil.	100%	0,5	0,10
<b>ÍNDICE DE SENSIBILIDAD</b>					<b>0,42 Medio</b>

Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020

#### 2.4.4.1.2 Índice de capacidad de adaptación

El índice de capacidad de adaptación para el área de estudio Acacías Villavicencio es **bajo**, como se presenta en la tabla 2-13<sup>15</sup>.

<sup>15</sup> Para establecer la calificación, el equipo de expertos de la consultoría utilizó las calificaciones de las empresas y la información de las entrevistas como insumo principal para valorar la vulnerabilidad, asimismo tuvo en cuenta su conocimiento del proceso minero y de las condiciones de las áreas de estudio, de manera que la calificación final se definió con base en criterio de expertos. De acuerdo con lo anterior, y teniendo en cuenta que este ejercicio se realizó para tres áreas piloto, los pesos y la calificación de los indicadores puede cambiar si se requiere para el desarrollo de otros ejercicios.





**Tabla 2-13** Índice de capacidad de adaptación Acacias - Villavicencio

Recursos	Peso recursos	Indicador	Peso indicador	Calificación	Resultado final del indicador
Financieros	40%	La empresa cuenta con un rubro asociado a atención de emergencias y desastres naturales.	100%	0,1	0,04
Empresariales	45%	Existencia de planes estratégicos que incluyen en la gestión ambiental empresarial, la gestión del cambio climático (CC) y la variabilidad climática (VC).	20%	0,5	0,05
		Incorporación de medidas para la gestión de eventos climáticos en instrumentos como el PTO y PMA.	15%	0,5	0,03
		Disponibilidad y aplicación de análisis de riesgos y planes de emergencia que incluyen variables de CC y VC.	15%	0,5	0,03
		Existencia e implementación de programas de capacitación en contingencias para toda la empresa que incluyan eventos de CC y VC (inundaciones, avenidas torrenciales, fenómenos de remoción en masa, etc.)	15%	0,5	0,03
		Existencia de sistemas de gestión ambiental (SGA) y de seguridad y salud en el trabajo (SST) que consideran gestión de cambio climático.	15%	0,5	0,03
		Implementación y análisis de monitoreos hidroclimatológicos.	5%	0,5	0,01
		Implementación y desarrollo de proyectos de investigación en cuanto a CC y VC.	5%	0,5	0,01
		Afiliación a alguno de los gremios o asociaciones del subsector y participación en los espacios que estas ofrecen para tratar temas sociales, de ordenamiento territorial y ambientales incluyendo CC y VC.	10%	1	0,05
Institucionales	15%	Articulación de planes de emergencia con los planes municipales de gestión de riesgo (PMGR).	50%	0,5	0,04
		Articulación de la gestión empresarial de cambio climático con los planes de gestión de cambio climático municipales o departamentales.	50%	0,5	0,04
<b>ÍNDICE DE CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN</b>					<b>0,36 Bajo</b>

Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020

De acuerdo con lo anterior, el nivel de vulnerabilidad para el área de estudio Acacias Villavicencio es **alto**



## 2.4.4.2 Cali – Yumbo

### 2.4.4.2.1 Índice de sensibilidad

El índice de sensibilidad para el área de estudio Cali - Yumbo es **medio**, como se presenta en la tabla 2-14 (ver anexo 3-5)<sup>16</sup>.

Tabla 2-14 Índice de sensibilidad Cali - Yumbo

Aspecto	Peso aspecto	Indicador	Peso indicador	Calificación	Resultado final del indicador
Estructura y organización empresarial	40%	Existencia de área(s) o dependencia(s) encargada(s) de implementar los planes estratégicos de gestión ambiental de la empresa y que pueda abordar las temáticas de CC y VC.	60%	0,1	0,02
		Disponibilidad de un área que se encargue de la gestión de partes interesadas (comunidades, autoridades municipales, autoridades ambientales, etc.) que pueda abordar aspectos relacionados con el CC y VC.	40%	0,1	0,02
Sensibilidad de la operación	40%	Proporción de insumos para la operación minera cuya adquisición requiere transporte desde otros municipios/regiones.	30%	0,1	0,01
		Existencia de sistemas de autogeneración de energía y/o autoabastecimiento de agua.	30%	0,5	0,06
		Afectación de las vías utilizadas por los proveedores y por la empresa para el proceso de transporte y comercialización de sus productos.	40%	0,1	0,02
Infraestructura física	20%	Infraestructura y equipos asociados a la producción y al transporte (interno) que tiene una antigüedad mayor a la mitad de su vida útil.	100%	0,5	0,10
<b>ÍNDICE DE SENSIBILIDAD</b>					<b>0,23 Medio</b>

Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020

<sup>16</sup> Para establecer la calificación, el equipo de expertos de la consultoría utilizó las calificaciones de las empresas y la información de las entrevistas como insumo principal para valorar la vulnerabilidad, asimismo tuvo en cuenta su conocimiento del proceso minero y de las condiciones de las áreas de estudio, de manera que la calificación final se definió con base en criterio de expertos. De acuerdo con lo anterior, y teniendo en cuenta que este ejercicio se realizó para tres áreas piloto, los pesos y la calificación de los indicadores puede cambiar si se requiere para el desarrollo de otros ejercicios.



#### 2.4.4.2.2 Índice de capacidad de adaptación

El índice de capacidad de adaptación para el área de estudio Cali - Yumbo es **bajo**, como se presenta en la tabla 2-15<sup>17</sup>.

Tabla 2-15 Índice de capacidad de adaptación Cali - Yumbo

Recursos	Peso recursos	Indicador	Peso indicador	Calificación	Resultado final del indicador
Financieros	40%	La empresa cuenta con un rubro asociado a atención de emergencias y desastres naturales.	100%	0,1	0,04
Empresariales	45%	Existencia de planes estratégicos que incluyen en la gestión ambiental empresarial, la gestión del cambio climático (CC) y la variabilidad climática (VC).	20%	0,1	0,01
		Incorporación de medidas para la gestión de eventos climáticos en instrumentos como el PTO y PMA.	15%	0,5	0,03
		Disponibilidad y aplicación de análisis de riesgos y planes de emergencia que incluyen variables de CC y VC.	15%	0,1	0,01
		Existencia e implementación de programas de capacitación en contingencias para toda la empresa que incluyan eventos de CC y VC (inundaciones, avenidas torrenciales, fenómenos de remoción en masa, etc.)	15%	0,1	0,01
		Existencia de sistemas de gestión ambiental (SGA) y de seguridad y salud en el trabajo (SST) que consideran gestión de cambio climático.	15%	0,5	0,03
		Implementación y análisis de monitoreos hidroclimatológicos.	5%	0,1	0,002
		Implementación y desarrollo de proyectos de investigación en cuanto a CC y VC.	5%	0,1	0,002

<sup>17</sup> Para establecer la calificación, el equipo de expertos de la consultoría utilizó las calificaciones de las empresas y la información de las entrevistas como insumo principal para valorar la vulnerabilidad, asimismo tuvo en cuenta su conocimiento del proceso minero y de las condiciones de las áreas de estudio, de manera que la calificación final se definió con base en criterio de expertos. De acuerdo con lo anterior, y teniendo en cuenta que este ejercicio se realizó para tres áreas piloto, los pesos y la calificación de los indicadores puede cambiar si se requiere para el desarrollo de otros ejercicios.



Recursos	Peso recursos	Indicador	Peso indicador	Calificación	Resultado final del indicador
		Afiliación a alguno de los gremios o asociaciones del subsector y participación en los espacios que estas ofrecen para tratar temas sociales, de ordenamiento territorial y ambientales incluyendo CC y VC.	10%	0,1	0,005
Institucionales	15%	Articulación de planes de emergencia con los planes municipales de gestión de riesgo (PMGR).	50%	1	0,08
		Articulación de la gestión empresarial de cambio climático con los planes de gestión de cambio climático municipales o departamentales.	50%	0,1	0,01
<b>ÍNDICE DE CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN</b>					<b>0,22 Bajo</b>

Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020

De acuerdo con lo anterior, el nivel de vulnerabilidad para el área de estudio Cali - Yumbo es **alto**.

### 2.4.4.3 Girardota

#### 2.4.4.3.1 Índice de sensibilidad

El índice de sensibilidad para el área de estudio Girardota es **medio**, como se presenta en la tabla 2-16 (ver anexo 3-6)<sup>18</sup>.

Tabla 2-16 Índice de sensibilidad Girardota

Aspecto	Peso aspecto	Indicador	Peso indicador	Calificación	Resultado final del indicador
Estructura y organización empresarial	40%	Existencia de área(s) o dependencia(s) encargada(s) de implementar los planes estratégicos de gestión ambiental de la empresa y que pueda abordar las temáticas de CC y VC.	60%	0,1	0,02

<sup>18</sup> Para establecer la calificación, el equipo de expertos de la consultoría utilizó las calificaciones de las empresas y la información de las entrevistas como insumo principal para valorar la vulnerabilidad, asimismo tuvo en cuenta su conocimiento del proceso minero y de las condiciones de las áreas de estudio, de manera que la calificación final se definió con base en criterio de expertos. De acuerdo con lo anterior, y teniendo en cuenta que este ejercicio se realizó para tres áreas piloto, los pesos y la calificación de los indicadores puede cambiar si se requiere para el desarrollo de otros ejercicios.



Aspecto	Peso aspecto	Indicador	Peso indicador	Calificación	Resultado final del indicador
		Disponibilidad de un área que se encargue de la gestión de partes interesadas (comunidades, autoridades municipales, autoridades ambientales, etc.) que pueda abordar aspectos relacionados con el CC y VC.	40%	0,1	0,02
Sensibilidad de la operación	40%	Proporción de insumos para la operación minera cuya adquisición requiere transporte desde otros municipios/regiones.	30%	1	0,12
		Existencia de sistemas de autogeneración de energía y/o autoabastecimiento de agua.	30%	0,5	0,06
		Afectación de las vías utilizadas por los proveedores y por la empresa para el proceso de transporte y comercialización de sus productos.	40%	0,1	0,02
Infraestructura física	20%	Infraestructura y equipos asociados a la producción y al transporte (interno) que tiene una antigüedad mayor a la mitad de su vida útil.	100%	0,5	0,10
<b>ÍNDICE DE SENSIBILIDAD</b>					<b>0,34 Medio</b>

Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020

#### 2.4.4.3.2 Índice de capacidad de adaptación

El índice de capacidad de adaptación para el área de estudio Girardota es **bajo**, como se presenta en la tabla 2-17<sup>19</sup>.

Tabla 2-17 Índice de capacidad de adaptación Acacías - Villavicencio

Recursos	Peso recursos	Indicador	Peso indicador	Calificación	Resultado final del indicador
Financieros	40%	La empresa cuenta con un rubro asociado a atención de emergencias y desastres naturales.	100%	0,1	0,04
Empresariales	45%	Existencia de planes estratégicos que incluyen en la gestión ambiental empresarial, la gestión del cambio climático (CC) y la variabilidad climática (VC).	20%	0,1	0,01

<sup>19</sup> Para establecer la calificación, el equipo de expertos de la consultoría utilizó las calificaciones de las empresas y la información de las entrevistas como insumo principal para valorar la vulnerabilidad, asimismo tuvo en cuenta su conocimiento del proceso minero y de las condiciones de las áreas de estudio, de manera que la calificación final se definió con base en criterio de expertos. De acuerdo con lo anterior, y teniendo en cuenta que este ejercicio se realizó para tres áreas piloto, los pesos y la calificación de los indicadores puede cambiar si se requiere para el desarrollo de otros ejercicios.





Recursos	Peso recursos	Indicador	Peso indicador	Calificación	Resultado final del indicador
		Incorporación de medidas para la gestión de eventos climáticos en instrumentos como el PTO y PMA.	15%	0,5	0,03
		Disponibilidad y aplicación de análisis de riesgos y planes de emergencia que incluyen variables de CC y VC.	15%	0,1	0,01
		Existencia e implementación de programas de capacitación en contingencias para toda la empresa que incluyan eventos de CC y VC (inundaciones, avenidas torrenciales, fenómenos de remoción en masa, etc.)	15%	0,1	0,01
		Existencia de sistemas de gestión ambiental (SGA) y de seguridad y salud en el trabajo (SST) que consideran gestión de cambio climático.	15%	0,5	0,03
		Implementación y análisis de monitoreos hidroclimatológicos.	5%	0,1	0,002
		Implementación y desarrollo de proyectos de investigación en cuanto a CC y VC.	5%	0,1	0,002
		Afiliación a alguno de los gremios o asociaciones del subsector y participación en los espacios que estas ofrecen para tratar temas sociales, de ordenamiento territorial y ambientales incluyendo CC y VC.	10%	1	0,05
Institucionales	15%	Articulación de planes de emergencia con los planes municipales de gestión de riesgo (PMGR).	50%	0,1	0,01
		Articulación de la gestión empresarial de cambio climático con los planes de gestión de cambio climático municipales o departamentales.	50%	0,1	0,01
<b>ÍNDICE DE CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN</b>					<b>0,19 Bajo</b>

Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020

De acuerdo con lo anterior, el nivel de vulnerabilidad para el área de estudio Girardota es alto.



### 3. DEFINICIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE POSIBLES IMPACTOS DERIVADOS DE CAMBIOS DE PATRONES CLIMÁTICOS Y OCURRENCIA DE EVENTOS CLIMÁTICOS RECURRENTES

Las amenazas que suponen los subeventos del cambio climático y la variabilidad climática constituyen potenciales impactos sobre la actividad minera del subsector de materiales de construcción. Los impactos, entendidos como las consecuencias de los fenómenos amenazantes, no ocurren de forma individual ni responden a relaciones unidireccionales, por regla general, suelen presentarse como una cascada de efectos negativos que altera el desarrollo de diferentes actividades, por ejemplo, el cierre de las vías de acceso por efecto de un fenómeno de remoción en masa puede conllevar la interrupción en la cadena de suministros y comercialización (despachos), costos adicionales por reparación y aumento en el estrés del personal, entre otros<sup>20</sup>.

Los efectos producidos por eventos extremos no siempre son fáciles de determinar y con el tiempo pueden interactuar entre sí, originando eventos complejos de segundo orden con mayor grado de dificultad en anticipación y gestión, en especial en ausencia de experiencia, previsión y conocimiento del contexto local. Un ejemplo de estos impactos secundarios puede ser la afectación al personal de las minas y sus entornos por vectores alóctonos debido al incremento en la temperatura<sup>21</sup>.

En el caso de las tres áreas que se analizan en el marco de esta consultoría (Acacías – Villavicencio, Cali -Yumbo y Girardota), la identificación de los principales impactos que se pueden materializar y afectar las operaciones mineras se basó en el análisis de amenazas directas e indirectas a las que se exponen los diferentes componentes de la cadena de valor del subsector de materiales de construcción. Dicho análisis incluye los eventos de cambio climático que se prevén para las áreas de estudio de acuerdo con la TCNCC<sup>22</sup> del IDEAM (variaciones de la precipitación y la temperatura) y las estimaciones que igualmente ha desarrollado esta entidad relacionadas con el comportamiento de la temperatura y la precipitación ante eventos de variabilidad climática como El Niño y La Niña<sup>23</sup>. Asimismo, incluye los subeventos (inundaciones, avenidas torrenciales, fenómenos de remoción en masa, sequías, olas de calor e incendios forestales) que se pueden desencadenar por la ocurrencia de los eventos de cambio climático y variabilidad climática mencionados, y como estos subeventos tienen la posibilidad de impactar directa o indirectamente las operaciones mineras.

<sup>20</sup> INERCO CONSULTORÍA COLOMBIA. Implementación del mapa de ruta para la adaptación del sector energético al cambio climático (incluyendo el uso de la herramienta de servicios ecosistémicos) e identificación de factores de vulnerabilidad del sector minero y líneas gruesas de medidas de adaptación. Metodología para estimar la vulnerabilidad y los riesgos al cambio climático para los tipos de minería analizados. Bogotá. 2015. p. 60.

<sup>21</sup> Ibíd.

<sup>22</sup> COLOMBIA. INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM. Tercera Comunicación Nacional de Colombia a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Bogotá: IDEAM, 2017.

<sup>23</sup> COLOMBIA. INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM. Actualización del componente Meteorológico del modelo institucional del IDEAM sobre el efecto climático de los fenómenos El Niño y La Niña en Colombia, como insumo para el Atlas Climatológico. Bogotá: IDEAM, 2014.



De acuerdo con lo anterior, la definición de los posibles impactos derivados del cambio climático y la variabilidad climática así como la relación que puede existir entre estos posibles impactos (directos/indirectos) y la ocurrencia de eventos y subeventos climáticos se concreta en el análisis de amenazas del producto 2 («Análisis de amenazas directas e indirectas por cambios en patrones climáticos y por eventos climáticos recurrentes con énfasis en las áreas de interés priorizadas para la cadena de valor de materiales de construcción» (capítulo 3 anexos 2 – 1, 2 – 2 y 2 – 3). A continuación, se presenta una síntesis de esta información:





Tabla 3-1 Impactos derivados del cambio climático y la variabilidad climática y relación con la ocurrencia de eventos y subeventos climáticos

Evento	Aumento de la precipitación			Disminución de la precipitación/Aumento de la temperatura	
Subevento	Inundaciones	Avenidas torrenciales	Remoción en masa	Sequía	Incendios forestales
Impactos en la accidentalidad y la salud de la fuerza laboral	-La ocurrencia de inundaciones puede <b>causar accidentes que afecten a los trabajadores.</b>	-La ocurrencia de avenidas torrenciales puede <b>causar accidentes que afecten a los trabajadores.</b>	-La ocurrencia de fenómenos de remoción en masa puede <b>causar accidentes que afecten a los trabajadores.</b>	-La ocurrencia de periodos prologados de sequía puede incrementar las emisiones de material particulado y esto puede <b>afectar la salud de los trabajadores.</b>	
Impactos en infraestructuras	-La ocurrencia de inundaciones puede <b>afectar las vías internas</b> e impactar los procesos de transporte al interior de las minas, sus áreas productivas y de apoyo.  -La ocurrencia de inundaciones puede <b>afectar las áreas de explotación y la infraestructura</b> que se ubica en los diferentes títulos mineros.	-La ocurrencia de avenidas torrenciales puede <b>afectar las vías internas</b> e impactar los procesos de transporte al interior de las minas, sus áreas productivas y de apoyo.  -La ocurrencia de avenidas torrenciales puede <b>afectar las áreas de explotación y la infraestructura</b> que se ubica en los diferentes títulos mineros.	-La ocurrencia de fenómenos de remoción en masa puede <b>afectar las vías internas</b> e impactar los procesos de transporte al interior de las minas, sus áreas productivas y de apoyo.  -La ocurrencia de fenómenos de remoción en masa puede <b>afectar las áreas de explotación y la infraestructura</b> que se ubica en los diferentes títulos mineros.		-La ocurrencia de incendios forestales puede <b>afectar la infraestructura</b> que se ubica en los títulos mineros.
Impactos en la cadena de suministros	La ocurrencia de inundaciones puede afectar la infraestructura vial y en consecuencia se <b>interrumpiría el acceso a suministros básicos y específicos</b> para la ejecución habitual de las actividades productivas y de apoyo. Adicionalmente, se puede afectar la infraestructura de suministro de combustible, lo que afectaría el acceso de las empresas a este recurso.	La ocurrencia de avenidas torrenciales puede afectar la infraestructura vial y en consecuencia se <b>interrumpiría el acceso a suministros básicos y específicos</b> para la ejecución habitual de las actividades productivas y de apoyo. Adicionalmente, se puede afectar la infraestructura de suministro de combustible, lo que	La ocurrencia de fenómenos de remoción en masa puede afectar la infraestructura vial y en consecuencia se <b>interrumpiría el acceso a suministros básicos y específicos</b> para la ejecución habitual de las actividades productivas y de apoyo.	-La ocurrencia de periodos prologados de sequía puede incrementar las emisiones de material particulado y en consecuencia la calidad del aire se puede afectar. Esta situación implica que las autoridades competentes restrinjan la movilidad en algunas vías que se ubican en las áreas afectadas y esto <b>interrumpiría el acceso a suministros básicos y específicos</b> para la ejecución habitual de las	



Evento	Aumento de la precipitación			Disminución de la precipitación/Aumento de la temperatura	
Subevento	Inundaciones	Avenidas torrenciales	Remoción en masa	Sequía	Incendios forestales
		afectaría el acceso de las empresas a este recurso.		actividades productivas y de apoyo. Adicionalmente, se puede afectar la infraestructura de suministro de combustible, lo que afectaría el acceso de las empresas a este recurso.	
<b>Impactos en las actividades productivas, transporte y comercialización</b>	<p>-La ocurrencia de inundaciones podría afectar directamente las áreas de los componentes extractivo, almacenamiento temporal y beneficio y, en ese sentido, se podrían <b>suspender temporalmente las actividades productivas</b> que se desarrollan allí.</p> <p>-Según lo anterior, la ocurrencia de inundaciones podría afectar directamente las actividades productivas, lo que <b>reduciría el volumen de material disponible para comercializar</b>; en ese sentido, se podría afectar el componente de transporte y comercialización.</p> <p>-La ocurrencia de inundaciones podría afectar la infraestructura vial y, por lo tanto, se puede <b>afectar el transporte y comercialización de los productos vendibles</b>.</p>	<p>-La ocurrencia de avenidas torrenciales podría afectar directamente las áreas de los componentes extractivo, almacenamiento temporal y beneficio y, en ese sentido, se podrían <b>suspender temporalmente las actividades productivas</b> que se desarrollan allí.</p> <p>-Según lo anterior, la ocurrencia de avenidas torrenciales podría afectar directamente las actividades productivas lo que <b>reduciría el volumen de material disponible para comercializar</b>; en ese sentido, se podría afectar el componente de transporte y comercialización.</p> <p>-La ocurrencia de avenidas torrenciales podría afectar la infraestructura vial y, por lo tanto, se puede <b>afectar el transporte y comercialización de los productos vendibles</b>.</p>	<p>-La ocurrencia de fenómenos de remoción en masa podría afectar directamente las áreas de los componentes extractivo, almacenamiento temporal y beneficio y, en ese sentido, se podrían <b>suspender temporalmente las actividades productivas</b> que se desarrollan allí.</p> <p>-Según lo anterior, la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa podría afectar directamente las actividades productivas lo que <b>reduciría el volumen de material disponible para comercializar</b>; en ese sentido, se podría afectar el componente de transporte y comercialización.</p> <p>-La ocurrencia de fenómenos de remoción en masa podría afectar la infraestructura vial y, por lo tanto, se puede <b>afectar el transporte y comercialización de los productos vendibles</b>.</p>	<p>-La ocurrencia de periodos prolongados de sequía puede implicar la <b>suspensión temporal de las labores de los componentes extractivo, de almacenamiento temporal y de beneficio</b> para garantizar el cumplimiento de la normativa ambiental.</p> <p>-Según lo anterior, la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa podría afectar directamente las actividades productivas lo que <b>reduciría el volumen de material disponible para comercializar</b>; en ese sentido, se podrían afectar los componentes de transporte y comercialización.</p> <p>-La ocurrencia de periodos prolongados de sequía puede incrementar las emisiones de material particulado y en consecuencia la calidad del aire se puede afectar. Esta situación implica que las autoridades competentes restrinjan la movilidad en algunas vías que se ubican en las áreas afectadas y esto puede <b>afectar el transporte y comercialización de los productos vendibles</b>.</p>	





Evento	Aumento de la precipitación			Disminución de la precipitación/Aumento de la temperatura	
Subevento	Inundaciones	Avenidas torrenciales	Remoción en masa	Sequía	Incendios forestales
Impactos en las obligaciones legales y de gestión ambiental	-La ocurrencia de inundaciones puede <b>afectar la continuidad y la ejecución de las medidas de cierre.</b>	-La ocurrencia de avenidas torrenciales puede <b>afectar la continuidad y la ejecución de las medidas de cierre.</b>	-La ocurrencia de fenómenos de remoción en masa puede <b>afectar la continuidad y la ejecución de las medidas de cierre.</b>	-La ocurrencia de periodos prologados de sequía puede incrementar las emisiones de material particulado y esto puede implicar <b>incumplimientos de la normativa ambiental</b> relacionada con calidad de aire.	-La ocurrencia de incendios forestales puede <b>afectar la continuidad y la ejecución de las medidas de cierre.</b>
	-La ocurrencia de inundaciones por incremento de la precipitación puede alterar la infraestructura vial lo que afecta directamente el componente de la cadena de suministro. Esta afectación puede representar la <b>suspensión de actividades de gestión ambiental</b> por falta de insumos, personal contratista, etc.	-La ocurrencia de avenidas torrenciales por incremento de la precipitación puede alterar la infraestructura vial, lo que afecta directamente el componente de la cadena de suministro. Esta afectación puede representar la <b>suspensión de actividades de gestión ambiental</b> por falta de insumos, personal contratista, etc.	-La ocurrencia de fenómenos de remoción en masa por incremento de la precipitación puede alterar la infraestructura vial lo que afecta directamente el componente de la cadena de suministro. Esta afectación puede representar la <b>suspensión de actividades de gestión ambiental</b> por falta de insumos, personal contratista, etc.	-La ocurrencia de periodos prologados de sequía puede <b>afectar la continuidad y la ejecución de las medidas de cierre.</b>	
Impactos financieros	-La ocurrencia de inundaciones puede causar accidentes y esto puede <b>incrementar los costos</b> de las empresas por cubrimiento de incapacidades y demandas laborales, reentrenamientos y demás costos asociados al personal que se pueda afectar. -La ocurrencia de inundaciones puede implicar la suspensión de las labores productivas y, por lo tanto, podría disminuir el volumen de material vendible. En consecuencia, <b>disminuirían los ingresos</b> de las empresas.	-La ocurrencia de avenidas torrenciales puede causar accidentes y esto puede <b>incrementar los costos</b> de las empresas por cubrimiento de incapacidades y demandas laborales, reentrenamientos y demás costos asociados al personal que se pueda afectar. -La ocurrencia de avenidas torrenciales puede implicar la suspensión de las labores productivas y, por lo tanto, podría disminuir el volumen de material vendible. En	-La ocurrencia de fenómenos de remoción en masa puede causar accidentes y esto puede <b>incrementar los costos</b> de las empresas por cubrimiento de incapacidades y demandas laborales, reentrenamientos y demás costos asociados al personal que se pueda afectar. -La ocurrencia de fenómenos de remoción en masa puede implicar la suspensión de las labores productivas y, por lo tanto, podría disminuir el volumen de material vendible.	-La ocurrencia de periodos prologados de sequía puede incrementar las emisiones de material particulado y esto puede afectar la salud de los trabajadores. Esta situación puede implicar el <b>incremento de los costos</b> de las empresas por cubrimiento de incapacidades y demandas laborales, reentrenamientos y demás costos asociados al personal que se pueda afectar. -La ocurrencia de periodos prologados de sequía puede incrementar las emisiones de	-La ocurrencia de incendios forestales que afecten la infraestructura en los títulos mineros podría impactar el componente financiero <b>augmentando los costos</b> de las empresas por efecto de las reparaciones que



Evento	Aumento de la precipitación			Disminución de la precipitación/Aumento de la temperatura	
Subevento	Inundaciones	Avenidas torrenciales	Remoción en masa	Sequía	Incendios forestales
	<p>-La ocurrencia de inundaciones puede implicar la afectación de la infraestructura vial y, por lo tanto, podrían impactarse los procesos de transporte y comercialización del material vendible. En consecuencia, <b>disminuirían los ingresos</b> de las empresas.</p> <p>-La ocurrencia de inundaciones puede afectar la infraestructura vial y, por lo tanto, se puede impactar la cadena de suministro. Esta situación implicaría la afectación de la producción del material vendible por falta de insumos, maquinaria, piezas de repuesto, etc.; en ese sentido podrían <b>disminuir los ingresos</b> de las empresas.</p> <p>-La ocurrencia inundaciones podría afectar la ejecución y continuidad de las medidas de cierre y, por lo tanto, se podrían <b>incrementar los costos</b> de las empresas por las reparaciones que se deban realizar.</p>	<p>consecuencia, <b>disminuirían los ingresos</b> de las empresas.</p> <p>-La ocurrencia de avenidas torrenciales puede implicar la afectación de la infraestructura vial y, por lo tanto, podrían impactarse los procesos de transporte y comercialización del material vendible. En consecuencia, <b>disminuirían los ingresos</b> de las empresas.</p> <p>-La ocurrencia de avenidas torrenciales puede afectar la infraestructura vial y, por lo tanto, se puede impactar la cadena de suministro. Esta situación implicaría la afectación de la producción del material vendible por falta de insumos, maquinaria, piezas de repuesto, etc.; en ese sentido podrían <b>disminuir los ingresos</b> de las empresas.</p> <p>-La ocurrencia de avenidas torrenciales podría afectar la ejecución y continuidad de las medidas de cierre y, por lo tanto, se podrían <b>incrementar los costos</b> de las empresas por las reparaciones que se deban realizar.</p>	<p>En consecuencia, <b>disminuirían los ingresos</b> de las empresas.</p> <p>-La ocurrencia de fenómenos de remoción en masa puede implicar la afectación de la infraestructura vial y, por lo tanto, podrían impactarse los procesos de transporte y comercialización del material vendible. En consecuencia, <b>disminuirían los ingresos</b> de las empresas.</p> <p>-La ocurrencia de fenómenos de remoción en masa puede afectar la infraestructura vial y, por lo tanto, se puede impactar la cadena de suministro. Esta situación implicaría la afectación de la producción del material vendible por falta de insumos, maquinaria, piezas de repuesto, etc.; en ese sentido podrían <b>disminuir los ingresos</b> de las empresas.</p> <p>-La ocurrencia fenómeno de remoción en masa podría afectar la ejecución y continuidad de las medidas de cierre y, por lo tanto, se podrían <b>incrementar los costos</b> de las empresas por las reparaciones que se deban realizar.</p>	<p>material particulado y esto puede implicar incumplimientos de la normativa ambiental relacionada con calidad de aire. Ante esta situación se <b>incrementarían los costos</b> de las empresas por pagos de posibles sanciones o por implementar medidas adicionales para el control del material particulado.</p> <p>-La ocurrencia de periodos prolongados de sequía puede implicar la suspensión temporal de las labores productivas para garantizar el cumplimiento de la normativa ambiental y, por lo tanto, podría disminuir el volumen de material vendible. Esta situación implicaría la <b>disminución de los ingresos</b> de las empresas.</p> <p>-La ocurrencia de periodos prologados de sequía puede incrementar las emisiones de material particulado y en consecuencia la calidad del aire se puede afectar. Esta situación implica que las autoridades competentes restrinjan la movilidad en algunas vías que se ubican en las áreas afectadas y esto impactaría la cadena de suministro. Dado lo anterior, se podría afectar la producción por falta de insumos y, por lo tanto, <b>disminuirían los</b></p>	<p>se deban efectuar.</p>



Evento	Aumento de la precipitación			Disminución de la precipitación/Aumento de la temperatura	
Subevento	Inundaciones	Avenidas torrenciales	Remoción en masa	Sequía	Incendios forestales
				<p><b>ingresos</b> de las empresas.</p> <p>-La ocurrencia de periodos prologados de sequía puede incrementar las emisiones de material particulado y en consecuencia la calidad del aire se puede afectar. Esta situación implica que las autoridades competentes restrinjan la movilidad en algunas vías que se ubican en las áreas afectadas y esto impactaría el componente de transporte y comercialización del material vendible. Dado lo anterior, <b>podrían disminuir los ingresos</b> de las empresas.</p>	
<b>Impactos sociales</b>	<p>-La ocurrencia de inundaciones puede <b>afectar la infraestructura vial (puentes y vías), predios vecinos, cultivos y ganadería</b>, lo que tendría un impacto en las familias que habitan el área cercana a las operaciones mineras. Mientras, el abastecimiento de agua también se podría afectar.</p> <p><b>Impactos sociales relacionados con la empresa</b></p> <p>-El incremento de la accidentalidad de los trabajadores de las operaciones mineras por efecto de las inundaciones, podría generar <b>conflictos con las comunidades</b>.</p> <p>-En caso de que la producción</p>	<p>-La ocurrencia de avenidas torrenciales puede <b>afectar la infraestructura vial (puentes y vías), predios vecinos, cultivos y ganadería</b>, lo que tendría un impacto en las familias que habitan el área cercana a las operaciones mineras. Mientras, el abastecimiento de agua también se podría afectar.</p> <p><b>Impactos sociales relacionados con la empresa</b></p> <p>-El incremento de la accidentalidad de los trabajadores de las operaciones mineras por efecto de las avenidas torrenciales podría generar</p>	<p>-Los procesos de remoción en masa pueden <b>afectar la prestación de servicios públicos</b>.</p> <p><b>Impactos sociales relacionados con la empresa</b></p> <p>-El incremento de la accidentalidad de los trabajadores de las operaciones mineras por efecto de los procesos de remoción en masa podría <b>generar conflictos con las comunidades</b>.</p>	<p>-Los fenómenos de sequía pueden <b>afectar procesos productivos agropecuarios y agroindustriales</b> que requieran altos volúmenes de agua. Esto constituye, a su vez, un <b>impacto para las posibilidades de empleo de las comunidades y compromete sus fuentes de ingreso</b>.</p> <p><b>Impactos sociales relacionados con la empresa</b></p> <p>-El aumento en las emisiones de material particulado durante periodos prolongados de sequía, puede <b>generar conflictos con las comunidades</b>.</p> <p>- El deterioro de la salud de los trabajadores por el incremento en las emisiones de material particulado durante los periodos de</p>	<p>-Los incendios forestales pueden <b>afectar procesos productivos agropecuarios y agroindustriales</b>. Esto constituye, a su vez, un <b>impacto para las posibilidades de empleo de las comunidades y compromete sus fuentes de ingreso</b>.</p>



Evento	Aumento de la precipitación			Disminución de la precipitación/Aumento de la temperatura	
Subevento	Inundaciones	Avenidas torrenciales	Remoción en masa	Sequía	Incendios forestales
	<p>se deba suspender, podría <b>disminuir el valor de las regalías</b> que reciben los municipios.</p> <p>-En caso de que la producción se deba suspender, podría <b>disminuir la contratación del personal proveniente del área de influencia.</b></p>	<p><b>conflictos con las comunidades.</b></p>		<p>sequía puede <b>generar conflicto con las comunidades.</b></p> <p>-En caso de que la producción se deba suspender para garantizar el cumplimiento de la normativa ambiental relacionada con calidad de aire, podría <b>disminuir el valor de las regalías que reciben los municipios.</b></p>	

Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2021



## BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Nacional de Minería. *Agencia Nacional de Minería*. s.f.  
<https://www.anm.gov.co/?q=agencia#:~:text=La%20Agencia%20Nacional%20de%20Miner%C3%ADa,coordinaci%C3%B3n%20con%20las%20autoridades%20ambientales>  
(último acceso: 15 de febrero de 2021).
- Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit. s.f.  
<https://www.giz.de/en/aboutgiz/40669.html> (último acceso: 15 de febrero de 2021).
- IDEAM. «Actualización del componente Meteorológico del modelo institucional del IDEAM sobre el efecto climático de los fenómenos El Niño y La Niña en Colombia, como insumo para el Atlas Climatológico.» Bogotá, 2014.
- IDEAM. «Tercera Comunicación Nacional de Colombia a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.» Bogotá, 2017.
- INERCO Consultoría Colombia. «Implementación del mapa de ruta para la adaptación del sector energético al cambio climático (incluyendo el uso de la herramienta de servicios ecosistémicos) e identificación de factores de vulnerabilidad del sector minero y líneas gruesas de medidas de a.» Metodología para estimar la vulnerabilidad y los riesgos al cambio climático para los tipos de minería analizados, Bogotá, 2015.
- INERCO Consultoría Colombia. «Implementación del mapa de ruta para la adaptación del sector energético al cambio climático (incluyendo el uso de la herramienta de servicios ecosistémicos) e identificación de factores de vulnerabilidad del sector minero y líneas gruesas de medidas de a.» Identificación de actores y grupos de interés estratégicos, Bogotá, 2015.
- INERCO Consultoría Colombia. «Implementación del mapa de ruta para la adaptación del sector energético al cambio climático (incluyendo el uso de la herramienta de servicios ecosistémicos) e identificación de factores de vulnerabilidad del sector minero y líneas gruesas de medidas de a.» Estrategia de comunicación., Bogotá, 2015.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. s.f.  
<https://www.minambiente.gov.co/index.php/gestion-territorial-de-cambio-climatico/aproximacion-a-territorio-planos-territoriales-de-cambio-climatico#:~:text=La%20Ley%201931%20de%202018,y%20de%20mitigaci%C3%B3n%20de%20emisiones> (último acceso: 15 de febrero de 2021).
- . s.f.  
<https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=1695:planti-lla-cambio-climatico-45> (último acceso: 15 de febrero de 2021).
- Scholes, J., y G. Johnson. *Exploring Public Sector Strategy*. New Jersey: Prentice Hall, 2001.
- Servicio Geológico Colombiano. *Servicio Geológico Colombiano*. s.f.  
<https://www2.sgc.gov.co/Nosotros/AcercaDelSgc/Paginas/funciones-y-deberes.aspx#:~:text=El%20Servicio%20Geol%C3%B3gico%20Colombiano%20tiene,de%20los%20materiales%20nucleares%20y> (último acceso: 15 de febrero de 2021).
- Unión Temporal INERCO-UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. «Consultoría para la formulación de plan de gestión integral de cambio climático del sector minero energético,





que responda a las obligaciones establecidas en el artículo 170 de la Ley 1753 de 2015.»  
Anexo 1: Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad y riesgo del sector minero  
energético ante el cambio y la variabilidad climática, Bogotá, 2018.



ANÁLISIS DE RIESGO ANTE LA VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO DE LA CADENA DE VALOR CORRESPONDIENTE A LA PRODUCCIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN A DIVERSAS ESCALAS EN REGIONES PRIORIZADAS DEL PAÍS, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LOS PASOS CORRESPONDIENTES DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE RIESGOS ASOCIADOS A LA VARIABILIDAD Y EL CAMBIO CLIMÁTICO, DESARROLLADA POR UPME/MINENERGÍA

Producto 4. Análisis de riesgos climáticos de la cadena de valor de materiales de construcción a diversas escalas, con énfasis en las áreas priorizadas



Elaborado para:



Elaborado por:



Bogotá, D. C.,  
Diciembre de 2020

**ANÁLISIS DE RIESGO ANTE LA VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO DE LA CADENA DE VALOR CORRESPONDIENTE A LA PRODUCCIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN A DIVERSAS ESCALAS EN REGIONES PRIORIZADAS DEL PAÍS, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LOS PASOS CORRESPONDIENTES DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE RIESGOS ASOCIADOS A LA VARIABILIDAD Y EL CAMBIO CLIMÁTICO, DESARROLLADA POR UPME/MINENERGÍA**

**Producto 4. Análisis de riesgos climáticos de la cadena de valor de materiales de construcción a diversas escalas, con énfasis en las áreas priorizadas**

Hoja de control

INERCO Consultoría Colombia

	<b>Elaboró</b>	<b>Revisó</b>	<b>Aprobó</b>	
<b>Versión:</b> 1	Área de Sostenibilidad, INERCO Consultoría Colombia	Yeni Mancera Coordinadora de proyecto	Jose Alejandro Bernal Director Área de Sostenibilidad	<b>Fecha de aprobación:</b>  Diciembre de 2020
		V.º B.º:	V.º B.º:	

Este Análisis de riesgo ante la variabilidad y cambio climático de la cadena de valor correspondiente a la producción de materiales de construcción ha sido preparado por INERCO Consultoría Colombia con un conocimiento razonable y con el cuidado y la diligencia establecidos en los términos del contrato con UPME.

INERCO Consultoría Colombia niega alguna responsabilidad con UPME y con terceros respecto de cualquier materia fuera del alcance anterior. Este informe es confidencial e INERCO Consultoría Colombia no acepta ninguna responsabilidad en absoluto, si otros tienen acceso a parte o la totalidad del informe.

Anotaciones:

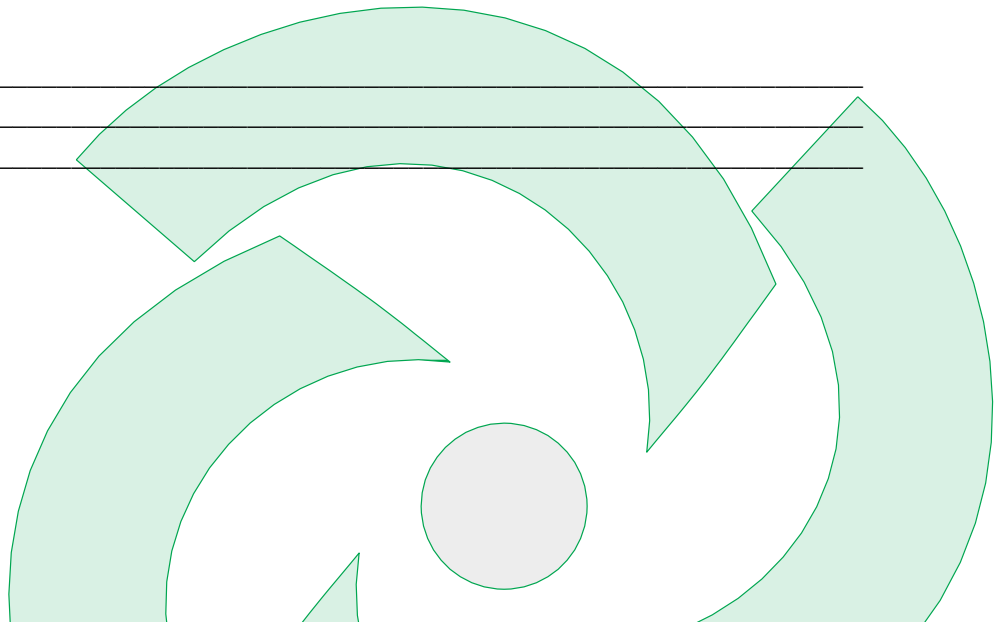
---



---




---



ANÁLISIS DE RIESGO ANTE LA VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO DE LA CADENA DE VALOR CORRESPONDIENTE A LA PRODUCCIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN A DIVERSAS ESCALAS EN REGIONES PRIORIZADAS DEL PAÍS, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LOS PASOS CORRESPONDIENTES DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE RIESGOS ASOCIADOS A LA VARIABILIDAD Y EL CAMBIO CLIMÁTICO, DESARROLLADA POR UPME/MINENERGIA.

Hoja de control

Unidad de Planeación Minero Energética UPME

Versión: 1	Elaboró	Revisó	Aprobó	Fecha de aprobación:  Diciembre de 2020
	 V.º B.º:	Wilson Sandoval  V.º B.º:	Wilson Sandoval  V.º B.º:	

En la preparación de este *Análisis de riesgo ante la variabilidad y cambio climático de la cadena de valor correspondiente a la producción de materiales de construcción*, INERCO Consultoría Colombia y la UPME utilizaron la información provista por consultores especializados, autoridades nacionales y regionales, así como de otras fuentes no gubernamentales. UPME realizó la verificación de la información que su conocimiento y experiencia le permitió.

Este informe ha sido preparado por INERCO Consultoría Colombia, con un conocimiento razonable y con el cuidado y la diligencia establecidos en los términos del contrato con UPME.

Anotaciones:

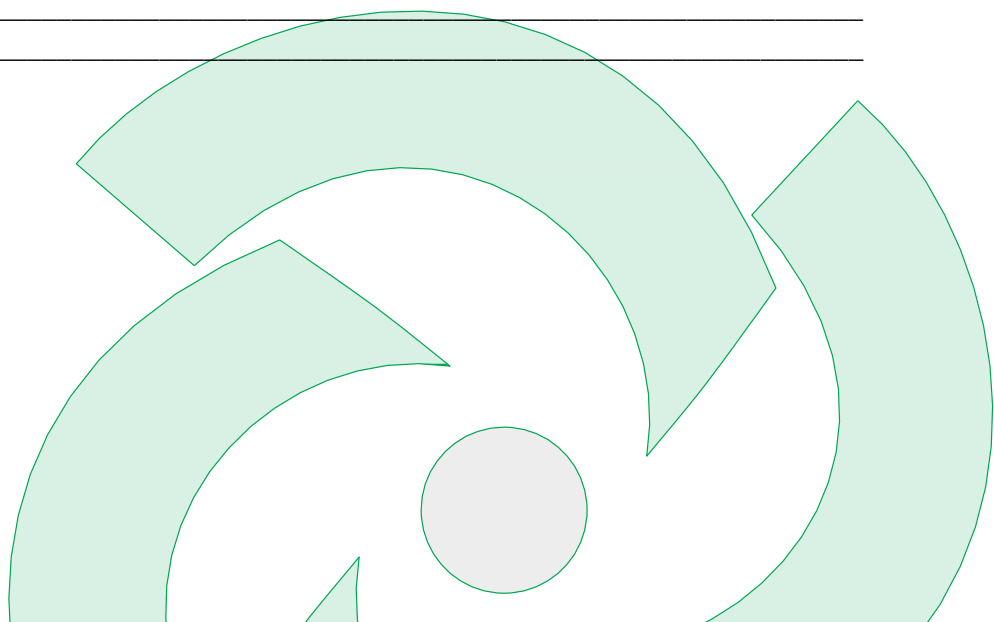
---



---



---



## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD ANTE CAMBIOS EN PATRONES CLIMÁTICOS Y POR EVENTOS CLIMÁTICOS RECURRENTE.....	1
1. Análisis de riesgos de los componentes de la cadena de valor de materiales de construcción ante cambios en patrones climáticos y por eventos climáticos recurrentes, con énfasis en las regiones priorizadas.....	1
1.1 Resultados del análisis de riesgos para las áreas de estudio.....	2
1.1.1 Acacías Villavicencio.....	3
1.1.2 Cali – Yumbo .....	17
1.1.3 Girardota .....	35
2. Mapa de riesgos por componente de la cadena de valor de materiales de construcción ante cambios en patrones climáticos y por eventos climáticos recurrentes, con énfasis en las regiones priorizadas.....	55
2.1 Resultados del mapa de riesgos para las áreas de estudio .....	4
2.1.1 Acacias Villavicencio.....	4
2.1.2 Cali – Yumbo .....	1
2.1.3 Girardota .....	1
3. Revisión nacional e internacional de buenas prácticas y de medidas de adaptación acordes a los resultados del análisis de riesgos efectuado .....	1
BIBLIOGRAFÍA .....	8



## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1-1</b> Índice de riesgo.....	2
<b>Tabla 2-1</b> Importancia de los componentes de la cadena de valor.....	1
<b>Tabla 2-2</b> Grado de centralidad de los componentes del sistema minero.....	1
<b>Tabla 2-3</b> Matriz de decisión para establecer el tipo de medidas de adaptación a implementar.....	2
<b>Tabla 2-4</b> Mapa de riesgos amenazas directas Acacías - Villavicencio.....	5
<b>Tabla 2-5</b> Mapa de riesgos amenazas indirectas Acacías - Villavicencio.....	1
<b>Tabla 2-6</b> Mapa de riesgos amenazas directas Cali - Yumbo.....	2
<b>Tabla 2-7</b> Mapa de riesgos amenazas indirectas Cali - Yumbo.....	1
<b>Tabla 2-8</b> Mapa de riesgos amenazas directas Girardota.....	2
<b>Tabla 2-9</b> Mapa de riesgos amenazas indirectas Girardota.....	1

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2-1</b> Medidas de reducción del riesgo. Intervención Prospectiva / Intervención Correctiva. .....	3
---	---

## LISTADO DE ANEXOS

- Anexo 4-1.** Matriz de análisis de riesgo Acacias - Villavicencio
- Anexo 4-2.** Matriz de análisis de riesgo Cali - Yumbo
- Anexo 4-3.** Matriz de análisis de riesgo Girardota
- Anexo 4-4.** Listado de medidas de adaptación

## ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD ANTE CAMBIOS EN PATRONES CLIMÁTICOS Y POR EVENTOS CLIMÁTICOS RECURRENTE

### 1. ANÁLISIS DE RIESGOS DE LOS COMPONENTES DE LA CADENA DE VALOR DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN ANTE CAMBIOS EN PATRONES CLIMÁTICOS Y POR EVENTOS CLIMÁTICOS RECURRENTE, CON ÉNFASIS EN LAS REGIONES PRIORIZADAS

De acuerdo con la metodología propuesta por UPME y Minenergía<sup>1</sup>, el análisis de riesgos climáticos a los que está expuesto el subsector de materiales de construcción se obtiene al conjugar el análisis de amenazas presentado en el producto 2 «Análisis de amenazas directas e indirectas por cambios en patrones climáticos y por eventos climáticos recurrentes con énfasis en las áreas de interés priorizadas para la cadena de valor de materiales de construcción» y el análisis de vulnerabilidad que compone el producto 3 «Análisis de vulnerabilidad ante cambios en patrones climáticos y por eventos climáticos recurrentes, con énfasis en las áreas de interés priorizadas para la cadena de valor de materiales de construcción» de esta consultoría. En ese sentido, este documento que corresponde al producto 4, presenta los resultados del análisis de riesgos considerando que la metodología implementada busca identificar y calificar el riesgo estructural para contribuir a generar herramientas que permitan al subsector objeto de estudio adaptarse adecuadamente a los efectos generados por el cambio y la variabilidad climática.<sup>2</sup>

Se puede señalar que el riesgo estructural es un riesgo implícito en la estructura de una situación de riesgo; en la estructura de la amenaza y del objeto amenazado. Por tanto, no es un riesgo operativo fundado en una determinación precisa en el tiempo y el espacio de ambas componentes del riesgo; así, el análisis y evaluación de riesgos estructurales genera una información que facilita la toma de decisión en el presente, y que es consistente con los grados de certidumbre que podemos tener hoy de eventos futuros.<sup>3</sup>

Según lo anterior, el análisis de riesgo que se efectúa en este caso, no se enfrenta a la valoración de un posible daño material ocasionado por un evento determinado en el espacio y el tiempo, sino a la estimación de la posibilidad genérica de que las condiciones estructurales que relacionan un posible evento con un sistema induzcan o faciliten la ocurrencia de un riesgo operativo en algún momento y lugar. Metodológicamente se trata de identificar la medida en que las condiciones estructurales del sistema facilitan o inducen la posibilidad de que el evento le afecte, considerando a este también en términos de sus condiciones estructurales de existencia<sup>4</sup>.

---

<sup>1</sup> INERCO CONSULTORÍA COLOMBIA. Implementación del mapa de ruta para la adaptación del sector energético al cambio climático (incluyendo el uso de la herramienta de servicios ecosistémicos) e identificación de factores de vulnerabilidad del sector minero y líneas gruesas de medidas de adaptación: Metodología para estimar la vulnerabilidad y los riesgos al cambio climático para los tipos de minería analizados. Bogotá. 2015.

<sup>2</sup> *Ibid.* p. 7.

<sup>3</sup> *Ibid.* p. 4.

<sup>4</sup> *Ibid.* p. 11.

Lo que así queda identificado, no es un posible riesgo específico, u operativo, determinado en el espacio y el tiempo, sino un riesgo que está implícito en la estructura, tanto del evento como del sistema afectado y, por consiguiente, se trata de un riesgo que emergerá con alto grado de probabilidad, si el evento y sistema se cruzan en el tiempo y el espacio en el futuro. Es decir, se estima la probabilidad de que el sector minero o parte de él pueda verse enfrentado a nuevos escenarios de riesgo y valorar los elementos estructurales que lo hacen más propenso a que los efectos negativos de determinados eventos se materialicen. Por ello ayudan a construir una estrategia de acción frente a un riesgo antes que generar acciones operativas de gestión de un riesgo operativo<sup>5</sup>. En dicha estrategia será posible incluir entonces las respectivas medidas de adaptación.

Los riesgos son estimados con base en la valoración de las amenazas y la vulnerabilidad del sistema, de acuerdo a la fórmula:

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} * \text{Vulnerabilidad}$$

Este cálculo se realiza igualmente mediante una escala compuesta por esas dos variables reflejada en la tabla 1-1.

**Tabla 1-1** Índice de riesgo

		VULNERABILIDAD DEL SISTEMA MINERO		
		BAJA	MEDIA	ALTA
AMENAZA	BAJA	Bajo	Bajo	Bajo
	MEDIA	Medio	Medio	Alto
	ALTA	Medio	Alto	Alto

Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020.

### 1.1 Resultados del análisis de riesgos para las áreas de estudio

Los resultados del análisis de riesgo se presentan por área de estudio y discriminados por componente de la cadena de valor. En primer lugar, se presentan los resultados de los riesgos asociados a las amenazas directas y se continúa la respectiva cadena con los riesgos asociados a las amenazas indirectas consideradas para cada componente.

En las matrices anexas del análisis de riesgos se presenta el detalle de los resultados (anexos 4-1, 4-2 y 4-3 pestaña MR\_Riesgo.)

<sup>5</sup> Ibid. p.12.

## 1.1.1 Acacías Villavicencio

### 1.1.1.1 Componente administrativo y financiero

#### Riesgo derivado de las amenazas directas

La posibilidad de que ocurran inundaciones, por el incremento de precipitaciones en la cuenca alta del río Guayuriba, sugiere que pueden suspenderse temporalmente las actividades extractivas y afectar la producción. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar las finanzas de la empresa y, asimismo, representa un potencial medio de dañar el componente administrativo y financiero constituyendo, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La disminución de las precipitaciones o el aumento de temperatura posibilitan la ocurrencia de sequías en el área de estudio y, en consecuencia, podrían suspenderse temporalmente las actividades extractivas para garantizar el cumplimiento de la normativa ambiental. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar las finanzas de la empresa y, asimismo, representa un potencial medio de dañar el componente administrativo y financiero constituyendo, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

#### Riesgo derivado de las amenazas indirectas

La posibilidad de afectación al componente de recursos humanos por la ocurrencia de accidentes por inundaciones sugiere una baja posibilidad de afectación al componente administrativo y financiero por tener que incurrir en costos mayores por cubrimiento de incapacidades y demandas laborales, reentrenamientos y demás costos asociados al personal que se pueda afectar. El potencial de daño calculado es medio y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de afectación al componente de recursos humanos por efecto de enfermedades que surjan por mayores emisiones de material particulado durante época de sequía sugiere una baja posibilidad de afectación al componente administrativo y financiero por tener que incurrir en costos mayores por cubrimiento de incapacidades y demandas laborales, reentrenamientos y demás costos asociados al personal que se pueda afectar. El potencial de daño calculado es

medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de afectación a la cadena de suministro por efecto de las inundaciones que afecten la infraestructura vial podría representar la suspensión temporal de actividades productivas por falta de insumos, maquinaria, piezas de repuesto, etc. En ese sentido, hay una baja posibilidad de afectar la producción y en consecuencia el componente administrativo y financiero. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de afectación a la cadena de suministro por efecto de los fenómenos de remoción en masa que afecten la infraestructura vial podría representar la suspensión temporal de actividades productivas por falta de insumos, maquinaria, piezas de repuesto, etc. En ese sentido, hay una posibilidad media de afectar la producción y en consecuencia el componente administrativo y financiero. El potencial de daño calculado es alto y, por lo tanto, la amenaza es grave para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo alto.

#### Riesgo alto

La posibilidad de que se dé un cierre parcial de las labores extractivas por efecto de las inundaciones en las áreas de explotación podría representar una posibilidad media de que se vea afectado el componente administrativo y financiero ya que se afectaría la producción de los materiales vendibles. El potencial de daño calculado es alto y, por lo tanto, la amenaza es grave para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo alto.

#### Riesgo alto

La posibilidad de que se reduzca la producción de materiales vendibles por efecto de las sequías, para garantizar el cumplimiento de las normas ambientales relacionadas con calidad de aire, podría representar una posibilidad baja de que se vea afectado el componente administrativo y financiero. El potencial de daño calculado es medio y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo



La posibilidad de que se cierren temporalmente los patios de acopio por efecto de las inundaciones podría representar una posibilidad media de que se afecte el componente administrativo y financiero debido a que podría reducirse la producción del material vendible. El potencial de daño es medio y, por tanto, la amenaza es relevante para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo alto.

#### Riesgo alto

La posibilidad de que se reduzca la cantidad de material dispuesto en los patios de acopio por efecto de las sequías, para garantizar el cumplimiento de la normatividad de calidad de aire, podría representar una posibilidad baja de que se afecte el componente administrativo y financiero debido a que podría reducirse la producción del material vendible. El potencial de daño es medio y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de que se reduzcan los procesos de lavado que se ejecutan en el componente de beneficio, por efecto de las sequías, podría representar una baja posibilidad de que se afecte el componente administrativo y financiero debido a que podría afectarse la producción del material vendible. El potencial de daño es medio y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de afectación a la infraestructura vial por efecto de las inundaciones podría representar una baja posibilidad de afectar el componente administrativo y financiero, debido a que se afectarían las actividades de transporte y comercialización comprometiendo los ingresos de las operaciones mineras. El potencial de daño calculado es medio y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de afectación a la infraestructura vial por efecto de los fenómenos de remoción en masa podría representar una posibilidad media de afectar el componente administrativo y financiero, debido a que se afectarían las actividades de transporte y comercialización comprometiendo los ingresos de las operaciones mineras. El potencial de daño calculado es alto y, por tanto, la amenaza es grave para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo alto.

#### Riesgo alto

La posibilidad de que se incumpla la normatividad ambiental (componente gestión ambiental) por efecto de las emisiones de material particulado en época de sequía, podría representar una baja posibilidad de afectar el componente administrativo y financiero por pago de sanciones o mayores inversiones para el control de las emisiones. El potencial de daño calculado es medio y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de que se afecten las vías por efecto de las inundaciones que ocurren en el área de influencia podría representar una posibilidad media de afectación al componente administrativo financiero, debido a que podrían suspenderse temporalmente las actividades de transporte y comercialización del material vendible. El potencial de daño calculado es medio y, por tanto, la amenaza es relevante para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo alto.

#### Riesgo alto

La posibilidad de que se afecten las vías por efecto de las avenidas torrenciales que ocurran en el área de influencia podría representar una posibilidad baja de afectación al componente administrativo financiero, debido a que podrían suspenderse temporalmente las actividades de transporte y comercialización del material vendible. El potencial de daño calculado es bajo y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

### 1.1.1.2 Componente recursos humanos

#### Riesgo derivado de las amenazas directas

La posibilidad de que ocurran inundaciones, por el incremento de precipitaciones en la cuenca alta del río Guayuriba, sugiere que pueden ocurrir accidentes, esta situación representa una baja posibilidad de afectar la fuerza laboral de las operaciones mineras y, asimismo, representa un potencial medio de dañar el componente de recursos humanos constituyendo, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de que ocurran sequías, por la disminución de las precipitaciones o el aumento de temperatura en el área de estudio, sugiere que se pueden ocasionar enfermedades a los trabajadores de las operaciones mineras por el aumento de emisiones de material particulado.

Esta situación representa una baja posibilidad de afectar la fuerza laboral y, asimismo, representa un potencial medio de dañar el componente de recursos humanos constituyendo, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

No se consideran riesgos derivados de amenazas indirectas para este componente

#### 1.1.1.3 Componente cadena de suministro

Riesgo derivado de las amenazas directas

La posibilidad de que ocurran inundaciones, por el incremento de precipitaciones en la cuenca alta del río Guayuriba, sugiere que se puede afectar la infraestructura vial o la infraestructura de suministro de combustibles. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar el transporte, que es primordial para la cadena de suministro, y asimismo, de afectar el abastecimiento de combustible. De acuerdo con lo anterior, las inundaciones tienen un potencial medio de dañar el componente de cadena de suministro constituyendo, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

En la zona de estudio no son plausibles los fenómenos de remoción en masa; sin embargo, la posibilidad de que ocurra este suceso en las vías Bogotá Villavicencio y vía alterna sugiere que se pueden afectar las dinámicas de transporte en la zona, con una alta posibilidad de ocurrencia. Esta situación representa un alto potencial de daño para el componente de cadena de suministros y, en síntesis, constituye una amenaza grave para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo alto.

#### Riesgo alto

Riesgo derivado de las amenazas indirectas

La posibilidad de que se afecten las vías por efecto de las inundaciones que ocurren en el área de influencia (componente entorno ambiental y social) podría representar una posibilidad media de afectación a la cadena de suministro, debido a que podrían suspenderse temporalmente las actividades de transporte de los diferentes insumos, piezas de repuesto, contratistas, etc. El potencial de daño calculado es medio y, por tanto, la amenaza es relevante. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo alto.

## Riesgo alto

La posibilidad de que se afecten las vías por efecto de las avenidas torrenciales que ocurren en el área de influencia (componente entorno ambiental y social) podría representar una posibilidad baja de afectación a la cadena de suministro, debido a que podrían suspenderse temporalmente las actividades de transporte de los diferentes insumos, piezas de repuesto, contratistas, etc. El potencial de daño calculado es bajo y, por tanto, la amenaza es secundaria. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

## Riesgo bajo

### 1.1.1.4 Componente extractivo

#### Riesgo derivado de las amenazas directas

La posibilidad de que ocurran inundaciones por el incremento de precipitaciones en la cuenca alta del río Guayuriba sugiere que hay una posibilidad media de que se suspendan temporalmente las actividades de minado. Esta situación representa un potencial alto de dañar el componente extractivo constituyendo, en síntesis, una amenaza grave para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo alto.

## Riesgo alto

La posibilidad de que ocurran sequías, por la disminución de las precipitaciones o el aumento de temperatura en el área de estudio, sugiere que se puede reducir la producción para garantizar el cumplimiento de las normas ambientales. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar las labores de minería y, asimismo, representa un potencial medio de dañar el componente extractivo constituyendo, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

## Riesgo bajo

#### Riesgo derivado de las amenazas indirectas

La posibilidad de afectación a la cadena de suministro por efecto de las inundaciones que afecten la infraestructura vial podría representar la suspensión temporal de actividades extractivas por falta de insumos, personal contratista, etc. En ese sentido, hay una baja posibilidad de afectar el componente extractivo. El potencial de daño calculado es medio y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

## Riesgo bajo

La posibilidad de afectación a la cadena de suministro por efecto de los fenómenos de remoción en masa que afecten la infraestructura vial podría representar la suspensión temporal de actividades extractivas por falta de insumos, personal contratista, etc. En ese sentido, hay una posibilidad media de afectar el componente extractivo. El potencial de daño calculado es medio y, por tanto, la amenaza es relevante para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo alto.

## Riesgo alto

### 1.1.1.5 Componente almacenamiento temporal

#### Riesgo derivado de las amenazas directas

La posibilidad de que ocurran inundaciones por el incremento de precipitaciones en la cuenca alta del río Guayuriba sugiere que hay una posibilidad media de que se suspenda temporalmente el acopio del material que proviene de la explotación. Esta situación representa un potencial medio de dañar el componente de almacenamiento temporal constituyendo, en síntesis, una amenaza relevante para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo alto.

## Riesgo alto

La posibilidad de que ocurran sequías, por la disminución de las precipitaciones o el aumento de temperatura en el área de estudio, sugiere que se puede reducir el acopio de material para garantizar el cumplimiento de las normas ambientales. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar las labores del componente de almacenamiento temporal y, asimismo, representa un potencial bajo de dañar dicho componente constituyendo, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

## Riesgo bajo

No se consideran riesgos derivados de amenazas indirectas para este componente

### 1.1.1.6 Componente beneficio

#### Riesgo derivado de las amenazas directas

La posibilidad de que ocurran inundaciones por el incremento de precipitaciones en la cuenca alta del río Guayuriba sugiere que hay una posibilidad media de perder parte del material que ingresará al proceso de beneficio, cuando las áreas en las que se desarrolla esta actividad se



ubican en las llanuras de inundación del río. Esta situación representa un potencial medio de dañar el componente de beneficio constituyendo, en síntesis, una amenaza relevante para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo alto.

#### Riesgo alto

La posibilidad de que ocurran sequías, por la disminución de las precipitaciones o el aumento de temperatura en el área de estudio, sugiere que se pueden reducir los procesos de lavado de material. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar las labores del componente de beneficio y, asimismo, representa un potencial medio de dañar dicho componente constituyendo, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

##### Riesgo derivado de las amenazas indirectas

La posibilidad de afectación a la cadena de suministro por efecto de las inundaciones que afecten la infraestructura vial podría representar la suspensión temporal del proceso de beneficio por falta de insumos, piezas de repuesto, etc. En ese sentido, hay una baja posibilidad de afectar el componente de beneficio. El potencial de daño calculado es medio y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de afectación a la cadena de suministro por efecto de los fenómenos de remoción en masa que afecten la infraestructura vial podría representar la suspensión temporal del proceso de beneficio por falta de insumos, piezas de repuesto, etc. En ese sentido, hay una posibilidad media de afectar el componente de beneficio. El potencial de daño calculado es medio y, por tanto, la amenaza es relevante para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo alto.

#### Riesgo alto

La ocurrencia de inundaciones que afecten el componente extractivo sugiere una posibilidad media de afectación al componente de beneficio por la reducción en la disponibilidad de materiales en los patios con un alto potencial de daño por lo constituye una amenaza grave para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo alto.

#### Riesgo alto

La ocurrencia de sequías que puedan afectar el componente extractivo sugiere a su vez una baja posibilidad de afectación al componente de beneficio por la reducción en la disponibilidad del material que ingresará al respectivo proceso. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, esta situación constituye una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La ocurrencia de inundaciones que afecten el componente almacenamiento temporal sugiere una baja posibilidad de afectación al componente de beneficio por la reducción en la disponibilidad del material que ingresará al respectivo proceso. El potencial de daño calculado es bajo y, por lo tanto, se constituye una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La ocurrencia de sequías que puedan afectar el componente almacenamiento temporal sugiere una baja posibilidad de afectación al componente de beneficio por la reducción en la disponibilidad del material que ingresará al respectivo proceso. El potencial de daño calculado es bajo y, por lo tanto, se constituye una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

### 1.1.1.7 Componente transporte y comercialización

#### Riesgo derivado de las amenazas directas

La posibilidad de que ocurran inundaciones, por el incremento de precipitaciones en la cuenca alta del río Guayuriba, sugiere que se puede afectar la infraestructura vial. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar el transporte y en consecuencia los procesos de comercialización. De acuerdo con lo anterior, las inundaciones tienen un potencial medio de dañar el componente de transporte y comercialización constituyendo, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

En la zona de estudio no son plausibles los fenómenos de remoción en masa; sin embargo, la posibilidad de que ocurra este suceso en las vías Bogotá Villavicencio y vía alterna sugiere una alta posibilidad de afectar el transporte del material que se comercializa. Esta situación representa un alto potencial de daño para el componente de transporte y comercialización y,

en síntesis, constituye una amenaza grave para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo alto.

#### Riesgo alto

##### Riesgo derivado de las amenazas indirectas

La afectación de la cadena de suministro por efecto de inundaciones podría representar la suspensión temporal de actividades productivas y así mismo retrasar el proceso de comercialización. En ese sentido, hay una baja posibilidad de afectar el componente de transporte y comercialización. El potencial de daño calculado es medio y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La afectación de la cadena de suministro por efecto de fenómenos de remoción en masa, podría representar la suspensión temporal de actividades productivas y así mismo retrasar el proceso de comercialización. En ese sentido, hay una posibilidad media de afectar el componente de transporte y comercialización. El potencial de daño calculado es alto y, por tanto, la amenaza es grave para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo alto.

#### Riesgo alto

La afectación de las actividades extractivas por efecto de las inundaciones podría retrasar el proceso de producción y consecuentemente el proceso de comercialización. En ese sentido, hay una posibilidad baja de afectar el componente de transporte y comercialización. El potencial de daño calculado es alto y, por tanto, la amenaza es relevante para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo alto.

#### Riesgo alto

La afectación de las actividades extractivas por efecto de las sequías podría retrasar el proceso de producción y consecuentemente el proceso de comercialización. En ese sentido, hay una posibilidad baja de afectar el componente de transporte y comercialización. El potencial de daño calculado es bajo y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La disminución de material en los patios de acopio por efecto de inundaciones podría retrasar el proceso de producción y consecuentemente el proceso de comercialización. En ese sentido,

hay una posibilidad baja de afectar el componente de transporte y comercialización. El potencial de daño calculado es bajo y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La disminución de material en los patios de acopio por efecto de las sequías podría retrasar el proceso de producción y consecuentemente el proceso de comercialización. En ese sentido, hay una posibilidad baja de afectar el componente de transporte y comercialización. El potencial de daño calculado es bajo y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La ocurrencia de sequías que afecten el componente de beneficio sugiere una baja posibilidad de afectación al componente de transporte y comercialización por la posible reducción en la producción de los materiales que se comercializan. El potencial de daño calculado es bajo y, por lo tanto, la amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de afectación a la infraestructura vial del componente entorno ambiental y social, por efecto de las inundaciones, podría representar la afectación de los procesos de transporte y comercialización. En ese sentido, hay una posibilidad media de afectar dicho componente. El potencial de daño calculado es medio y, por tanto, la amenaza es relevante para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo alto.

#### Riesgo alto

La posibilidad de afectación a la infraestructura vial del componente entorno ambiental y social, por efecto de las avenidas torrenciales, podría representar la afectación de los procesos de transporte y comercialización. En ese sentido, hay una posibilidad baja de afectar dicho componente. El potencial de daño calculado es bajo y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

### 1.1.1.8 Componente gestión ambiental

#### Riesgo derivado de las amenazas directas

La posibilidad de que ocurran sequías, por la disminución de las precipitaciones o el aumento de temperatura en el área de estudio, sugiere que se puede incumplir la normatividad ambiental relacionada con calidad del aire. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar el componente de gestión ambiental y, asimismo, representa un potencial bajo de dañar dicho componente constituyendo, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

Riesgo bajo

#### Riesgo derivado de las amenazas directas

La posibilidad de afectación a la cadena de suministro por efecto de las inundaciones que afecten la infraestructura vial podría representar la suspensión temporal de actividades de gestión ambiental por falta de insumos, personal contratista, etc. En ese sentido, hay una baja posibilidad de afectar el componente de gestión ambiental. El potencial de daño calculado es bajo y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

Riesgo bajo

La posibilidad de afectación a la cadena de suministro por efecto de los fenómenos de remoción en masa que afecten la infraestructura vial podría representar la suspensión temporal de actividades de gestión ambiental por falta de insumos, personal contratista, etc. En ese sentido, hay una posibilidad media de afectar el componente de gestión ambiental. El potencial de daño calculado es medio y, por tanto, la amenaza es relevante para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo alto.

Riesgo alto

La posibilidad de afectación a la infraestructura vial (del componente entorno ambiental y social) por efecto de las inundaciones podría representar la afectación de la cadena de suministros y consecuentemente podrían suspenderse temporalmente las actividades de gestión ambiental por falta de insumos, personal contratista, etc. En ese sentido, hay una posibilidad media de afectar el componente de gestión ambiental. El potencial de daño calculado es bajo y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

Riesgo bajo



La posibilidad de afectación a la infraestructura vial (del componente entorno ambiental y social) por efecto de las avenidas torrenciales podría representar la afectación de la cadena de suministros y consecuentemente podrían suspenderse temporalmente las actividades de gestión ambiental por falta de insumos, personal contratista, etc. En ese sentido, hay una posibilidad baja de afectar el componente de gestión ambiental. El potencial de daño calculado es bajo y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

##### 1.1.1.9 Componente de cierre minero

No se consideraron amenazas para el componente de cierre minero en el área de estudio Acacías Villavicencio y, por lo tanto, no se cuenta con calificación de riesgo.

##### 1.1.1.10 Componente de entorno ambiental y social

###### Riesgo derivado de las amenazas directas

La posibilidad de que ocurran inundaciones, por el incremento de precipitaciones en la cuenca alta del río Guayuriba, sugiere que se pueden afectar la infraestructura vial, los predios vecinos, los cultivos y las áreas destinadas a ganadería. El abastecimiento de agua también podría afectarse en menor proporción. Esta situación representa una posibilidad media de afectar el componente de entorno ambiental y social, y asimismo, representa un potencial medio de dañar este componente constituyendo, en síntesis, una amenaza relevante. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo alto.

#### Riesgo alto

La posibilidad de que ocurran procesos de remoción en masa, por el incremento de precipitaciones en la cuenca alta del río Guayuriba, sugiere que se puede afectar la prestación de servicios públicos. Esta situación representa una posibilidad baja de afectar el componente de entorno ambiental y social, y asimismo, representa un potencial bajo de dañar este componente constituyendo, en síntesis, una amenaza secundaria. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de que ocurran avenidas torrenciales en la cuenca del río Guayuriba, sugiere que se pueden afectar la infraestructura vial, los predios vecinos, los cultivos y las áreas destinadas a ganadería. El abastecimiento de agua también podría afectarse en menor proporción. Esta situación representa una posibilidad baja de afectar el componente de entorno ambiental y social, y asimismo, representa un potencial bajo de dañar este componente

constituyendo, en síntesis, una amenaza secundaria. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de que ocurran sequías, por la disminución de las precipitaciones o el aumento de temperatura en el área de estudio, sugiere que se pueden afectar los procesos productivos agropecuarios y agroindustriales que requieran altos volúmenes de agua. Esto constituye una amenaza para las posibilidades de empleo de las comunidades y compromete sus fuentes de ingreso. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar el componente de entorno ambiental y social, y asimismo, representa un potencial bajo de dañar dicho componente constituyendo, en síntesis, una amenaza secundaria. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de que ocurran incendios forestales por la disminución de las precipitaciones o el aumento de temperatura en el área de estudio, sugiere que se pueden afectar los procesos productivos agropecuarios y agroindustriales. Esto constituye una amenaza para las posibilidades de empleo de las comunidades y compromete sus fuentes de ingreso. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar el componente de entorno ambiental y social, y asimismo, representa un potencial bajo de dañar dicho componente constituyendo, en síntesis, una amenaza secundaria. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

##### Riesgo derivado de las amenazas indirectas

La posibilidad de afectación del componente recursos humanos por sequía sugiere una posibilidad baja de afectación al componente de entorno social y ambiental pues si el personal de las operaciones mineras adquiere enfermedades relacionadas con las emisiones de material particulado, podrían generarse conflictos con la comunidad. El potencial de daño calculado es bajo y, por lo tanto, se constituye una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La ocurrencia de inundaciones que afecten la continuidad de las labores del componente extractivo sugiere una posibilidad media de afectar el componente de entorno social y ambiental pues podría disminuir el nivel de ingresos del personal o podría haber pérdida de empleo generando conflictos con la comunidad. Esto constituye un potencial de daño medio y,

en síntesis, una amenaza relevante para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo alto.

#### Riesgo alto

La ocurrencia de inundaciones que afecten la continuidad de las labores del componente extractivo sugiere una baja posibilidad de afectación al componente de entorno social y ambiental por una suspensión parcial de la operación lo cual podría disminuir el nivel de ingresos de los municipios por regalías. Esto constituye un potencial de daño bajo y, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

### 1.1.2 Cali – Yumbo

#### 1.1.2.1 Componente administrativo y financiero

##### Riesgo derivado de las amenazas directas

La posibilidad de que ocurran fenómenos de remoción en masa por el incremento de precipitaciones, sugiere que se pueden suspender temporalmente las actividades extractivas. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar las finanzas de la empresa y, asimismo, representa un potencial medio de dañar el componente administrativo y financiero constituyendo, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

El aumento de temperatura posibilita la ocurrencia de sequías en el área de estudio y, en consecuencia, podría reducirse la producción de los materiales vendibles, por falta de agua para controlar las emisiones de material particulado. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar las finanzas de la empresa y, asimismo, representa un potencial medio de dañar el componente administrativo y financiero constituyendo, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

El aumento de temperatura posibilita la ocurrencia de incendios forestales en el área de estudio y, en consecuencia, podrían afectarse los títulos mineros. Sin embargo, es poco probable que estos subeventos (incendios forestales) alcancen las áreas de explotación o las áreas en las que se encuentran las infraestructuras de las operaciones mineras. Esta situación representa una

baja posibilidad de afectar las finanzas de la empresa en caso de que se requieran reparaciones a las infraestructuras y, asimismo, representa un potencial medio de dañar el componente administrativo y financiero constituyendo, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

##### Riesgo derivado de las amenazas indirectas

La posibilidad de afectación al componente de recursos humanos por efecto de los procesos de remoción en masa sugiere una baja posibilidad de afectación al componente administrativo y financiero por tener que incurrir en costos mayores por cubrimiento de incapacidades y demandas laborales, reentrenamientos y demás costos asociados al personal que pueda resultar afectado. El potencial de daño calculado es medio y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de afectación al componente de recursos humanos por efecto de las avenidas torrenciales sugiere una baja posibilidad de afectación al componente administrativo y financiero por tener que incurrir en costos mayores por cubrimiento de incapacidades y demandas laborales, reentrenamientos y demás costos asociados al personal que pueda resultar afectado. El potencial de daño calculado es medio y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de afectación al componente de recursos humanos por efecto de las sequías sugiere una baja posibilidad de afectación al componente administrativo y financiero por tener que incurrir en costos mayores por cubrimiento de incapacidades y demandas laborales, reentrenamientos y demás costos asociados al personal que pueda resultar afectado. El potencial de daño calculado es medio y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de afectación a la cadena de suministro por efecto de los fenómenos de remoción en masa que afecten la infraestructura vial o de suministro de combustible, podría representar la suspensión temporal de actividades productivas por falta de insumos,

maquinaria, piezas de repuesto, etc. En ese sentido, hay una posibilidad baja de afectar el componente administrativo y financiero. El potencial de daño calculado es medio y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de afectación a la cadena de suministro por efecto de avenidas torrenciales que afecten la infraestructura vial o de suministro de combustible, podría representar la suspensión temporal de actividades productivas por falta de insumos, maquinaria, piezas de repuesto, etc. En ese sentido, hay una posibilidad baja de afectar el componente administrativo y financiero. El potencial de daño calculado es bajo y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de que se dé un cierre parcial de las labores extractivas por efecto de los procesos de remoción en masa que puedan ocurrir en el área de explotación podría representar una posibilidad baja de que se afecte el componente administrativo y financiero. Lo anterior, debido a que puede verse comprometida la producción de los materiales vendibles. El potencial de daño calculado es medio y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de que se dé un cierre parcial de las labores extractivas por efecto de avenidas torrenciales que puedan ocurrir en el área de explotación podría representar una posibilidad baja de que se afecte el componente administrativo y financiero. Lo anterior, debido a que se puede comprometer la producción de los materiales vendibles. El potencial de daño calculado es bajo y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de que se afecte alguna infraestructura por efecto de los incendios forestales que puedan ocurrir en el área de operaciones podría representar una posibilidad baja de que se afecte el componente administrativo y financiero, por causa de las reparaciones que deban efectuarse. Lo anterior, debido a que es poco probable que este suceso alcance las áreas de operaciones de las empresas, aunque ocurra en áreas de los títulos mineros. El potencial de daño calculado es bajo y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.



### Riesgo bajo

La posibilidad de que se reduzca la cantidad de material dispuesto en los patios de acopio por efecto de las sequías, para garantizar el cumplimiento de la normatividad de calidad de aire, podría representar una posibilidad media de que se afecte el componente administrativo y financiero debido a que podría reducirse la producción del material vendible. El potencial de daño es medio y, por tanto, la amenaza es relevante para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo alto.

### Riesgo alto

La posibilidad de que se reduzca el volumen de material que ingresa al proceso de beneficio, para garantizar el cumplimiento de la normatividad de calidad de aire, podría representar una posibilidad media de que se afecte el componente administrativo y financiero debido a que podría reducirse la producción del material vendible. El potencial de daño es medio y, por tanto, la amenaza es relevante para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo alto.

### Riesgo alto

La posibilidad de afectación al componente de transporte y comercialización por efecto de los fenómenos de remoción en masa que afecten la infraestructura vial, podría representar la afectación de los procesos de transporte y por tanto puede comprometerse la comercialización de los productos vendibles. En ese sentido, hay una posibilidad baja de afectar el componente administrativo y financiero. El potencial de daño calculado es medio y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

### Riesgo bajo

La posibilidad de afectación al componente de transporte y comercialización por efecto de las avenidas torrenciales que afecten la infraestructura vial, podría representar la afectación de los procesos de transporte y por tanto puede comprometerse la comercialización de los productos vendibles. En ese sentido, hay una posibilidad baja de afectar el componente administrativo y financiero. El potencial de daño calculado es bajo y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

### Riesgo bajo

La posibilidad de que se incumpla la normatividad ambiental por efecto de las emisiones de material particulado en época de sequía, podría representar una posibilidad media de afectar el componente administrativo y financiero por pago de sanciones o mayores inversiones para el

control de las emisiones. El potencial de daño calculado es bajo y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de que se afecte la continuidad de las medidas de cierre por efecto de los procesos de remoción en masa, podría representar una posibilidad baja de afectar el componente administrativo y financiero por efecto de las reparaciones que deban efectuarse. El potencial de daño calculado es bajo y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de que se afecte la continuidad de las medidas de cierre por efecto de las avenidas torrenciales, podría representar una posibilidad baja de afectar el componente administrativo y financiero por efecto de las reparaciones que deban efectuarse. El potencial de daño calculado es bajo y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de que se incumpla la normatividad ambiental durante la etapa de cierre por efecto de las emisiones de material particulado en época de sequía, podría representar una posibilidad baja de afectar el componente administrativo y financiero por pago de sanciones. El potencial de daño calculado es medio y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de que se afecte la continuidad de las medidas de cierre por la ocurrencia de incendios forestales, podría representar una posibilidad baja de afectar el componente administrativo y financiero por efecto de las reparaciones que deban efectuarse. El potencial de daño calculado es bajo y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de que se afecten las vías por efecto de las inundaciones que ocurren en el área de influencia (componente de entorno ambiental y social) podría representar una posibilidad baja de afectación al componente administrativo financiero, debido a que podrían suspenderse

temporalmente las actividades de transporte y comercialización del material vendible. El potencial de daño calculado es bajo y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de que se afecten las vías por efecto de las avenidas torrenciales que ocurran en el área de influencia (componente de entorno ambiental y social) podría representar una posibilidad baja de afectación al componente administrativo financiero, debido a que podrían suspenderse temporalmente las actividades de transporte y comercialización del material vendible. El potencial de daño calculado es bajo y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

### 1.1.2.2 Componente recursos humanos

#### Riesgo derivado de las amenazas directas

La posibilidad de que ocurran procesos de remoción en masa, por el incremento de precipitaciones, sugiere que pueden ocurrir accidentes. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar la fuerza laboral de las operaciones mineras, teniendo en cuenta que el suceso se presentaría en zonas localizadas del área de extracción; de igual manera, la ocurrencia del suceso tienen un potencial medio de dañar el componente de recursos humanos constituyendo, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de que ocurran avenidas torrenciales, por el incremento de precipitaciones, sugiere que pueden ocurrir accidentes en inmediaciones de las áreas de extracción. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar la fuerza laboral de las operaciones mineras y, de igual manera, representa un potencial medio de dañar el componente de recursos humanos constituyendo, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de que ocurran sequías, por el aumento de temperatura en el área de estudio, sugiere que se pueden ocasionar enfermedades a los trabajadores de las operaciones mineras por el aumento de emisiones de material particulado. Esta situación representa una posibilidad

media de afectar la fuerza laboral y, asimismo, representa un potencial medio de dañar el componente de recursos humanos constituyendo, en síntesis, una amenaza relevante para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo alto.

### Riesgo alto

No se consideran riesgos derivados de amenazas indirectas para este componente

#### 1.1.2.3 Componente cadena de suministro

##### Riesgo derivado de las amenazas directas

La posibilidad de que ocurran fenómenos de remoción en masa, por el incremento de precipitaciones, sugiere que se puede afectar la infraestructura vial o la infraestructura de suministro de combustibles. Esta situación representa una posibilidad media de afectar el transporte, que es primordial para la cadena de suministro, y asimismo, de afectar el abastecimiento de combustible. De acuerdo con lo anterior, los fenómenos de remoción en masa tienen un potencial bajo de dañar el componente de cadena de suministro constituyendo, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

### Riesgo bajo

La posibilidad de que ocurran avenidas torrenciales, por el incremento de precipitaciones, sugiere que se puede afectar la infraestructura vial o la infraestructura de suministro de combustibles. Esta situación representa una posibilidad baja de afectar el transporte, que es primordial para la cadena de suministro, y asimismo, de afectar el abastecimiento de combustible. De acuerdo con lo anterior, las avenidas torrenciales tienen un potencial medio de dañar el componente de cadena de suministro constituyendo, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

### Riesgo bajo

##### Riesgo derivado de las amenazas indirectas

La posibilidad de que se afecten las vías por efecto de las inundaciones que ocurren en el área de influencia (componente entorno ambiental y social) sugiere una posibilidad baja de afectación al componente cadena de suministro por restricciones en la movilidad dada por interrupciones en los corredores viales. El potencial de daño calculado es bajo y, por lo tanto, se constituye una amenaza secundaria. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

### Riesgo bajo

La posibilidad de que se afecten las vías por efecto de los fenómenos de remoción en masa que ocurren en el área de influencia (componente entorno ambiental y social) sugiere una posibilidad media de afectación al componente cadena de suministro por restricciones en la movilidad dada por interrupciones importantes en los corredores viales. El potencial de daño calculado es alto, por lo que se constituye una amenaza grave para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo alto.

### Riesgo alto

La posibilidad de que se afecten las vías por efecto de las avenidas torrenciales que ocurren en el área de influencia (componente entorno ambiental y social) podría representar una posibilidad baja de afectación a la cadena de suministro, debido a que podrían suspenderse temporalmente las actividades de transporte de los diferentes insumos, piezas de repuesto, contratistas, etc. El potencial de daño calculado es bajo y, por tanto, la amenaza es secundaria. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

### Riesgo bajo

#### 1.1.2.4 Componente extractivo

##### Riesgo derivado de las amenazas directas

La posibilidad de que ocurran procesos de remoción en masa, por el incremento de precipitaciones, sugiere que puede haber afectaciones locales en las áreas de extracción. Esta situación representa una posibilidad media de afectar el componente extractivo y, de igual manera, representa un potencial medio de dañar este componente constituyendo, en síntesis, una amenaza relevante para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo alto.

### Riesgo alto

La posibilidad de que ocurran avenidas torrenciales en las quebradas aferentes a las zonas de extracción, por el incremento de precipitaciones, sugiere que puede haber afectaciones en estas áreas. Esta situación representa una posibilidad baja de afectar el componente extractivo y, de igual manera, representa un potencial medio de dañar el componente constituyendo, en síntesis, una amenaza relevante para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

### Riesgo bajo



El aumento de temperatura posibilita la ocurrencia de incendios forestales en el área de estudio y, en consecuencia, podrían afectarse los títulos mineros. Sin embargo, es poco probable que estos subeventos (incendios forestales) alcancen las áreas de explotación. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar el componente extractivo y, asimismo, representa un potencial bajo de dañar este componente constituyendo, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

##### Riesgo derivado de las amenazas indirectas

La posibilidad de que ocurran accidentes por efecto de los procesos de remoción en masa que afecten a los trabajadores podría representar la suspensión temporal de las actividades extractivas; no obstante, la posibilidad de ocurrencia es baja. El potencial de daño calculado es igualmente bajo y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de que ocurran accidentes por efecto de las avenidas torrenciales que afecten a los trabajadores podría representar la suspensión temporal de las actividades extractivas; no obstante, la posibilidad de ocurrencia es baja. El potencial de daño calculado es igualmente bajo y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La ocurrencia de fenómenos de remoción en masa que afecten la infraestructura vial y, en ese sentido, la cadena de suministro, representa una posibilidad media de que se suspendan las labores del componente extractivo por falta de insumos, maquinaria, piezas de repuesto, etc. El potencial de daño calculado es igualmente medio y, por tanto, la amenaza es relevante para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo alto.

#### Riesgo alto

La ocurrencia de avenidas torrenciales que afecten la infraestructura vial y, en ese sentido, la cadena de suministro, representa una posibilidad baja de que se suspendan las labores del componente extractivo por falta de insumos, maquinaria, piezas de repuesto, etc. El potencial de daño calculado es igualmente bajo y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

## Riesgo bajo

### 1.1.2.5 Componente almacenamiento temporal

#### Riesgo derivado de las amenazas directas

El aumento de temperatura posibilita la ocurrencia de sequías en el área de estudio y, en consecuencia, podría reducirse el acopio de material en las áreas de almacenamiento temporal para garantizar el cumplimiento de la normatividad ambiental de calidad de aire. Esta situación representa una posibilidad media de afectar el componente de almacenamiento temporal y, asimismo, representa un potencial alto de dañar el componente constituyendo, en síntesis, una amenaza grave para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo alto.

## Riesgo alto

#### No se consideran riesgos derivados de amenazas indirectas para este componente

### 1.1.2.6 Componente beneficio

#### Riesgo derivado de las amenazas directas

El aumento de temperatura posibilita la ocurrencia de sequías en el área de estudio y, en consecuencia, podría reducirse el volumen de material que ingresa al proceso de beneficio, para garantizar así el cumplimiento de la normatividad ambiental de calidad de aire. Esta situación representa una posibilidad media de afectar el componente de beneficio y, asimismo, representa un potencial alto de dañar el componente constituyendo, en síntesis, una amenaza grave para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo alto.

## Riesgo alto

#### Riesgo derivado de las amenazas indirectas

En caso de que se presenten accidentes con el personal operativo por la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa, podrían suspenderse temporalmente las actividades extractivas y de beneficio, no obstante, la posibilidad de ocurrencia es baja, así como el potencial de daño y por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

## Riesgo bajo

En caso de que se presenten accidentes con el personal operativo por la ocurrencia de avenidas torrenciales, podrían suspenderse temporalmente las actividades extractivas y de beneficio, no obstante, la posibilidad de ocurrencia es baja, así como el potencial de daño y por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La ocurrencia de fenómenos de remoción en masa que afecten la infraestructura vial y, en ese sentido, la cadena de suministro, representa una posibilidad media de que se suspendan las labores del componente de beneficio por falta de insumos, maquinaria, piezas de repuesto, etc. El potencial de daño calculado es igualmente medio y, por tanto, la amenaza es relevante para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo alto.

#### Riesgo alto

La ocurrencia de avenidas torrenciales que afecten la infraestructura vial y, en ese sentido, la cadena de suministro, representa una posibilidad baja de que se suspendan las labores del componente de beneficio por falta de insumos, maquinaria, piezas de repuesto, etc. El potencial de daño calculado es igualmente bajo y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La ocurrencia de fenómenos de remoción en masa que afecten el componente extractivo sugiere una baja posibilidad de afectación al componente de beneficio por la reducción en la disponibilidad de materiales que ingresarán al proceso correspondiente. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo que teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero lo transforma en un riesgo bajo. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La ocurrencia de avenidas torrenciales que afecten el componente extractivo sugiere una baja posibilidad de afectación al componente de beneficio por la reducción en la disponibilidad de materiales que ingresarán al proceso correspondiente. El potencial de daño calculado es bajo y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La ocurrencia de sequías que afecten el componente de almacenamiento temporal sugiere una baja posibilidad de afectación al componente de beneficio por la reducción en la disponibilidad de materiales que ingresarán al proceso correspondiente. El potencial de daño calculado es medio y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

## Riesgo bajo

### 1.1.2.7 Componente transporte y comercialización

#### Riesgo derivado de las amenazas directas

La posibilidad de que ocurran fenómenos de remoción en masa, por el incremento de precipitaciones, sugiere que se puede afectar la infraestructura vial. Esta situación representa una posibilidad media de afectar el transporte, que es primordial en los procesos del componente de transporte y comercialización. De acuerdo con lo anterior, los fenómenos de remoción en masa tienen un potencial medio de dañar el componente en mención constituyendo, en síntesis, una amenaza relevante para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo alto.

## Riesgo alto

La posibilidad de que ocurran avenidas torrenciales por el incremento de precipitaciones, sugiere que se puede afectar la infraestructura vial. Esta situación representa una posibilidad baja de afectar el transporte, que es primordial en los procesos del componente de transporte y comercialización. De acuerdo con lo anterior, las avenidas torrenciales tienen un potencial medio de dañar el componente en mención constituyendo, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

## Riesgo bajo

#### Riesgo derivado de las amenazas indirectas

La ocurrencia de fenómenos de remoción en masa que afecten el componente recursos humanos, sugiere que pueden suspenderse las labores productivas y, en ese sentido, hay una posibilidad baja de afectación al componente de transporte y comercialización por falta de disponibilidad del material vendible. El potencial de daño es igualmente bajo, por lo que se constituye, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

## Riesgo bajo

La ocurrencia de fenómenos de avenidas torrenciales que afecten el componente recursos humanos, sugiere que pueden suspenderse las labores productivas y, en ese sentido, hay una posibilidad baja de afectación al componente de transporte y comercialización por falta de disponibilidad del material vendible. El potencial de daño es igualmente bajo, por lo que constituye, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La ocurrencia de fenómenos de remoción en masa que afecten la cadena de suministro, sugiere una posibilidad media de afectación al componente transporte y comercialización por afectaciones a la cadena de producción y baja disponibilidad de material a transportar, con un potencial de daño medio, por lo que constituye, en síntesis, una amenaza relevante para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo alto.

#### Riesgo alto

La ocurrencia de avenidas torrenciales que afecten la cadena de suministro, sugiere una posibilidad baja de afectación al componente transporte y comercialización por afectaciones a la cadena de producción y baja disponibilidad de material a transportar. El potencial de daño calculado es bajo, por lo que se constituye, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La ocurrencia de fenómenos de remoción en masa que afecten el componente extractivo sugiere una baja posibilidad de afectación al componente transporte y comercialización por restricciones en la disponibilidad de material a transportar con un potencial de daño medio por lo que constituye, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La ocurrencia de avenidas torrenciales que afecten el componente extractivo sugiere una baja posibilidad de afectación al componente transporte y comercialización por restricciones en la disponibilidad de material a transportar con un potencial de daño bajo, por lo que constituye, en síntesis, una amenaza baja secundaria el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo



La ocurrencia de sequías que afecten el componente almacenamiento temporal sugiere una baja posibilidad de afectación al componente transporte y comercialización por restricciones en la disponibilidad de material a transportar con un potencial de daño bajo, por lo que constituye, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La ocurrencia de sequías que afecten el componente beneficio sugiere una posibilidad media de afectación al componente transporte y comercialización por restricciones en la disponibilidad de material a transportar con un potencial de daño bajo, por lo que constituye, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La ocurrencia de inundaciones que afecten el componente entorno social y ambiental sugiere una posibilidad baja de afectación al componente transporte y comercialización por restricciones en la movilidad dada por interrupciones en los corredores viales, con un potencial de daño bajo, por lo que constituye, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La ocurrencia de avenidas torrenciales que afecten el componente entorno social y ambiental sugiere una posibilidad baja de afectación al componente transporte y comercialización por restricciones en la movilidad dada por interrupciones en los corredores viales. El potencial de daño calculado es bajo, por lo que se constituye, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

### 1.1.2.8 Componente gestión ambiental

#### Riesgo derivado de las amenazas directas

La posibilidad de que ocurran sequías, por el aumento de temperatura en el área de estudio, sugiere que se puede incumplir la normatividad ambiental relacionada con calidad del aire. Esta situación representa una posibilidad media de afectar el componente de gestión ambiental y, asimismo, representa un potencial bajo de dañar dicho componente constituyendo, en

síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

##### Riesgo derivado de las amenazas indirectas

La posibilidad de afectación a la cadena de suministro por efecto de los fenómenos de remoción en masa que afecten la infraestructura vial podría representar la suspensión temporal de actividades de gestión ambiental por falta de insumos, personal contratista, etc. En ese sentido, hay una posibilidad baja de afectar el componente de gestión ambiental. El potencial de daño calculado es igualmente bajo y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de afectación a la cadena de suministro por efecto de las avenidas torrenciales que afecten la infraestructura vial podría representar la suspensión temporal de actividades de gestión ambiental por falta de insumos, personal contratista, etc. En ese sentido, hay una posibilidad baja de afectar el componente de gestión ambiental. El potencial de daño calculado es igualmente bajo y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de afectación a la infraestructura vial por efecto de las inundaciones podría representar la afectación de la cadena de suministros y consecuentemente podrían suspenderse temporalmente las actividades de gestión ambiental por falta de insumos, personal contratista, etc. En ese sentido, hay una posibilidad baja de afectar el componente de gestión ambiental. El potencial de daño calculado es bajo y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de afectación a la infraestructura vial (componente entorno ambiental y social) por efecto de las avenidas torrenciales podría representar la afectación de la cadena de suministros y consecuentemente podrían suspenderse temporalmente las actividades de gestión ambiental por falta de insumos, personal contratista, etc. En ese sentido, hay una posibilidad baja de afectar el componente de gestión ambiental. El potencial de daño calculado es bajo y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

## Riesgo bajo

### 1.1.2.9 Componente cierre minero

#### Riesgo derivado de las amenazas directas

La posibilidad de que ocurran fenómenos de remoción en masa, por el incremento de precipitaciones, sugiere que se puede afectar la continuidad de las medidas de cierre. Esta situación representa una posibilidad baja de afectar el componente de cierre minero, ya que el efecto sería localizado. De acuerdo con lo anterior, los fenómenos de remoción en masa tienen un potencial bajo de dañar el componente en mención constituyendo, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

## Riesgo bajo

La posibilidad de que ocurran avenidas torrenciales, por el incremento de precipitaciones, sugiere que se puede afectar la continuidad de las medidas de cierre. Esta situación representa una posibilidad baja de afectar el componente de cierre minero, y asimismo, representa un potencial bajo de dañar el componente en mención constituyendo, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

## Riesgo bajo

La posibilidad de que ocurran sequías, por el aumento de temperatura en el área de estudio, sugiere que se puede incumplir la normatividad ambiental relacionada con calidad del aire, que de igual manera debe cumplirse en la etapa de cierre. Adicionalmente, puede comprometerse la continuidad de algunas medidas de cierre. Esta situación representa una posibilidad media de afectar el componente de cierre minero y, asimismo, representa un potencial medio de dañar dicho componente constituyendo, en síntesis, una amenaza relevante para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo. alto.

## Riesgo alto

El aumento de temperatura posibilita la ocurrencia de incendios forestales en el área de estudio y, en consecuencia, podría afectarse la continuidad de algunas medidas de cierre. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar el componente de cierre minero y, asimismo, representa un potencial bajo de dañar este componente constituyendo, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

## Riesgo bajo

### Riesgo derivado de las amenazas indirectas

La posibilidad de afectación a la cadena de suministro por efecto de los fenómenos de remoción en masa que afecten la infraestructura vial podría representar la suspensión temporal de actividades de cierre por falta de insumos, personal contratista, etc. En ese sentido, hay una posibilidad baja de afectar este componente. El potencial de daño calculado es igualmente bajo y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

## Riesgo bajo

La posibilidad de afectación a la cadena de suministro por efecto de las avenidas torrenciales que afecten la infraestructura vial podría representar la suspensión temporal de actividades de cierre por falta de insumos, personal contratista, etc. En ese sentido, hay una posibilidad baja de afectar este componente. El potencial de daño calculado es igualmente bajo y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

## Riesgo bajo

### 1.1.2.10 Componente de entorno ambiental y social

#### Riesgo derivado de las amenazas directas

La posibilidad de que ocurran inundaciones, por el incremento de precipitaciones, sugiere que se pueden afectar la infraestructura vial, los predios vecinos, los cultivos y las áreas destinadas a ganadería. El abastecimiento de agua también podría afectarse en menor proporción. Esta situación representa una posibilidad baja de afectar el componente de entorno ambiental y social, y asimismo, representa un potencial bajo de dañar este componente constituyendo, en síntesis, una amenaza secundaria. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

## Riesgo bajo

La posibilidad de que ocurran procesos de remoción en masa, por el incremento de precipitaciones, sugiere que se puede afectar la prestación de servicios públicos. Esta situación representa una posibilidad alta de afectar el componente de entorno ambiental y social, y asimismo, representa un potencial alto de dañar este componente constituyendo, en síntesis, una amenaza grave. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo alto.

### Riesgo alto

La posibilidad de que ocurran avenidas torrenciales, sugiere que se pueden afectar la infraestructura vial, los predios vecinos, los cultivos y las áreas destinadas a ganadería. El abastecimiento de agua también podría afectarse en menor proporción. Esta situación representa una posibilidad baja de afectar el componente de entorno ambiental y social, y asimismo, representa un potencial bajo de dañar este componente constituyendo, en síntesis, una amenaza secundaria. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

### Riesgo bajo

#### Riesgo derivado de las amenazas indirectas

La posibilidad de que el componente recursos humanos se afecte por eventos de remoción en masa sugiere una posibilidad baja de afectación al componente de entorno social y ambiental pues si el personal de las operaciones mineras se expone a accidentes, podrían generarse conflictos con la comunidad, lo cual constituye un potencial de daño bajo por lo cual constituye una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

### Riesgo bajo

La posibilidad de que el componente recursos humanos se afecte por avenidas torrenciales sugiere una posibilidad baja de afectación al componente de entorno social y ambiental pues si el personal de las operaciones mineras se expone a accidentes, podrían generarse conflictos con la comunidad, lo cual constituye un potencial de daño bajo por lo cual constituye una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

### Riesgo bajo

La posibilidad de afectación del componente recursos humanos por sequía sugiere una posibilidad baja de afectación al componente de entorno social y ambiental pues si el personal de las operaciones mineras adquiere enfermedades relacionadas con las emisiones de material particulado, podrían generarse conflictos con la comunidad. El potencial de daño calculado es bajo y, por lo tanto, se constituye una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

### Riesgo bajo

La afectación de componente de gestión ambiental por eventos de sequía sugiere una posibilidad media de afectación al componente de entorno social y ambiental pues el aumento



de emisiones de material particulado podría generar conflictos con la comunidad, lo cual constituye un potencial de daño medio por lo cual constituye una amenaza relevante para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo alto.

## Riesgo alto

### 1.1.3 Girardota

#### 1.1.3.1 Componente administrativo y financiero

##### Riesgo derivado de las amenazas directas

La posibilidad de que ocurran inundaciones, por el incremento de precipitaciones, sugiere que pueden suspenderse temporalmente las actividades extractivas. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar las finanzas de la empresa al disminuir el material que proviene de la mina y que ingresará al proceso de beneficio para ser comercializado posteriormente. El potencial de daño calculado es medio de manera que, en síntesis, el subevento de inundaciones constituye una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

## Riesgo bajo

La posibilidad de que ocurran avenidas torrenciales, por el incremento de precipitaciones, sugiere que pueden suspenderse temporalmente las actividades extractivas. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar las finanzas de la empresa al disminuir el material que proviene de la mina y que ingresará al proceso de beneficio para ser comercializado posteriormente. El potencial de daño calculado es medio de manera que, en síntesis, el subevento de avenidas torrenciales constituye una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

## Riesgo bajo

El aumento de temperatura posibilita la ocurrencia de sequías en el área de estudio y, en consecuencia, podrían suspenderse temporalmente las actividades de almacenamiento temporal y beneficio. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar el componente administrativo y financiero ya que se reduciría la producción del material vendible. El potencial de daño calculado es medio de manera que, en síntesis, el subeventos de sequía constituye una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

## Riesgo bajo

### Riesgo derivado de las amenazas indirectas

La posibilidad de afectación al componente de recursos humanos por efecto de las inundaciones sugiere una baja posibilidad de afectación al componente administrativo y financiero por tener que incurrir en costos mayores por cubrimiento de incapacidades y demandas laborales, reentrenamientos y demás costos asociados al personal que pueda resultar afectado. El potencial de daño calculado es medio y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de afectación al componente de recursos humanos por efecto de las avenidas torrenciales sugiere una baja posibilidad de afectación al componente administrativo y financiero por tener que incurrir en costos mayores por cubrimiento de incapacidades y demandas laborales, reentrenamientos y demás costos asociados al personal que pueda resultar afectado. El potencial de daño calculado es medio y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de afectación al componente de recursos humanos por efecto de las sequías sugiere una baja posibilidad de afectación al componente administrativo y financiero por tener que incurrir en costos mayores por cubrimiento de incapacidades y demandas laborales, reentrenamientos y demás costos asociados al personal que pueda resultar afectado. El potencial de daño calculado es medio y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de afectación a la cadena de suministro por efecto de las inundaciones que afecten la infraestructura vial podría representar la suspensión temporal de actividades productivas por falta de insumos, maquinaria, piezas de repuesto, etc. En ese sentido, hay una baja posibilidad de afectar el componente administrativo y financiero. El potencial de daño calculado es medio y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de afectación a la cadena de suministro por efecto de avenidas torrenciales que afecten la infraestructura vial o de suministro de combustible, podría representar la suspensión

temporal de actividades productivas por falta de insumos, maquinaria, piezas de repuesto, etc. En ese sentido, hay una posibilidad baja de afectar el componente administrativo y financiero. El potencial de daño calculado es medio y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de que se dé una suspensión temporal de las labores extractivas por efecto de las inundaciones en las áreas de explotación podría representar una posibilidad baja de que se vea afectado el componente administrativo y financiero. Lo anterior, debido a que puede verse comprometida la producción de los materiales vendibles. El potencial de daño calculado es medio y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de que se dé una suspensión temporal de las labores extractivas por efecto de avenidas torrenciales que puedan ocurrir en el área de explotación podría representar una posibilidad baja de que se vea afectado el componente administrativo y financiero. Lo anterior, debido a que puede comprometerse la producción de los materiales vendibles. El potencial de daño calculado es medio y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de que se afecten los patios de acopio por efecto de las inundaciones podría representar una posibilidad baja de que se afecte el componente administrativo y financiero debido a que podría reducirse la producción del material vendible. El potencial de daño es medio y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de que se afecten los patios de acopio por efecto de las avenidas torrenciales podría representar una posibilidad baja de que se afecte el componente administrativo y financiero debido a que podría reducirse la producción del material vendible. El potencial de daño es medio y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de que se reduzca la cantidad de material dispuesto en los patios de acopio por efecto de las sequías, para garantizar el cumplimiento de la normativa de calidad de aire, podría representar una posibilidad baja de que se afecte el componente administrativo y financiero debido a que podría reducirse la producción del material vendible. El potencial de daño es medio y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de que se afecten las áreas de beneficio por efecto de las inundaciones podría representar una posibilidad baja de que se afecte el componente administrativo y financiero debido a que podría reducirse la producción del material vendible. El potencial de daño es medio y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de que se afecten las áreas de beneficio por efecto de las avenidas torrenciales podría representar una posibilidad baja de que se afecte el componente administrativo y financiero debido a que podría reducirse la producción del material vendible, o podría requerirse adecuaciones de las áreas e infraestructura afectada. El potencial de daño es medio y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de que se suspendan temporalmente las actividades de beneficio, para garantizar el cumplimiento de la normatividad de calidad de aire, podría representar una posibilidad baja de que se afecte el componente administrativo y financiero debido a que podría reducirse la producción del material vendible. El potencial de daño es medio y, por tanto, la amenaza es secundario para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de afectación a la infraestructura vial por efecto de las inundaciones podría representar una baja posibilidad de afectar el componente administrativo y financiero, debido a que se afectarían las actividades de transporte y comercialización comprometiendo los ingresos de las operaciones mineras. El potencial de daño calculado es medio y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de afectación a la infraestructura vial por efecto de las avenidas torrenciales podría representar una baja posibilidad de afectar el componente administrativo y financiero, debido a que se afectarían las actividades de transporte y comercialización comprometiendo los ingresos de las operaciones mineras. El potencial de daño calculado es medio y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de que se incumpla la normatividad ambiental por efecto de las emisiones de material particulado en época de sequía, podría representar una baja posibilidad de afectar el componente administrativo y financiero por pago de sanciones o mayores inversiones para el control de las emisiones. El potencial de daño calculado es medio y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de que se afecten las medidas de cierre por efecto de las inundaciones, podría representar una posibilidad baja de afectar el componente administrativo y financiero por efecto de las reparaciones que deban efectuarse. El potencial de daño calculado es medio y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de que se afecten las medidas de cierre por efecto de las avenidas torrenciales podría representar una posibilidad baja de afectar el componente administrativo y financiero por efecto de las reparaciones que deban efectuarse. El potencial de daño calculado es medio y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de que se incumpla la normatividad ambiental por efecto de las emisiones de material particulado en época de sequía, podría representar una posibilidad baja de afectar el componente administrativo y financiero por pago de sanciones. El potencial de daño calculado es medio y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo



La posibilidad de que se afecten las vías por efecto de las inundaciones que ocurren en el área de influencia (componente entorno ambiental y social) podría representar una posibilidad media de afectación al componente administrativo y financiero, debido a que podrían suspenderse temporalmente las actividades de transporte y comercialización del material vendible. El potencial de daño calculado es medio y, por tanto, la amenaza es relevante para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo alto.

#### Riesgo alto

La posibilidad de que se afecten las vías por efecto de las avenidas torrenciales que ocurran en el área de influencia (componente entorno ambiental y social) podría representar una posibilidad baja de afectación al componente administrativo y financiero, debido a que podrían suspenderse temporalmente las actividades de transporte y comercialización del material vendible. El potencial de daño calculado es medio y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

### 1.1.3.2 Componente recursos humanos

#### Riesgo derivado de las amenazas directas

La posibilidad de que ocurran inundaciones, por el incremento de precipitaciones, sugiere que pueden ocurrir accidentes. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar la fuerza laboral de las operaciones mineras, teniendo en cuenta que en las orillas del río Medellín se han construido jarillones y, en ese sentido, las quebradas aferentes son las que representarían la principal amenaza. El potencial de daño al componente de recursos humanos es bajo constituyendo, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de que ocurran avenidas torrenciales por el incremento de precipitaciones, sugiere que pueden ocurrir accidentes. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar la fuerza laboral de las operaciones mineras e igualmente representaría un potencial bajo de daño al componente de recursos humanos constituyendo, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de que ocurran sequías, por el aumento de temperatura en el área de estudio, sugiere que se pueden ocasionar enfermedades a los trabajadores de las operaciones mineras por el aumento de emisiones de material particulado. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar la fuerza laboral y, asimismo, representa un potencial bajo de dañar el componente de recursos humanos constituyendo, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

No se consideran riesgos derivados de amenazas indirectas para este componente

#### 1.1.3.3 Componente cadena de suministro

Riesgo derivado de las amenazas directas

La posibilidad de que ocurran inundaciones, por el incremento de precipitaciones, sugiere que se puede afectar la infraestructura vial o la infraestructura de suministro de combustibles. Esta situación representa una posibilidad media de afectar el transporte, que es primordial para la cadena de suministro, y asimismo, de afectar el abastecimiento de combustible. De acuerdo con lo anterior, las inundaciones tienen un potencial medio de dañar el componente de cadena de suministro constituyendo, en síntesis, una amenaza relevante para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo alto.

#### Riesgo alto

La posibilidad de que ocurran avenidas torrenciales por el incremento de precipitaciones, sugiere que se puede afectar la infraestructura vial o la infraestructura de suministro de combustibles. Esta situación representa una posibilidad media de afectar el transporte, que es primordial para la cadena de suministro, y asimismo, de afectar el abastecimiento de combustible. De acuerdo con lo anterior, las inundaciones tienen un potencial medio de dañar el componente de cadena de suministro constituyendo, en síntesis, una amenaza relevante para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo alto.

#### Riesgo alto

Riesgo derivado de las amenazas directas

La posibilidad de que ocurran inundaciones que afecten el entorno social y ambiental sugiere una posibilidad media de afectación al componente cadena de suministro por restricciones importantes en la movilidad dada por interrupciones en los corredores viales. El potencial de daño calculado es alto, por lo que se constituye, en síntesis, una amenaza grave para el

sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo alto.

#### Riesgo alto

La posibilidad de que ocurran avenidas torrenciales que afecten el componente de entorno social y ambiental sugiere una posibilidad baja de afectación al componente cadena de suministro por restricciones en la movilidad dada por interrupciones en los corredores viales. El potencial de daño es medio por lo que se constituye, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

### 1.1.3.4 Componente extractivo

#### Riesgo derivado de las amenazas directas

La posibilidad de que ocurran inundaciones, por el incremento de precipitaciones, sugiere que se pueden presentar afectaciones en las áreas de explotación minera. La posibilidad de ocurrencia es media, teniendo en cuenta que en las orillas del río Medellín se han construido jarillones y, en ese sentido, las quebradas aferentes son las que representarían la principal amenaza. El potencial de daño al componente extractivo es medio constituyendo, en síntesis, una amenaza relevante para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad, constituye un riesgo alto.

#### Riesgo alto

La posibilidad de que ocurran avenidas torrenciales por el incremento de precipitaciones, sugiere que se pueden presentar afectaciones en las áreas de explotación minera. La posibilidad de ocurrencia es media y el potencial de daño al componente extractivo es, igualmente, medio constituyendo, en síntesis, una amenaza relevante para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo alto.

#### Riesgo alto

#### Riesgo derivado de las amenazas directas

La posibilidad de que ocurran accidentes por efecto de inundaciones que afecten a los trabajadores podría representar la suspensión temporal de las actividades extractivas; no obstante, la posibilidad de ocurrencia es baja. El potencial de daño calculado es igualmente bajo y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de que ocurran accidentes por efecto de las avenidas torrenciales que afecten a los trabajadores podría representar la suspensión temporal de las actividades extractivas; no obstante, la posibilidad de ocurrencia es baja. El potencial de daño calculado es igualmente bajo y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La ocurrencia de inundaciones que afecten la infraestructura vial y, en ese sentido, la cadena de suministro, representa una posibilidad baja de que se suspendan las labores del componente extractivo por falta de insumos, maquinaria, piezas de repuesto, etc. El potencial de daño calculado es medio y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La ocurrencia de avenidas torrenciales que afecten la infraestructura vial y, en ese sentido, la cadena de suministro, representa una posibilidad baja de que se suspendan las labores del componente extractivo por falta de insumos, maquinaria, piezas de repuesto, etc. El potencial de daño calculado es medio y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

### 1.1.3.5 Componente almacenamiento temporal

#### Riesgo derivado de las amenazas directas

La posibilidad de que ocurran inundaciones, por el incremento de precipitaciones, sugiere que pueden presentarse afectaciones en las áreas de almacenamiento temporal. La posibilidad de ocurrencia es media, teniendo en cuenta que en las orillas del río Medellín se han construido jarillones y, en ese sentido, las quebradas aferentes son las que representarían la principal amenaza. El potencial de daño al componente de almacenamiento temporal es medio constituyendo, en síntesis, una amenaza relevante para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo alto

#### Riesgo alto

La posibilidad de que ocurran avenidas torrenciales por el incremento de precipitaciones, sugiere que pueden presentarse afectaciones en las áreas de acopio temporal de materiales. La posibilidad de ocurrencia es media y el potencial de daño al componente de almacenamiento

temporal es, igualmente, medio constituyendo, en síntesis, una amenaza relevante para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo alto.

#### Riesgo alto

El aumento de temperatura posibilita la ocurrencia de sequías en el área de estudio y, en consecuencia, podría reducirse el acopio de material en las áreas de almacenamiento temporal para garantizar el cumplimiento de la normativa ambiental de calidad de aire. Esta situación representa una posibilidad baja de afectar el componente de almacenamiento temporal y, asimismo, representa un potencial bajo de dañar el componente constituyendo, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo

#### Riesgo bajo

No se consideran riesgos derivados de amenazas indirectas para este componente

### 1.1.3.6 Componente beneficio

#### Riesgo derivado de las amenazas directas

La posibilidad de que ocurran inundaciones, por el incremento de precipitaciones, sugiere que pueden presentarse afectaciones en las áreas de beneficio. La posibilidad de ocurrencia es media, teniendo en cuenta que en las orillas del río Medellín se han construido jarillones y, en ese sentido, las quebradas aferentes son las que representarían la principal amenaza. El potencial de daño al componente de beneficio es, igualmente, medio constituyendo una amenaza relevante para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo alto.

#### Riesgo alto

La posibilidad de que ocurran avenidas torrenciales por el incremento de precipitaciones, sugiere que pueden presentarse afectaciones en las áreas de proceso. La posibilidad de ocurrencia es media y el potencial de daño al componente de beneficio es, igualmente, medio constituyendo, en síntesis, una amenaza relevante para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo alto.

#### Riesgo alto

El aumento de temperatura posibilita la ocurrencia de sequías en el área de estudio y, en consecuencia, podrían suspenderse temporalmente las actividades de beneficio para garantizar el cumplimiento de la normatividad ambiental de calidad de aire. Esta situación representa una posibilidad baja de afectar el componente de beneficio y, asimismo, representa un potencial medio de dañar el componente constituyendo, en síntesis, una amenaza secundaria para el



sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo

#### Riesgo bajo

##### Riesgo derivado de las amenazas indirectas

En caso de que se presenten accidentes con el personal operativo podrían suspenderse temporalmente las actividades extractivas y de beneficio, no obstante, la posibilidad de ocurrencia es baja, así como el potencial de daño y, por lo tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La ocurrencia de fenómenos de inundaciones que afecten la infraestructura vial y, en ese sentido, la cadena de suministro, representa una posibilidad baja de que se suspendan las labores del componente de beneficio por falta de insumos, maquinaria, piezas de repuesto, etc. El potencial de daño calculado es medio y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La ocurrencia de avenidas torrenciales que afecten la infraestructura vial y, en ese sentido, la cadena de suministro, representa una posibilidad baja de que se suspendan las labores del componente de beneficio por falta de insumos, maquinaria, piezas de repuesto, etc. El potencial de daño calculado es medio y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La ocurrencia de inundaciones que afecten el componente extractivo sugiere una baja posibilidad de afectación al componente de beneficio por la reducción en la disponibilidad del material que ingresará al respectivo proceso. El potencial de daño calculado es medio por lo que se constituye una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La ocurrencia de avenidas torrenciales que afecten el componente extractivo sugiere una baja posibilidad de afectación al componente de beneficio por la reducción en la disponibilidad de

materiales que ingresarán al respectivo proceso. El potencial de daño es bajo por lo que se constituye una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de este efecto directo sobre el componente de almacenamiento temporal sugiere una baja posibilidad de afectación al componente de beneficio por la reducción en la disponibilidad de materiales en los patios con un potencial medio de daño por lo que constituye una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La ocurrencia de inundaciones que afecten el componente almacenamiento temporal sugiere una baja posibilidad de afectación al componente de beneficio por la reducción en la disponibilidad de materiales que ingresarán al respectivo proceso. El potencial de daño es medio por lo que se constituye una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La ocurrencia de avenidas torrenciales que afecten el componente de almacenamiento temporal sugiere una baja posibilidad de afectación al componente de beneficio por la reducción en la disponibilidad de materiales que ingresarán al respectivo proceso. El potencial de daño es medio y, por lo tanto, se constituye una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La ocurrencia de sequías que puedan afectar el componente almacenamiento temporal sugiere una baja posibilidad de afectación al componente de beneficio por la reducción en la disponibilidad del material que ingresará al respectivo proceso, para así garantizar el cumplimiento de la normativa ambiental. El potencial de daño es medio y, en síntesis, se constituye una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

### 1.1.3.7 Componente transporte y comercialización

#### Riesgo derivado de las amenazas directas

La posibilidad de que ocurran inundaciones, por el incremento de precipitaciones, sugiere que se puede afectar la infraestructura vial. Esta situación representa una posibilidad media de afectar el transporte y en consecuencia los procesos de comercialización. De acuerdo con lo anterior, las inundaciones tienen un potencial medio de dañar el componente de transporte y comercialización constituyendo, en síntesis, una amenaza relevante para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo alto.

#### Riesgo alto

La posibilidad de que ocurran avenidas torrenciales por el incremento de precipitaciones, sugiere que se puede afectar la infraestructura vial. Esta situación representa una posibilidad media de afectar el transporte, que es primordial en los procesos del componente de transporte y comercialización. De acuerdo con lo anterior, las avenidas torrenciales tienen un potencial medio de dañar el componente en mención constituyendo, en síntesis, una amenaza relevante para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo alto.

#### Riesgo alto

#### Riesgo derivado de las amenazas indirectas

La ocurrencia de inundaciones que afecten el componente recursos humanos sugiere que pueden suspenderse las labores productivas y, en ese sentido, hay una posibilidad baja de afectación al componente de transporte y comercialización por falta de disponibilidad del material vendible. El potencial de daño es igualmente bajo, por lo que constituye, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La ocurrencia de avenidas torrenciales que afecten el componente recursos humanos sugiere que pueden suspenderse las labores productivas y, en ese sentido, hay una posibilidad baja de afectación al componente de transporte y comercialización por falta de disponibilidad del material vendible. El potencial de daño es igualmente bajo, por lo que constituye, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La afectación de la cadena de suministro por efecto de inundaciones sugiere una posibilidad baja de afectación al componente transporte y comercialización por afectaciones a la cadena de producción y baja disponibilidad de material a transportar, con un potencial de daño medio, por lo que constituye, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La afectación de la cadena de suministro por efecto de avenidas torrenciales sugiere una posibilidad baja de afectación al componente transporte y comercialización por afectaciones a la cadena de producción y baja disponibilidad de material a transportar, con un potencial de daño medio por lo que constituye, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La afectación de las actividades extractivas por efecto de las inundaciones sugiere una baja posibilidad de afectación al componente transporte y comercialización por restricciones en la disponibilidad de material a transportar con un potencial de daño medio por lo que constituye, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La afectación de las actividades extractivas por efecto de avenidas torrenciales sugiere una baja posibilidad de afectación al componente transporte y comercialización por restricciones en la disponibilidad de material a transportar con un potencial de daño medio por lo que constituye, en síntesis, una amenaza secundaria al sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de que se afecten los patios de acopio (componente almacenamiento temporal) por efecto de inundaciones sugiere una baja posibilidad de afectación al componente transporte y comercialización por restricciones en la disponibilidad de material a transportar o reducción del volumen del miso. El potencial de daño es medio por lo que se constituye, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de que se afecten los patios de acopio (componente almacenamiento temporal) por efecto de avenidas torrenciales sugiere una posibilidad baja de afectación al componente

transporte y comercialización por restricciones en la disponibilidad de material a transportar. El potencial de daño es medio por lo que se constituye, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La disminución de material en los patios de acopio por efecto de las sequías podría retrasar el proceso de producción y consecuentemente el proceso de comercialización. En ese sentido, hay una posibilidad baja de afectar el componente de transporte y comercialización. El potencial de daño calculado es medio y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La ocurrencia de inundaciones que afecten el componente beneficio sugiere una posibilidad baja de afectación al componente transporte y comercialización por restricciones en la disponibilidad de material a transportar. El potencial de daño es medio por lo que se constituye, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La ocurrencia de avenidas torrenciales que afecten el componente beneficio sugiere una posibilidad baja de afectación al componente transporte y comercialización por restricciones en la disponibilidad de material a transportar. El potencial de daño es medio por lo que se constituye, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La ocurrencia de sequías que afecten el componente de beneficio sugiere una posibilidad baja de afectación al componente transporte y comercialización por restricciones en la disponibilidad de material a transportar. El potencial de daño es medio por lo que constituye, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La ocurrencia de inundaciones en el entorno social y ambiental sugiere una posibilidad media de afectación al componente transporte y comercialización por restricciones en la movilidad dada por interrupciones en los corredores viales. El potencial de daño es igualmente medio por

lo que se constituye, en síntesis, una amenaza relevante para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo alto.

#### Riesgo alto

La ocurrencia de avenidas torrenciales en el componente entorno social y ambiental sugiere una posibilidad baja de afectación al componente transporte y comercialización por restricciones en la movilidad dada por interrupciones en los corredores viales, con un potencial de daño medio por lo que se constituye, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

### 1.1.3.8 Componente gestión ambiental

#### Riesgo derivado de las amenazas directas

La posibilidad de que ocurran sequías, por el aumento de temperatura en el área de estudio, sugiere que se puede incumplir la normatividad ambiental relacionada con calidad del aire. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar el componente de gestión ambiental y, asimismo, representa un potencial bajo de dañar dicho componente constituyendo, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

#### Riesgo derivado de las amenazas directas

La posibilidad de afectación a la cadena de suministro por efecto de las inundaciones que afecten la infraestructura vial podría representar la suspensión temporal de actividades de gestión ambiental por falta de insumos, personal contratista, etc. En ese sentido, hay una baja posibilidad de afectar el componente de gestión ambiental. El potencial de daño calculado es bajo y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de afectación a la cadena de suministro por efecto de las avenidas torrenciales que afecten la infraestructura vial podría representar la suspensión temporal de actividades de gestión ambiental por falta de insumos, personal contratista, etc. En ese sentido, hay una baja posibilidad de afectar el componente de gestión ambiental. El potencial de daño calculado es



bajo y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de afectación a la infraestructura vial por efecto de las inundaciones en el componente entorno ambiental y social podría representar la afectación de la cadena de suministros y consecuentemente podrían suspenderse temporalmente las actividades de gestión ambiental por falta de insumos, personal contratista, etc. En ese sentido, hay una posibilidad baja de afectar el componente de gestión ambiental. El potencial de daño calculado es bajo y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de afectación a la infraestructura vial por efecto de las avenidas torrenciales en el componente entorno ambiental y social, podría representar la afectación de la cadena de suministros y consecuentemente podrían suspenderse temporalmente las actividades de gestión ambiental por falta de insumos, personal contratista, etc. En ese sentido, hay una posibilidad baja de afectar el componente de gestión ambiental. El potencial de daño calculado es bajo y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

### 1.1.3.9 Componente cierre minero

#### Riesgo derivado de las amenazas directas

La posibilidad de que ocurran inundaciones, por el incremento de precipitaciones, sugiere que se puede afectar la continuidad de las medidas de cierre. Esta situación representa una posibilidad media de afectar el componente de cierre minero. De acuerdo con lo anterior, las inundaciones que se presenten en el área de estudio tienen un potencial medio de dañar el componente en mención constituyendo, en síntesis, una amenaza relevante para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo alto.

#### Riesgo alto

La posibilidad de que ocurran avenidas torrenciales, por el incremento de precipitaciones, sugiere que se puede afectar la continuidad de las medidas de cierre. Esta situación representa una posibilidad baja de afectar el componente de cierre minero, y asimismo, representa un

potencial bajo de dañar el componente en mención constituyendo, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de que ocurran sequías, por el aumento de temperatura en el área de estudio, sugiere que se puede incumplir la normatividad ambiental relacionada con calidad del aire, que de igual manera debe cumplirse en la etapa de cierre. Esta situación representa una posibilidad baja de afectar el componente de cierre minero y, asimismo, representa un potencial bajo de dañar dicho componente constituyendo, en síntesis, una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

##### Riesgo derivado de las amenazas indirectas

La posibilidad de afectación a la cadena de suministro por efecto de inundaciones que afecten la infraestructura vial podría representar la suspensión temporal de actividades de cierre por falta de insumos, personal contratista, etc. En ese sentido, hay una posibilidad baja de afectar este componente. El potencial de daño calculado es igualmente bajo y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de afectación a la cadena de suministro por efecto de avenidas torrenciales que afecten la infraestructura vial podría representar la suspensión temporal de actividades de cierre por falta de insumos, personal contratista, etc. En ese sentido, hay una posibilidad baja de afectar este componente. El potencial de daño calculado es igualmente bajo y, por tanto, la amenaza es secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

### 1.1.3.10 Componente de entorno ambiental y social

##### Riesgo derivado de las amenazas directas

La posibilidad de que ocurran inundaciones, por el incremento de precipitaciones, sugiere que se pueden afectar la infraestructura vial, los predios vecinos y las actividades productivas. El abastecimiento de agua también podría afectarse en menor proporción. Esta situación

representa una posibilidad alta de afectar el componente de entorno ambiental y social, y asimismo, representa un potencial alto de dañar este componente constituyendo, en síntesis, una amenaza grave. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo alto.

#### Riesgo alto

La posibilidad de que ocurran avenidas torrenciales, sugiere que se pueden afectar la infraestructura vial, los predios vecinos y las actividades productivas. El abastecimiento de agua también podría afectarse en menor proporción. Esta situación representa una posibilidad media de afectar el componente de entorno ambiental y social, y asimismo, representa un potencial medio de dañar este componente constituyendo, en síntesis, una amenaza relevante. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo alto.

#### Riesgo alto

La posibilidad de que ocurran sequías, por el aumento de temperatura en el área de estudio, sugiere que se pueden afectar los procesos productivos que requieran altos volúmenes de agua. Esto constituye una amenaza para las posibilidades de empleo de las comunidades y compromete sus fuentes de ingreso. Esta situación representa una baja posibilidad de afectar el componente de entorno ambiental y social, y asimismo, representa un potencial bajo de dañar dicho componente constituyendo, en síntesis, una amenaza secundaria. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

##### Riesgo derivado de las amenazas indirectas

La posibilidad de que los eventos de inundación afecten el componente de recursos humanos sugiere una posibilidad baja de afectación al componente de entorno social y ambiental pues si el personal de las operaciones mineras se expone a accidentes, se podrían generar conflictos con la comunidad, lo cual constituye un potencial de daño bajo y una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de que los eventos de avenidas torrenciales afecten el componente de recursos humanos sugiere una posibilidad baja de afectación al componente de entorno social y ambiental pues si el personal de las operaciones mineras se expone a accidentes, podrían generarse conflictos con la comunidad, lo cual constituye un potencial de daño bajo y una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de que los eventos de sequía afecten el componente de recursos humanos sugiere una posibilidad baja de afectación al componente de entorno social y ambiental pues si el personal de las operaciones mineras adquiere enfermedades relacionadas con las emisiones de material particulado, podrían generarse conflictos con la comunidad, lo cual constituye un potencial de daño bajo por lo cual constituye una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La afectación que las sequías representan para el componente de gestión ambiental sugiere una posibilidad media de afectación al componente de entorno social y ambiental pues el aumento de emisiones de material particulado podría generar conflictos con la comunidad, lo cual constituye un potencial de daño bajo y una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

La posibilidad de que los eventos de sequía afecten el componente de cierre minero sugiere una posibilidad baja de afectación al componente de entorno social y ambiental pues el aumento de emisiones de material particulado podría generar conflictos con la comunidad, lo cual constituye un potencial de daño bajo y una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo anterior, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema, constituye un riesgo bajo.

#### Riesgo bajo

## 2. MAPA DE RIESGOS POR COMPONENTE DE LA CADENA DE VALOR DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN ANTE CAMBIOS EN PATRONES CLIMÁTICOS Y POR EVENTOS CLIMÁTICOS RECURRENTES, CON ÉNFASIS EN LAS REGIONES PRIORIZADAS

El último paso del análisis efectuado para el subsector de materiales de construcción consistió en clasificar los riesgos para facilitar la toma de decisiones sobre su gestión, esta clasificación se representa en un mapa que se elaboró con base en los resultados de la valoración del riesgo, que se presentaron en el numeral anterior, y la importancia de cada componente de la cadena de valor<sup>6</sup>.

Este ejercicio permite jerarquizar la influencia y la dependencia de los componentes del sistema minero, permitiendo una clara distinción de varios segmentos de componentes; algunos muy relevantes y otros menos relevantes para la funcionalidad del sistema. Ello pudiera suponer que los riesgos sobre los componentes más centrales del sistema debieran ser prioritarios<sup>7</sup>.

Asimismo, el ejercicio permite denotar como algunos componentes dependen excesivamente de otros, mostrando una particular debilidad en este sentido. Esto señala que, de fallar el resto, estos serían los componentes que sufrirían con mayor probabilidad. Finalmente, el ejercicio sugiere que un riesgo alto en un componente determinado pudiera valer más o ser más significativo y, por tanto, requerir medidas más duras o prioritarias que otro riesgo alto afectando un componente de menor importancia<sup>8</sup>.

Ahora bien, para efectos de identificar la importancia de cada componente en el sistema se propone una valoración cruzada del papel funcional que tiene cada componente en el resto, en una matriz de doble entrada como la que se muestra en la tabla 2-1. El valor que fluctúa entre 1 y 3 representa el grado de influencia o importancia que tiene el componente fila en el componente columna; así, por ejemplo, para el presente análisis se determinó que el componente administrativo y financiero es muy relevante para el componente recursos humanos pues es indispensable para mantenerlo en la empresa; los demás resultados se presentan a continuación tabla 2-1

---

<sup>6</sup> *Ibíd.* p. 107.

<sup>7</sup> *Ibíd.* p. 108.

<sup>8</sup> *Ibíd.* p. 106.

**Tabla 2-1** Importancia de los componentes de la cadena de valor

Componente/componente	Componente Administrativo, Financiero	Componente Recursos Humanos	Componente Cadena de Suministro	Componente Extractivo	Componente Almacenamiento Temporal	Componente Beneficio	Componente Transporte y Comercialización	Componente de Gestión Ambiental	Componente de Cierre Minero	Componente entorno social y ambiental	Grado influencia
Componente Administrativo, Financiero		3	3	1		1	1	2	2		13
Componente Recursos Humanos				3	1	2	1	2	1		10
Componente Cadena de Suministro				2		2		1	1		6
Componente Extractivo	3				3	2		2			10
Componente Almacenamiento Temporal						3		2			5
Componente Beneficio	2						2	1			5
Componente Transporte y Comercialización	2									2	4
Componente de Gestión Ambiental	1			1	2	2	1		1	1	9
Componente de Cierre Minero										3	3
Componente entorno social y ambiental			1	1			1	1	1		5
<b>Grado de dependencia componente</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>11</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>70</b>

Fuente: INERCO Consultoría Colombia. Adaptada INERCO Consultoría Colombia 2020.



Posteriormente, se propone ordenar los componentes según la siguiente fórmula:

$$\text{Centralidad componente} = \left( \frac{\text{Grado influencia}}{\text{Grado dependencia}} \right) * (\text{Puntos de influencia} + \text{Puntos de dependencia})$$

El cociente que evalúa la proactividad o la dependencia de los componentes del sistema, se pondera con los puntos obtenidos por el componente, es decir, por su peso absoluto. El grado y los puntos de influencia corresponden a la sumatoria de las filas, mientras, el grado y los puntos de dependencia son la sumatoria obtenida de las columnas.

El resultado muestra un orden de los componentes más o menos centrales en el sistema, facilitando la gestión de riesgo climático basada en el orden prioritario. Este orden ofrece una perspectiva enriquecida y muy razonable del sistema minero, la funcionalidad de sus componentes y la importancia relativa de los riesgos que afectan a cada componente. Para el caso de este análisis de riesgo, los resultados de la centralidad de los componentes se presentan en la tabla 2-2.

**Tabla 2-2** Grado de centralidad de los componentes del sistema minero

Componente	Puntos influencia	Puntos dependencia	Ratio (influencia sobre dependencia)	Centralidad componente
Componente Recursos Humanos	10	3	3,33	43,33
Componente Administrativo, Financiero	13	8	1,63	34,13
Componente Extractivo	10	8	1,25	22,50
Componente de Gestión Ambiental	9	11	0,82	16,36
Componente Cadena de Suministro	6	4	1,50	15,00
Componente Almacenamiento Temporal	5	6	0,83	9,17
Componente entorno social y ambiental	5	6	0,83	9,17
Componente Beneficio	5	12	0,42	7,08
Componente Transporte y Comercialización	4	6	0,67	6,67
Componente de Cierre Minero	3	6	0,50	4,50

**Fuente:** INERCO Consultoría Colombia. Adaptada INERCO Consultoría Colombia 2020.

Posteriormente, utilizando una matriz de doble entrada (tabla 2-3) que combina la centralidad de los componentes del sistema con el nivel de riesgo (cuyos resultados se presentaron en el numeral 1), se definen las estrategias para la gestión del riesgo así: aceptar los riesgos bajos a los que se exponen los componentes menos centrales (almacenamiento temporal, entorno social y ambiental, beneficio, transporte y comercialización y cierre minero), reducir los riesgos bajos a los que se exponen los componentes más centrales (recursos humanos, administrativo y financiero, extractivo, gestión ambiental, y cadena de suministro), asimismo, reducir los riesgos medios o altos que podrían manifestarse en los componentes cuya calificación de centralidad va de 43,33 hasta 7,08.

Finalmente, se define como estrategia de gestión la transferencia para aquellos riesgos medios o altos que podrían materializarse en los componentes menos centrales como es el caso de transporte y comercialización y cierre minero.

**Tabla 2-3** Matriz de decisión para establecer el tipo de medidas de adaptación a implementar

Componente	Centralidad componente	Nivel de riesgo		
		1 bajo	2 medio	3 alto
Componente Recursos Humanos	43,33	Reducir	Reducir	
Componente Administrativo, Financiero	34,13			
Componente Extractivo	22,50			
Componente de Gestión Ambiental	16,36			
Componente Cadena de Suministro	15,00			
Componente Almacenamiento Temporal	9,17	Aceptar	Transferir	
Componente entorno social y ambiental	9,17			
Componente Beneficio	7,08			
Componente Transporte y Comercialización	6,67			
Componente de Cierre Minero	4,50			

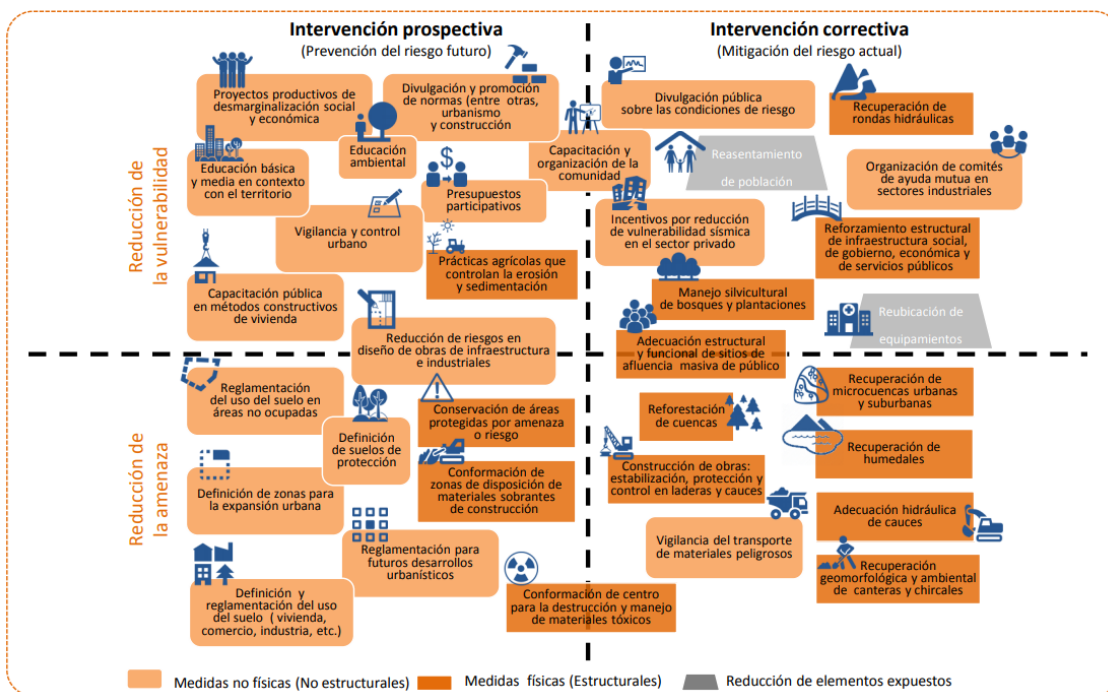
**Fuente:** INERCO Consultoría Colombia. Adaptada INERCO Consultoría Colombia 2020.

La terminología utilizada para las medidas a emplear en el proceso de gestión del riesgo sigue el marco oficial básico para Colombia en materia de Gestión del Riesgo de Desastres GRD, establecido por la Ley 1523 de 2012, atendiendo la recomendación de la Comisión Nacional Técnica Asesora para el Conocimiento del Riesgo CNTACR y la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres UNGRD para que todos los actores de los niveles nacional, departamental y municipal, incorporen al desarrollo de sus funciones la terminología en aras de fortalecer la articulación en todo el territorio nacional.

Según lo anterior, partiendo de los tres principios misionales contemplados en la Ley 1523: conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y manejo de desastres, se plantean alternativas para la reducción. En esta materia, surge la posibilidad de prevención futura del riesgo, haciendo uso de intervención prospectiva, o mitigación del riesgo actual, haciendo uso de medidas de intervención correctiva.

Algunas de las medidas posibles se presentan en la figura 2-1.

**Figura 2-1** Medidas de reducción del riesgo. Intervención Prospectiva / Intervención Correctiva.



Fuente: UNGRD, 2015.

Ahora bien, en el marco del presente estudio se utilizan las siguientes definiciones, acordes a la terminología internacional propuestas por la UN-ISDR y la UNGRD (2017):

**Riesgo Aceptable:** Posibles consecuencias sociales y económicas que, implícita o explícitamente, una sociedad o un segmento de la misma asume o tolera en forma consciente por considerar innecesaria, inoportuna o imposible una intervención para su reducción dado el contexto económico, social, político, cultural y técnico existente.<sup>9</sup>

**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, entendiéndose: mitigación del riesgo, y a evitar nuevos riesgos en el territorio, entendiéndose: prevención del riesgo. Son medidas de mitigación y prevención que se adoptan con antelación para reducir la amenaza, la

<sup>9</sup> UNIDAD NACIONAL PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES. Terminología sobre gestión del riesgo de desastres y fenómenos amenazantes. Bogotá. 2017. p. 30.

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<sup>10</sup>).

Transferencia del riesgo: El proceso de trasladar formal o informalmente las consecuencias financieras de un riesgo en particular de una parte a otra mediante el cual una familia, comunidad, empresa o autoridad estatal obtendrá recursos de la otra parte después que se produzca un desastre, a cambio de beneficios sociales o financieros continuos o compensatorios que se brindan a la otra parte<sup>11</sup>

## 2.1 Resultados del mapa de riesgos para las áreas de estudio

Implementando la metodología expuesta anteriormente, se construyeron los mapas de riesgos para las tres áreas de estudio consideradas en el marco de esta consultoría; en cada caso se presenta un mapa para los riesgos derivados de las amenazas directas y un mapa para los riesgos derivados de las amenazas indirectas.

### 2.1.1 Acacias Villavicencio

El mapa de riesgos derivados de las amenazas directas presenta los componentes de la cadena de valor organizados según la centralidad calculada (columnas componente y centralidad componente), adicionalmente, incluye los eventos de cambio climático y variabilidad climática que se consideraron para el área de estudio Acacias – Villavicencio clasificados de acuerdo con el nivel de riesgo que representan (numeral 1.1.1). Finalmente, según el componente en el que puede manifestarse el riesgo y el nivel de este, se define el tipo de gestión así: reducir, aceptar o transferir el riesgo.

Para el área de estudio Acacias Villavicencio el mapa de riesgos derivados de las amenazas directas se presenta en la tabla 2-4 (ver anexo 4-1 pestaña Valoración de riesgos).

---

<sup>10</sup> Ibíd. p. 30.

<sup>11</sup> Ibíd. p. 30.

**Tabla 2-4** Mapa de riesgos amenazas directas Acacías - Villavicencio

Componente	Centralidad componente	Nivel de riesgo bajo (1)	Tipo de medida	Nivel de riesgo alto (3)	Tipo de medida
		Componente Recursos Humanos	43,33	Inundación Sequía	Reducir
Componente Administrativo, Financiero	34,13	Inundación Sequía			
Componente Extractivo	22,5	Sequía	Inundación		
Componente de Gestión Ambiental	16,36	Sequía			
Componente Cadena de Suministro	15,00	Inundación	Remoción en masa		
Componente Almacenamiento Temporal	9,17	Sequía	Inundación		
Componente entorno social y ambiental	9,17	Sequía	Aceptar	Inundación*	
		Remoción en masa			
		Avenida torrencial			
		Incendio forestal			
Componente Beneficio	7,08	Sequía		Inundación	
Componente Transporte y Comercialización	6,67	Inundación		Remoción en masa	Transferir
Componente de Cierre Minero	4,5	No se consideraron amenazas para este componente en el área de estudio Acacías - Villavicencio			

\*Para el componente de entorno social y ambiental se considera un riesgo alto por efecto de inundaciones, en este caso deben implementarse medidas para reducir el riesgo; sin embargo, estas medidas no deben estar necesariamente a cargo de las operaciones mineras ya que el riesgo puede presentarse en el entorno fuera de las áreas de control de las empresas y, en ese sentido, la responsabilidad de su gestión es de las autoridades competentes.

**Fuente:** INERCO Consultoría Colombia, 2020.

Para interpretar los resultados del mapa, es necesario remitirse a la sección del análisis de riesgo en donde se justifica el nivel de riesgo obtenido para cada caso, por ejemplo, el mapa muestra que para el componente recursos humanos hay un riesgo bajo por sequía, en la sección del análisis del riesgo se explica que en caso de que ocurran periodos largos de sequía

pueden aumentar las emisiones de material particulado y en ese caso puede afectarse la salud de la fuerza laboral. Según lo anterior, sería entonces necesario implementar medidas para reducir el riesgo, por ejemplo, aumentar la frecuencia de riego en las áreas expuestas en las que se pueden aumentar las emisiones fugitivas, implementar medidas que garanticen el abastecimiento de agua para poder efectuar los riegos cuando se requiere, etc.

Ahora bien, para los riesgos derivados de las amenazas indirectas, es necesario considerar que estas se manifiestan cuando una amenaza directa a un componente del sistema minero genera una amenaza sobre otro componente; en ese sentido, se construyó un mapa que presenta las interacciones entre componentes, los riesgos que pueden manifestarse con su respectiva calificación<sup>12</sup> y el tipo de gestión que debería emprenderse (aceptar, reducir o transferir el riesgo). La información utilizada para la construcción del mapa proviene del análisis que se presenta en el numeral 1.1.1 y el cálculo de la centralidad de los componentes.

Para la interpretación de los resultados se debe tener en cuenta que el mapa representa como el componente fila se puede afectar por los riesgos del componente columna y, al igual que en el caso del mapa de los riesgos derivados de las amenazas directas, es necesario remitirse a la sección del análisis de riesgo (numeral 1.1.1) en donde se justifica el nivel de riesgo obtenido en cada caso.

---

<sup>12</sup> La calificación está representada en el mapa por colores así: verde riesgo bajo, rojo riesgo alto. El análisis no arrojó resultados medios para el nivel de riesgo y por lo tanto, esta categoría no se presenta en el mapa.



Tabla 2-5 Mapa de riesgos amenazas indirectas Acacías - Villavicencio

	Recursos Humanos		Cadena de Suministro		Extractivo		Almacenamiento Temporal		Beneficio	Transporte y comercialización		Gestión Ambiental	Entorno social y ambiental	
Administrativo, Financiero	Inundación	Sequía	Inundación	Remoción en masa	Inundación	Sequía	Inundación	Sequía	Sequía	Inundación	Remoción en masa	Sequía	Inundación	Avenidas torrenciales
	Reducir	Reducir	Reducir	Reducir	Reducir	Reducir	Reducir	Reducir	Reducir	Reducir	Reducir	Reducir	Reducir	Reducir
Recursos Humanos	No se consideraron riesgos indirectos para este componente													
Cadena de Suministro													Inundación	Avenidas torrenciales
													Reducir	Reducir
Extractivo			Inundación	Remoción en masa										
			Reducir	Reducir										
Almacenamiento Temporal	No se consideraron riesgos indirectos para este componente													
Beneficio			Inundación	Remoción en masa	Inundación	Sequía	Inundación	Sequía						
			Aceptar	Reducir	Reducir	Aceptar	Aceptar	Aceptar						
Transporte y comercialización			Inundación	Remoción en masa	Inundación	Sequía	Inundación	Sequía	Sequía				Inundación	Avenidas torrenciales
			Aceptar	Transferir	Transferir	Aceptar	Aceptar	Aceptar	Aceptar				Transferir	Aceptar
Gestión Ambiental			Inundación	Remoción en masa									Inundación	Avenidas torrenciales
			Reducir	Reducir									Reducir	Reducir
Cierre Minero	No se consideraron riesgos indirectos para este componente													
Entorno social y ambiental		Sequía			Inundación	Sequía								
		Aceptar			Reducir	Aceptar								
			Riesgo bajo		Riesgo alto									

Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020.

## 2.1.2 Cali – Yumbo

El mapa de riesgos derivados de las amenazas directas presenta los componentes de la cadena de valor organizados según la centralidad calculada (columnas componente y centralidad componente), adicionalmente, incluye los eventos de cambio climático y variabilidad climática que se consideraron para el área de estudio Cali – Yumbo clasificados de acuerdo con el nivel de riesgo que representan (numeral 1.1.2). Finalmente, según el componente en el que puede manifestarse el riesgo y el nivel de este, se define el tipo de gestión así: reducir, aceptar o transferir el riesgo.

Para el área de estudio Cali – Yumbo el mapa de riesgos derivados de las amenazas directas se presenta en la tabla 2-6 (ver anexo 4-2 pestaña Valoración de riesgos).

**Tabla 2-6** Mapa de riesgos amenazas directas Cali - Yumbo

Componente	Centralidad componente	Nivel de riesgo bajo (1)	Tipo de medida	Nivel de riesgo alto (3)	Tipo de medida		
		Componente Recursos Humanos	43,33	Remoción en masa Avenida torrencial	Reducir	Sequía	Reducir
Componente Administrativo, Financiero	34,13	Remoción en masa Sequía Incendio forestal					
		Componente Extractivo	22,5	Avenida torrencial Incendio forestal		Remoción en masa	
		Componente de Gestión Ambiental	16,36	Sequía			
Componente Cadena de Suministro	15,00	Remoción en masa Avenida torrencial					
Componente Almacenamiento Temporal	9,17		Aceptar	Sequía			
Componente entorno social y ambiental	9,17	Inundación Avenida torrencial		Remoción en masa*			
		Componente Beneficio		7,08		Sequía	
Componente Transporte y Comercialización	6,67	Avenida torrencial		Remoción en masa			
Componente de Cierre Minero	4,5	Remoción en masa Avenida torrencial Incendio forestal		Sequía	Transferir		

\*Para el componente de entorno social y ambiental se considera un riesgo alto por efecto de remoción en masa, en este caso deben implementarse medidas para reducir el riesgo; sin embargo, estas medidas no deben estar necesariamente a cargo de las operaciones mineras ya que el riesgo puede presentarse en el entorno fuera de las áreas de control de las empresas y, en ese sentido, la responsabilidad de su gestión es de las autoridades competentes.

**Fuente:** INERCO Consultoría Colombia, 2020.

Para interpretar los resultados del mapa, es necesario remitirse a la sección del análisis de riesgo en donde se justifica el nivel de riesgo obtenido para cada caso, por ejemplo, el mapa muestra que para el componente gestión ambiental hay un riesgo bajo por sequía, en la sección del análisis del riesgo se explica que en caso de que ocurran periodos largos de sequía se puede incumplir la normatividad ambiental relacionada con la calidad del aire. Según lo anterior, sería entonces necesario implementar medidas para reducir el riesgo, por ejemplo, aumentar la frecuencia de riego en las áreas expuestas en las que se pueden aumentar las emisiones fugitivas, implementar medidas que garanticen el abastecimiento de agua para poder efectuar los riegos cuando se requiere, etc.

Ahora bien, para los riesgos derivados de las amenazas indirectas, es necesario considerar que estas se manifiestan cuando una amenaza directa a un componente del sistema minero genera una amenaza sobre otro componente; en ese sentido, se construyó un mapa que presenta las interacciones entre componentes, los riesgos que pueden manifestarse con su respectiva calificación<sup>13</sup> y el tipo de gestión que debería emprenderse (aceptar, reducir o transferir el riesgo). La información utilizada para la construcción del mapa proviene del análisis que se presenta en el numeral 1.1.2 y el cálculo de la centralidad de los componentes.

Para la interpretación de los resultados se debe tener en cuenta que el mapa representa como el componente fila se puede afectar por los riesgos del componente columna y, al igual que en el caso del mapa de los riesgos derivados de las amenazas directas, es necesario remitirse a la sección del análisis de riesgo (numeral 1.1.2) en donde se justifica el nivel de riesgo obtenido en cada caso.

---

<sup>13</sup> La calificación está representada en el mapa por colores así: verde riesgo bajo, rojo riesgo alto. El análisis no arrojó resultados medios para el nivel de riesgo y, por lo tanto, esta categoría no se presenta en el mapa.

Tabla 2-7 Mapa de riesgos amenazas indirectas Cali - Yumbo

	Recursos Humanos			Cadena de Suministro		Extractivo			Almacenamiento Temporal	Beneficio	Transporte y comercialización		Gestión Ambiental	Cierre minero				Entorno social y ambiental			
Administrativo, Financiero	Remoción en masa	Avenida torrencial	Sequía	Remoción en masa	Avenida torrencial	Remoción en masa	Avenida torrencial	Incendio forestal	Sequía	Sequía	Remoción en masa	Avenida torrencial	Sequía	Remoción en masa	Avenida torrencial	Sequía	Incendio forestal	Inundación	Avenida torrencial		
	Reducir	Reducir	Reducir	Reducir	Reducir	Reducir	Reducir	Reducir	Reducir	Reducir	Reducir	Reducir	Reducir	Reducir	Reducir	Reducir	Reducir	Reducir	Reducir		
Recursos Humanos	No se consideraron riesgos indirectos para este componente																				
Cadena de Suministro																			Inundación	Remoción en masa	Avenida torrencial
																			Reducir	Reducir	Reducir
Extractivo	Remoción en masa	Avenida torrencial		Remoción en masa	Avenida torrencial																
	Reducir	Reducir		Reducir	Reducir																
Almacenamiento Temporal	No se consideraron riesgos indirectos para este componente																				
Beneficio	Remoción en masa	Avenida torrencial		Remoción en masa	Avenida torrencial	Remoción en masa	Avenida torrencial		Sequía												
	Aceptar	Aceptar		Reducir	Aceptar	Aceptar	Aceptar		Aceptar												
Transporte y comercialización	Remoción en masa	Avenida torrencial		Remoción en masa	Avenida torrencial	Remoción en masa	Avenida torrencial		Sequía	Sequía									Inundación	Avenida torrencial	
	Aceptar	Aceptar		Transferir	Aceptar	Aceptar	Aceptar		Aceptar	Aceptar									Aceptar	Aceptar	
Gestión Ambiental				Remoción en masa	Avenida torrencial														Inundación	Avenida torrencial	

				Reducir	Reducir													Reducir	Reducir	
Cierre Minero				Remoción en masa	Avenida torrencial															
				Aceptar	Aceptar															
Entorno social y ambiental	Remoción en masa	Avenida torrencial	Sequía																	
	Aceptar	Aceptar	Aceptar																	

Riesgo bajo
  Riesgo alto

Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020.



### 2.1.3 Girardota

El mapa de riesgos derivados de las amenazas directas presenta los componentes de la cadena de valor organizados según la centralidad calculada (columnas componente y centralidad componente), adicionalmente, incluye los eventos de cambio climático y variabilidad climática que se consideraron para el área de estudio Girardota clasificados de acuerdo con el nivel de riesgo que representan (numeral 1.1.3). Finalmente, según el componente en el que puede manifestarse el riesgo y el nivel de este, se define el tipo de gestión así: reducir, aceptar o transferir el riesgo.

Para el área de estudio Girardota el mapa de riesgos derivados de las amenazas directas se presenta en la tabla 2-8 (ver anexo 4-3 pestaña Valoración de riesgos).

Tabla 2-8 Mapa de riesgos amenazas directas Girardota

Componente	Centralidad componente	Nivel de riesgo bajo (1)	Tipo de medida	Nivel de riesgo alto (3)	Tipo de medida
		Componente Recursos Humanos	43,33	Inundación Avenida Torrencial Sequía	Reducir
Componente Administrativo, Financiero	34,13	Inundación Avenida Torrencial Sequía			
Componente Extractivo	22,5		Inundación Avenida torrencial		
Componente de Gestión Ambiental	16,36	Sequía			
Componente Cadena de Suministro	15,00		Inundación Avenida torrencial		
Componente Almacenamiento Temporal	9,17	Sequía	Inundación Avenida torrencial		
Componente entorno social y ambiental	9,17	Sequía	Aceptar	Inundación* Avenida torrencial*	Transferir
Componente Beneficio	7,08	Sequía		Inundación Avenida torrencial	
Componente Transporte y Comercialización	6,67			Inundación Avenida torrencial	
Componente de Cierre Minero	4,5	Avenida Torrencial Sequía		Inundación	

\*Para el componente de entorno social y ambiental se considera un riesgo alto por efecto de inundaciones y avenidas torrenciales, en este caso deben implementarse medidas para reducir el riesgo; sin embargo, estas medidas no deben estar necesariamente a cargo de las operaciones mineras ya que el riesgo puede presentarse en el entorno fuera de las áreas de control de las empresas y, en ese sentido, la responsabilidad de su gestión es de las autoridades competentes.

Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020.

Para interpretar los resultados del mapa, es necesario remitirse a la sección del análisis de riesgo en donde se justifica el nivel de riesgo obtenido para cada caso, por ejemplo, el mapa muestra que para el componente gestión ambiental hay un riesgo bajo por sequía, en la sección del análisis del riesgo se explica que en caso de que ocurran periodos largos de sequía se puede incumplir la normatividad ambiental relacionada con la calidad del aire. Según lo anterior, sería entonces necesario implementar medidas para reducir el riesgo, por ejemplo, aumentar la frecuencia de riego en las áreas expuestas en las que se pueden aumentar las emisiones fugitivas, implementar medidas que garanticen el abastecimiento de agua para poder efectuar los riegos cuando se requiere, etc.

Ahora bien, para los riesgos derivados de las amenazas indirectas, es necesario considerar que estas se manifiestan cuando una amenaza directa a un componente del sistema minero genera una amenaza sobre otro componente; en ese sentido, se construyó un mapa que presenta las interacciones entre componentes, los riesgos que pueden manifestarse con su respectiva calificación<sup>14</sup> y el tipo de gestión que debería emprenderse (aceptar, reducir o transferir el riesgo). La información utilizada para la construcción del mapa proviene del análisis que se presenta en el numeral 1.1.3 y el cálculo de la centralidad de los componentes.

Para la interpretación de los resultados se debe tener en cuenta que el mapa representa como el componente fila se puede afectar por los riesgos del componente columna y, al igual que en el caso del mapa de los riesgos derivados de las amenazas directas, es necesario remitirse a la sección del análisis de riesgo (numeral 1.1.3) en donde se justifica el nivel de riesgo obtenido en cada caso.

---

<sup>14</sup> La calificación está representada en el mapa por colores así: verde riesgo bajo, rojo riesgo alto. El análisis no arrojó resultados medios para el nivel de riesgo y, por lo tanto, esta categoría no se presenta en el mapa.

Tabla 2-9 Mapa de riesgos amenazas indirectas Girardota

	Recursos Humanos			Cadena de Suministro		Extractivo		Almacenamiento Temporal			Beneficio			Transporte y comercialización		Gestión Ambiental	Cierre minero			Entorno social y ambiental			
Administrativo, Financiero	Inundación	Avenida torrencial	Sequía	Inundación	Avenida torrencial	Inundación	Avenida torrencial	Inundación	Avenida torrencial	Sequía	Inundación	Avenida torrencial	Sequía	Inundación	Avenida torrencial	Sequía	Inundación	Avenida torrencial	Sequía	Inundación	Avenida torrencial		
	Reducir	Reducir	Reducir	Reducir	Reducir	Reducir	Reducir	Reducir	Reducir	Reducir	Reducir	Reducir	Reducir	Reducir	Reducir	Reducir	Reducir	Reducir	Reducir	Reducir	Reducir		
Recursos Humanos	No se consideraron riesgos indirectos para este componente																						
Cadena de Suministro																					Inundación	Avenida torrencial	
																						Reducir	Reducir
Extractivo	Inundación	Avenida torrencial		Inundación	Avenida torrencial																		
	Reducir	Reducir		Reducir	Reducir																		
Almacenamiento Temporal	No se consideraron riesgos indirectos para este componente																						
	Inundación	Avenida torrencial		Inundación	Avenida torrencial	Inundación	Avenida torrencial	Inundación	Avenida torrencial	Sequía													
Beneficio	Aceptar	Aceptar		Aceptar	Aceptar	Aceptar	Aceptar	Aceptar	Aceptar	Aceptar													
Transporte y comercialización	Inundación	Avenida torrencial		Inundación	Avenida torrencial	Inundación	Avenida torrencial	Inundación	Avenida torrencial	Sequía	Inundación	Avenida torrencial	Sequía								Inundación	Avenida torrencial	



### 3. REVISIÓN NACIONAL E INTERNACIONAL DE BUENAS PRÁCTICAS Y DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN ACORDES A LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE RIESGOS EFECTUADO

Unos de los objetivos principales de este análisis de riesgos climáticos es configurar, con base en los resultados de la calificación de riesgos, una serie de recomendaciones de medidas de adaptación que las empresas del subsector de materiales de construcción tengan disponibles para consultar e incluir las medidas pertinentes en sus planes de manejo ambiental – PMA y planes de trabajos y obras – PTO (Documento: Producto\_4 C-046 Recomendaciones Medidas de adaptación).

Ahora bien, para la definición de estas recomendaciones no solo se han tenido en cuenta los resultados del análisis de riesgos, sino que, adicionalmente, se han revisado fuentes nacionales e internacionales que den cuenta de las mejores prácticas que en torno a la adaptación al cambio climático se han venido configurando e implementando en Colombia y en la comunidad internacional. Esto, con el objetivo de enriquecer el paquete de recomendaciones que se presentan en el siguiente numeral y, asimismo, asegurar que las medidas que se proponen estén a la vanguardia de las diferentes gestiones que en torno al cambio climático se promueven tanto nacional como internacionalmente.

A continuación, se relaciona el listado de documentos consultados y las medidas de adaptación que se proponen.

- Catálogo de medidas de adaptación y mitigación al cambio climático elaborado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y ASOCARS en 2015.
- Identificación de medidas y formulación de proyectos de mitigación y adaptación a la variabilidad y al cambio climático en la región capital Bogotá-Cundinamarca. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD, 2014.
- Plan integral de gestión del cambio climático para el sector minero-energético del Ministerio de Minas y Energía, 2017.
- Guía de adaptación al cambio climático basada en ecosistemas en Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible, 2018.
- Portafolio de estrategias para la mitigación y adaptación al cambio climático municipio de Santiago de Cali, Valle del Cauca. Elaborado por la alcaldía de Cali, Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT y Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca – CVC, 2015.
- Herramienta para la valoración y priorización de medidas de adaptación al cambio climático en el sector minero energético colombiano. Colciencias, UPME, Minimas, 2018.
- Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en Guayaquil. CAF, Banco de Desarrollo de América Latina, 2018.



- Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en Sao Paulo. CAF, Banco de Desarrollo de América Latina, 2018.
- Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en Arequipa Metropolitana. CAF, Banco de Desarrollo de América Latina, 2018.
- La protección medioambiental en minería y el desarrollo minero sostenible, de la Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de ingenieros de minas. Elaborado en 2008.
- Adaptación al cambio climático en Chile: Brechas y recomendaciones. Elaborado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e innovación, 2019.
- Estudios del cambio climático en América Latina y El Caribe: Medidas de adaptación y mitigación frente al cambio climático. Documento de la Unidad de Cambio Climático de la División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2015.
- Adaptación basada en ecosistemas: Una respuesta al cambio climático. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), 2012.

A continuación, se presenta una síntesis de las medidas de adaptación encontradas en los documentos del listado anterior; en general, se trata de acciones aplicables a todo el ciclo de producción de materiales de construcción desde la planificación; adicionalmente, algunas medidas corresponden a acciones que ya están adelantando las empresas en su operación habitual como parte de su plan de manejo ambiental, mientras, otras están dirigidas a generar cambios que específicamente contribuyan con el proceso de gestión del cambio climático y la variabilidad climática, por ejemplo, el desarrollo de modelos climáticos e hidrometeorológicos.

Adicionalmente, se observa que gran parte de las medidas de adaptación que se encuentran en la literatura nacional e internacional están dirigidas a la gestión del agua y a la atención de emergencias ante la ocurrencia de eventos relacionados con el cambio y la variabilidad climática; también, se incluyen medidas relacionadas con la planificación del uso del suelo por parte de las empresas en las áreas en las que se ubican sus títulos mineros, y aquellas medidas de conservación y restauración que se pueden emprender en el marco de las compensaciones ambientales a las que están sujetas las empresas.

Las acciones de restauración y conservación toman especial relevancia al considerar que el buen estado de los ecosistemas es una variable clave para la resiliencia al clima, y su degradación está asociada al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). La restauración y conservación de los ecosistemas y sus servicios son cruciales para aumentar la resiliencia al clima y mantener o mejorar la capacidad de mitigación de GEI<sup>15</sup>.

En el anexo 4-4 se presenta el listado completo de las medidas de adaptación encontradas en los documentos de consulta que provienen de fuentes nacionales e internacionales.

---

<sup>15</sup> COLOMBIA. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Guía de adaptación al cambio climático basada en ecosistemas en Colombia. Bogotá. 2018. p. 28.

- Dirección empresarial

Establecer directrices corporativas para el cambio climático que incluyen compromisos relacionados con la adaptación, como los cambios en la gestión de las instalaciones, la integración de las consideraciones climáticas en la empresa y el trabajo con los legisladores para desarrollar cambios en las políticas que apoyen la adaptación.
Integrar los riesgos relacionados con el clima y las medidas de adaptación en las decisiones empresariales a lo largo del ciclo de vida del proyecto.
Elaboración e implementación de un plan de adaptación que incluya, entre otros, el ajuste de los procedimientos operativos para adaptarse a las condiciones climáticas cambiantes.

- Gestión del agua

Planificación el uso eficiente del agua, establecer objetivos de reducción, diseñar medidas integrales para su gestión.
Cálculo del balance del agua de las operaciones mediante herramientas que miden el consumo frente a los planes de producción empresarial.
Utilización de los generadores de información climática y de los modelos de gestión del agua para optimizar las estructuras de gestión del agua existentes.
Cambio de patrones de uso de acuerdo con la planificación y los resultados de los balances del agua.
Reducción pérdidas (control de fugas, tuberías de conservación)
Recuperación de agua de las presas de lodos y de los demás sistemas de tratamiento
Aumento de la capacidad del sistema de tratamiento de aguas de la mina (por ejemplo, estanque de retención, flujo)
Reducción de la demanda de agua mediante instalaciones sanitarias de bajo presupuesto
Adecuación de captaciones y reservorios de agua
Captación y reutilización de aguas grises
Captación y reutilización de agua lluvia
Implementación de sistemas de embalses de captación para almacenaje y regulación hidráulica
Desarrollo de suministros de agua alternativos
Exploración y extracción de agua subterránea de forma sostenible, pozos de sondeo
Modificación de tecnologías existentes por nuevas tecnologías que disminuyan el consumo de agua
Explorar opciones como los procesos de beneficio en seco

Captadores de niebla
Colaborar con las comunidades que utilizan los mismos recursos hídricos para evitar la competencia por el agua

- Energía

Promoción y desarrollo de proyectos relacionados con energías renovables y no convencionales
Diversificación de las fuentes de suministro de energía

- Diseño e infraestructura

Incorporar modelos de cambio climático en los diseños de ingeniería.
Construcción y reforzamiento de las infraestructuras de las operaciones de manera que soporten una mayor frecuencia y magnitud de fenómenos meteorológicos extremos. Garantizar la solidez del diseño de ingeniería y las normas de construcción de las instalaciones.
Elevación de las instalaciones para resistir inundaciones.
Reubicación de infraestructuras que se ubican en zonas de alto riesgo.
Aumentar la frecuencia del mantenimiento y la supervisión de los activos sensibles a los efectos del clima.

- Gestión de riesgos

Identificar y evaluar los riesgos climáticos de forma permanente. Incluirlos en los planes de gestión de las empresas (riesgos, ambiental, seguridad y salud en el trabajo, social, etc.).
Identificar los posibles riesgos de abastecimiento de materias primas y materiales necesarios para el proceso de producción, ante cambios en el clima y eventos climáticos extremos.
Identificar y evaluar los riesgos a la salud que podría producir el cambio climático, en conjunto con las autoridades locales, regionales y las entidades competentes.
Evaluar si en el largo plazo es necesario el retiro de ciertas áreas o inversiones, basándose en los cambios previstos en el clima y otros factores de estrés.
Tener disponibles protocolos de emergencia y programas de formación basados en la evaluación de riesgos que incluyen eventos de cambio climático.
Implementar mecanismos de aseguramiento contra riesgos climáticos y evaluar el alcance de las pólizas que cubren los eventos climáticos extremos.
Evaluar la capacidad de adaptación al cambio climático. Realizar medición, reporte y verificación de la adaptación en el tiempo.
Uso de modelos climáticos de circulación general reducidos hasta el nivel local, para evaluar los impactos del cambio climático tanto en las operaciones como en las comunidades en las

que se encuentran los empleados. Se examinan tanto los riesgos climáticos naturales como la vulnerabilidad inherente a las infraestructuras, la población y las actividades socioeconómicas.
Recopilar datos sobre la probabilidad, la magnitud y la frecuencia de los fenómenos meteorológicos extremos para comprender su impacto acumulativo en las estructuras.
Uso continuo de las previsiones meteorológicas a largo y corto plazo para obtener la información climática más precisa para la toma de decisiones.
Sistemas de alerta de inundación
Auditoría independiente de los controles y medidas de respuesta ante emergencias.
Participación en las actividades de los entes encargados de la gestión del riesgo en las regiones.
<b>Medidas de infraestructura</b>
Estabilización de pendientes y taludes mediante bioingeniería: control de la erosión y prevención de eventos de remoción de masa mediante la implementación de obras de ingeniería
Presas filtrantes: contención del agua, retener sedimentos, control de la erosión
Muros de contención para evitar el aumento incontrolado del nivel del agua y minimizar los daños a la infraestructura. Diques, defensas y barreras.
Muros de contención natural: Vegetación, Rocas.
Mejorar los sistemas de drenaje para aumentar la capacidad de hacer frente a una mayor intensidad de las lluvias y ayudar a que el agua se empape en el suelo, reducir la escorrentía rápida
Construcción de franjas contrafuegos.
Mantenimiento de equipos de bombeo para hacer frente a fenómenos de inundación.
Manejo de matorrales y arbustos para evitar los incendios forestales.
Aumentar la capacidad de las estructuras de desvío y almacenamiento.

- Conservación de ecosistemas y uso del suelo

Acondicionamiento de suelos, mejorar la capacidad del suelo para la retención de humedad y la actividad biológica
Restauración de suelos. Reestablecer la estructura del suelo e incrementar sus nutrientes
Restauración de la productividad del suelo y de su riqueza biológica
Estabilización de terrenos sin consolidar
Mantenimiento continuo del terreno para evitar la erosión
Contribuir con la protección y conservación de ecosistemas estratégicos
Eliminar o reducir las presiones no climáticas sobre los ecosistemas naturales y las especies en riesgo mediante la conservación y la planificación de la gestión de la tierra.
Restauración, reforestación, rehabilitación, enriquecimiento y regeneración asistida
Generar conectividad
Proteger corredores biológicos, refugios y pasaderas

Rescate y traslado de especies
Conservar o restaurar las barreras naturales en entornos fluviales para aumentar la resiliencia contra las inundaciones, erosión, mareas de tempestad y otros fenómenos meteorológicos extremos.
Adquisición, restauración y mantenimiento de áreas estratégicas para la conservación y regulación del recurso hídrico de conformidad a lo dispuesto en la normatividad colombiana.
Mantenimiento y mejoramiento de cuerpos y cursos de agua
Restauración de nacederos y restauración en sitios de rondas hídricas
Recuperación de caños.
Recuperación de espejos de agua.
Protección del área de inundación
Implementación de acciones para evitar la erosión de las áreas aferentes a los cuerpos de agua y su sedimentación
Renaturalización De Ríos: permite realzar el efecto de retención de agua a las orillas del río y así contribuir a disminuir la inundación.
Restauración integral de los cuerpos de agua
Identificar las zonas de recarga de acuíferos y formular y ejecutar alternativas de recuperación hídrica de estos, en un trabajo conjunto con las autoridades locales y regionales
Planificación del uso de suelo para zonificar el territorio, definir las áreas que en el futuro no podrán ser intervenidas, las áreas de expansión minera las áreas de conservación (compensaciones) y delimitar las zonas de riesgo.
Implementación de acciones o medidas de control del uso adecuado del suelo

- Logística

Aumentar la capacidad de almacenamiento de materiales esenciales, combustible y productos utilizados.
Garantizar múltiples opciones/rutas de transporte de suministros o de los productos de la mina
Optimización de la planificación logística para adaptarse a la disponibilidad de las carreteras que se pueden afectar por eventos climáticos.
Diversificar la base de proveedores para garantizar la resistencia de infraestructura

- Educación e investigación

Diseño e implementación de un plan de educación, formación, capacitación, sensibilización y difusión de información sobre el cambio climático.
Fortalecer la gestión de la investigación y la transferencia del conocimiento. Generar y compartir información de cambio climático.

Compartir y divulgar información científica sobre cambio climático, impactos socio ambientales y gestión de riesgos, con los gobernantes locales, regionales y con las comunidades.

Establecer relaciones con las comunidades locales para comunicar las acciones de adaptación, los riesgos potenciales y sistemas de alerta temprana.

- Articulación

Asociaciones entre las diversas partes interesadas (gobiernos, comunidades, universidades, instituciones de investigación, empresas públicas y privadas)

Crear, participar y apoyar iniciativas para la construcción de estrategias de adaptación al cambio climático con autoridades nacionales, regionales y locales, y con las comunidades

Identificar y valorar el impacto del cambio climático y la variabilidad climática sobre los principales servicios ecosistémicos reconocidos por el Sector, en conjunto con las instituciones.

Identificar proyectos que reduzcan la vulnerabilidad del entorno de la industria minero energética a través de estrategias de adaptación por ecosistemas.

Apoyar los procesos de gestión legislativa y normativa de la adaptación climática aportando información y acompañamiento técnico al sector minero energético.

Brindar información sobre la gestión del cambio climático del sector minero-energético a las autoridades locales (municipales y departamentales) con el fin de fortalecer las capacidades para el diálogo a nivel territorial.

Participar en acuerdos institucionales de apoyo



## BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía de Cali, CVC, y CIAT. «Portafolio de estrategias para la mitigación y adaptación al cambio climático municipio de Santiago de Cali, Valle del Cauca.» 2015. [https://ecopedia.cvc.gov.co/sites/default/files/archivosAdjuntos/portafolio\\_de\\_estrategias\\_de\\_adaptacion\\_-\\_santiago\\_de\\_cali\\_0.pdf](https://ecopedia.cvc.gov.co/sites/default/files/archivosAdjuntos/portafolio_de_estrategias_de_adaptacion_-_santiago_de_cali_0.pdf) (último acceso: 25 de febrero de 2021).
- CAF, Banco de Desarrollo de América Latina. «Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en Guayaquil.» 2018. <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1276> (último acceso: 25 de febrero de 2021).
- CAF, Banco de Desarrollo de América Latina. «Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en Arequipa Metropolitana.» 2018. <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1181> (último acceso: 25 de febrero de 2021).
- . «Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en Sao Paulo.» 2018. <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1349> (último acceso: 25 de febrero de 2021).
- CEPAL. «Estudios del cambio climático en América Latina y El Caribe: Medidas de adaptación y mitigación frente al cambio climático.» 2015. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39781/1/S1501265\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39781/1/S1501265_es.pdf) (último acceso: 25 de febrero de 2021).
- IDEAM, y PNUD. «Identificación de medidas y formulación de proyectos de mitigación y adaptación a la variabilidad y al cambio climático en la región capital Bogotá-Cundinamarca.» 2014. [http://www.cambioclimatico.gov.co/documents/40860/609198/INFORME+TECNICO\\_Portafolio+de+proyectos.pdf/c6b939ab-eb3e-4a8b-802a-7ccb45e35560?version=1.1](http://www.cambioclimatico.gov.co/documents/40860/609198/INFORME+TECNICO_Portafolio+de+proyectos.pdf/c6b939ab-eb3e-4a8b-802a-7ccb45e35560?version=1.1) (último acceso: 25 de febrero de 2021).
- INERCO Consultoría Colombia. «Implementación del mapa de ruta para la adaptación del sector energético al cambio climático (incluyendo el uso de la herramienta de servicios ecosistémicos) e identificación de factores de vulnerabilidad del sector minero y líneas gruesas de medidas de a.» Metodología para estimar la vulnerabilidad y los riesgos al cambio climático para los tipos de minería analizados, Bogotá, 2015.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. «Guía de adaptación al cambio climático basada en ecosistemas en Colombia.» 2018. [https://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/ABE\\_/MADS\\_Guia\\_AbE\\_LIBRO\\_Digital-Cambio.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/ABE_/MADS_Guia_AbE_LIBRO_Digital-Cambio.pdf) (último acceso: 25 de febrero de 2021).
- Ministerio de Ambiente, y ASOCARS. «Catálogo de medidas de adaptación y mitigación al cambio climático.» 2015. <http://soda.ustadistancia.edu.co/enlinea/eduvirtual/Cuencas/maestria/cambioclima/doc/CATaLOGO%20CC.pdf> (último acceso: 25 de febrero de 2021).
- Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e innovación. «Adaptación al cambio climático en Chile: Brechas y recomendaciones.» 2019. <https://www.minciencia.gob.cl/comitecientifico/documentos/mesa-adaptacion/1.Adaptacion-Brechas-Aldunce.pdf> (último acceso: 25 de febrero de 2021).

- Ministerio de Minas y Energía. «Plan integral de gestión del cambio climático para el sector minero-energético.» 2017.  
<https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/23517/15333066739365700Presentaci%C3%B3n+PIGCCME.pdf> (último acceso: 25 de febrero de 2021).
- UICN. «Adaptación basada en ecosistemas: una respuesta al Cambio Climático.» 2012.  
<https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/2012-004.pdf> (último acceso: 25 de febrero de 2021).
- Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. «Terminología sobre gestión del riesgo de desastres y fenómenos amenazantes.» Bogotá, 2017.
- Universidad Politécnica de Madrid. «La protección medioambiental en minería y el desarrollo minero sostenible.» 2008.  
[http://oa.upm.es/10674/1/080515\\_L2\\_MEDIO\\_AMBIENTE\\_EN\\_MINERIA.pdf](http://oa.upm.es/10674/1/080515_L2_MEDIO_AMBIENTE_EN_MINERIA.pdf) (último acceso: 25 de febrero de 2021).
- UPME, Ministerio de Minas y Energía, y Colciencias. «Herramienta para la valoración y priorización de medidas de adaptación al cambio climático en el sector minero energético colombiano.» 2018.  
[https://www1.upme.gov.co/simco/Documents/INFORME\\_TECNICO.pdf](https://www1.upme.gov.co/simco/Documents/INFORME_TECNICO.pdf) (último acceso: 25 de febrero de 2021).

ANÁLISIS DE RIESGO ANTE LA VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO DE LA CADENA DE VALOR CORRESPONDIENTE A LA PRODUCCIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN A DIVERSAS ESCALAS EN REGIONES PRIORIZADAS DEL PAÍS, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LOS PASOS CORRESPONDIENTES DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE RIESGOS ASOCIADOS A LA VARIABILIDAD Y EL CAMBIO CLIMÁTICO, DESARROLLADA POR UPME/MINENERGIA.

Recomendaciones sobre incorporación de medidas de adaptación al cambio climático en la formulación y/o actualización de instrumentos de manejo para proyectos mineros de materiales de construcción



Elaborado para:



Elaborado por:



Bogotá, D. C.,  
Diciembre 2020

**ANÁLISIS DE RIESGO ANTE LA VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO DE LA CADENA DE VALOR CORRESPONDIENTE A LA PRODUCCIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN A DIVERSAS ESCALAS EN REGIONES PRIORIZADAS DEL PAÍS, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LOS PASOS CORRESPONDIENTES DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE RIESGOS ASOCIADOS A LA VARIABILIDAD Y EL CAMBIO CLIMÁTICO, DESARROLLADA POR UPME/MINENERGIA.**

**Recomendaciones sobre incorporación de medidas de adaptación al cambio climático en la formulación y/o actualización de instrumentos de manejo para proyectos mineros de materiales de construcción**

Hoja de control

INERCO Consultoría Colombia

	<b>Elaboró</b>	<b>Revisó</b>	<b>Aprobó</b>	
<b>Versión:</b> 1	Área de Sostenibilidad, INERCO Consultoría Colombia	Yenny Mancera Coordinadora de proyecto	Jose Alejandro Bernal Director Área de Sostenibilidad	<b>Fecha de aprobación:</b>  Diciembre de 2020
		V.º B.º:	V.º B.º:	

Este Análisis de Riesgo ante la Variabilidad y Cambio Climático de la Cadena de Valor correspondiente a la Producción de Materiales de Construcción ha sido preparado por INERCO Consultoría Colombia con un conocimiento razonable y con el cuidado y la diligencia establecidos en los términos del contrato con UPME.

INERCO Consultoría Colombia niega alguna responsabilidad con UPME y con terceros respecto de cualquier materia fuera del alcance anterior. Este informe es confidencial e INERCO Consultoría Colombia no acepta ninguna responsabilidad en absoluto, si otros tienen acceso a parte o la totalidad del informe.

Anotaciones:

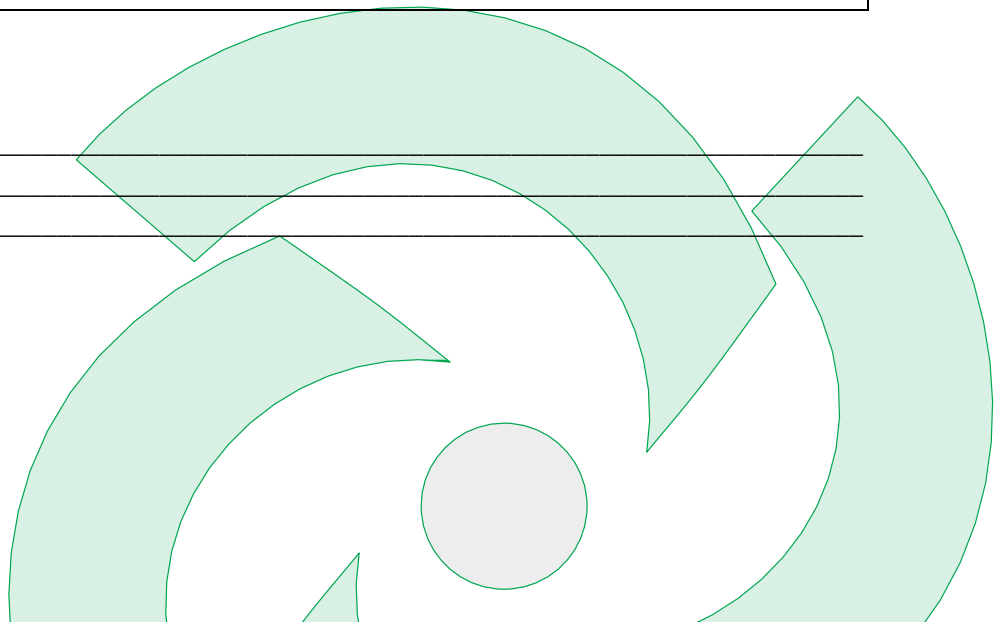
---



---



---




**ANÁLISIS DE RIESGO ANTE LA VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO DE LA CADENA DE VALOR CORRESPONDIENTE A LA PRODUCCIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN A DIVERSAS ESCALAS EN REGIONES PRIORIZADAS DEL PAÍS, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LOS PASOS CORRESPONDIENTES DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE RIESGOS ASOCIADOS A LA VARIABILIDAD Y EL CAMBIO CLIMÁTICO, DESARROLLADA POR UPME/MINENERGIA.**

**Recomendaciones sobre incorporación de medidas de adaptación al cambio climático en la formulación y/o actualización de instrumentos de manejo para proyectos mineros de materiales de construcción**

Hoja de control

Unidad de Planeación Minero Energética UPME

Versión: 1	<b>Elaboró</b>	<b>Revisó</b>	<b>Aprobó</b>	Fecha de aprobación:  Diciembre de 2020
	 V.º B.º:	Wilson Sandoval  V.º B.º:	Wilson Sandoval  V.º B.º:	

En la preparación de este Análisis de Riesgo ante la Variabilidad y Cambio Climático de la Cadena de Valor correspondiente a la Producción de Materiales de Construcción, INERCO Consultoría Colombia y la UPME utilizaron la información provista por consultores especializados, autoridades nacionales y regionales, así como de otras fuentes no gubernamentales. UPME realizó la verificación de la información que su conocimiento y experiencia le permitió.

Este informe ha sido preparado por INERCO Consultoría Colombia, con un conocimiento razonable y con el cuidado y la diligencia establecidos en los términos del contrato con UPME.

Anotaciones:

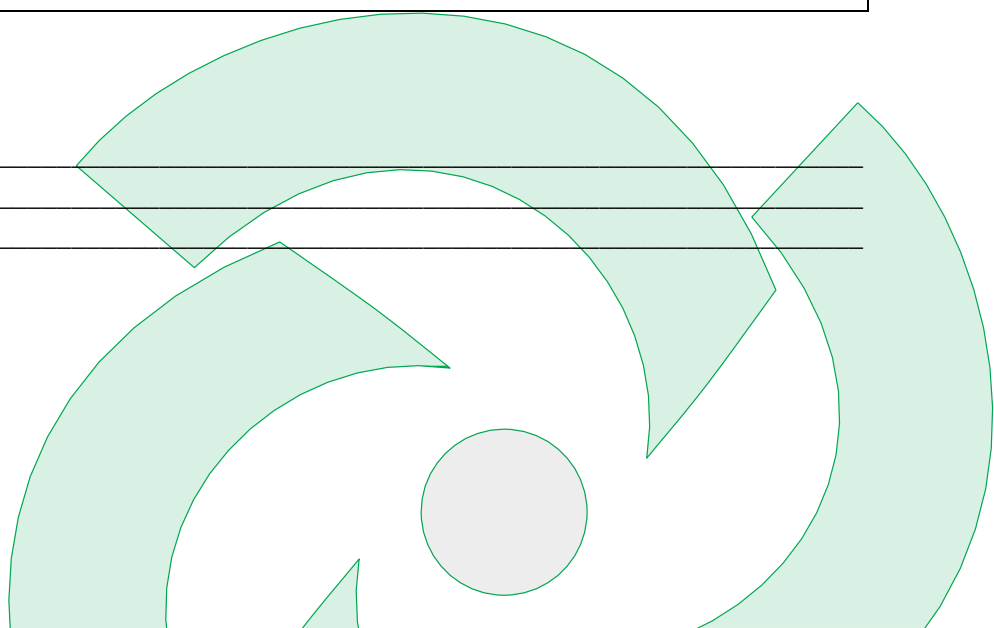
---



---



---



## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	1
1. SÍNTESIS DE LA METODOLOGÍA.....	2
2. MEDIDAS Plan de Manejo Ambiental .....	3
3. MEDIDAS Planes de Trabajo y Obras de proyectos mineros de materiales de construcción 10	
4. Conclusiones sobre la metodología del análisis de riesgo.....	13
BIBLIOGRAFÍA .....	15



## ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

<b>Tabla 1-1</b> Matriz de decisión para establecer el tipo de medidas de adaptación a implementar	3
<b>Tabla 2-1.</b> Programas de Manejo Ambiental.....	4
<b>Tabla 2-2.</b> Medidas de Adaptación al Cambio Climático que se pueden incorporar al PMA por componente.....	7
<b>Tabla 3-1.</b> Medidas de Adaptación al Cambio Climático que se pueden incorporar al PTO ..	11

## INTRODUCCIÓN

Para el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) la adaptación hace referencia a «la combinación de fortalezas, atributos y disponibilidad de recursos en una organización que puedan ser usados para incrementar el estado de preparación para atención de emergencias e implementar acciones que permitan reducir los impactos adversos, disminuir los daños o identificar nuevas oportunidades»<sup>1</sup>.

En 2015 el IPCC complementa la definición anterior al considerar que la adaptación es el «proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos. En los sistemas humanos, la adaptación trata de moderar o evitar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas. En algunos sistemas naturales, la intervención humana puede facilitar el ajuste al clima proyectado y a sus efectos»<sup>2</sup>.

De acuerdo al último informe de United Nations Environment Programme<sup>3</sup> sobre una revisión global de la legislación en materia de evaluación ambiental, una de las principales tendencias a nivel internacional en términos de sus marcos regulatorios es la incorporación de los impactos vinculados al cambio climático donde se busca que las evaluaciones de riesgo o vulnerabilidad al cambio climático no solo se enfoquen en analizar los impactos y riesgos esperados que pueden afectar un área o sector específico, sino que también analicen la capacidad de adaptación a los efectos del cambio climático.

De acuerdo con lo anterior, en el marco de esta consultoría se analizó la capacidad de adaptación del subsector de materiales de construcción ante los eventos de cambio climático y variabilidad climática. Para tal efecto, se realizó inicialmente un análisis de riesgos climáticos a través de la implementación de unos pasos metodológicos basados en la metodología creada por Minenergía y la UPME, y ajustados de acuerdo con los avances que en materia de análisis de riesgos climáticos ha trabajado el sector minero energético, incluyendo esta consultoría. Con base en los resultados del respectivo análisis de riesgo, se establecieron los tipos de medidas de adaptación a implementar para llegar finalmente a una recomendación de medidas de adaptación específicas que las empresas del subsector de materiales de construcción pueden considerar e implementar en sus operaciones.

Ahora bien, en Colombia, el Decreto 1076 señala en el artículo 2.2.2.3.5.1 que el estudio de impacto ambiental (EIA) es el instrumento básico para la toma de decisiones sobre los proyectos, obras o actividades que requieren licencia ambiental y se exige en todos los casos en que se

---

<sup>1</sup> IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2012). *Managing the Risks of Extreme events and disasters to advance Climate Change Adaptation: A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel.* (C. U. Press, Ed.) Disponible en: [https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX\\_Full\\_Report.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX_Full_Report.pdf).

<sup>2</sup> IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2015). *Climate change 2014: Synthesis report. Contribution of Working groups I, II and III to the Fifth assesment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Génova, Suiza: R. y. Pachauri, Ed.

<sup>3</sup> UNEP-United Nations Environment Programme (2018). *Assessing Environmental Impacts. A Global Review of Legislation,* Nairobi, Kenya. Disponible en: <https://europa.eu/capacity4dev/unep/documents/assessing-environmental-impacts-global-review-legislation>

requiere licencia ambiental de acuerdo con la ley. En su contenido se deben presentar entre otros aspectos los estudios de línea base ambiental para los medios abiótico, biótico y socioeconómico al igual que el Plan de Manejo Ambiental.

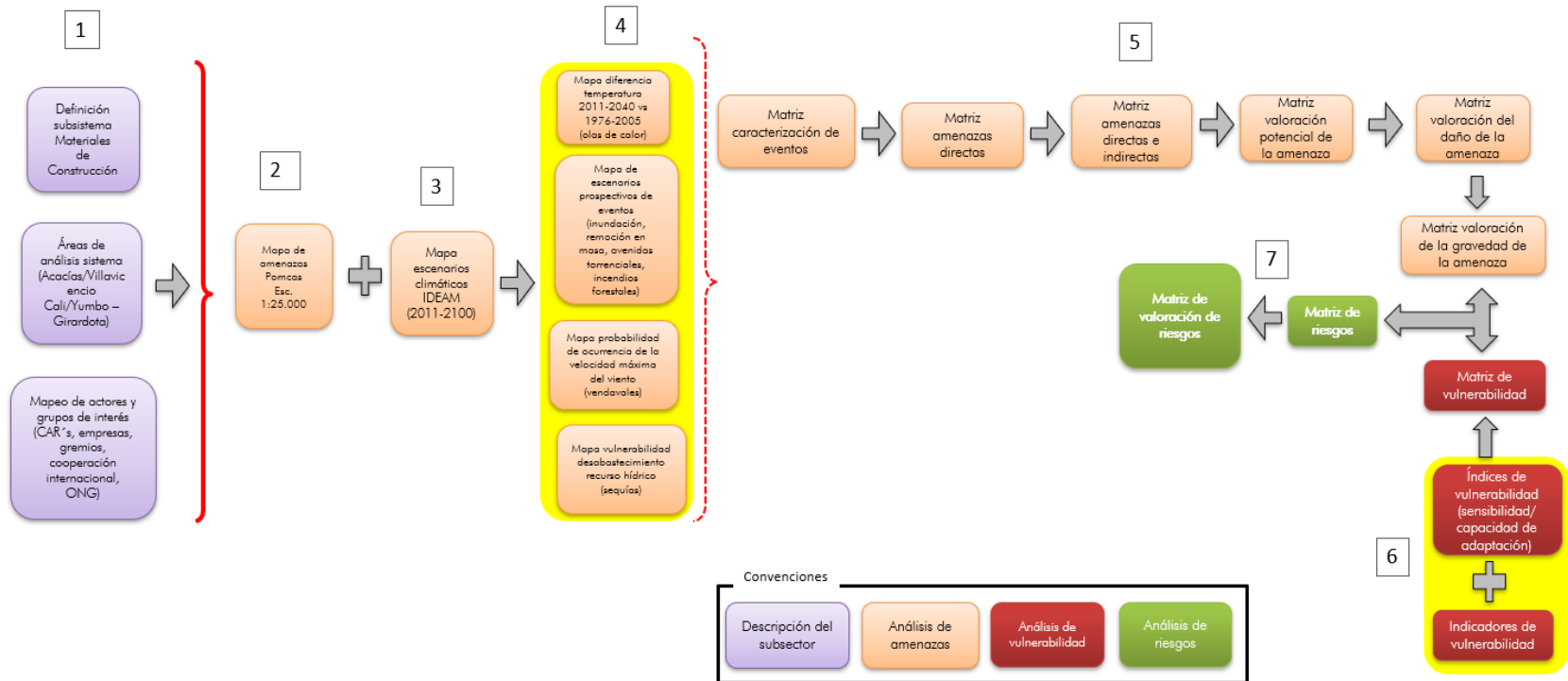
Según lo anterior, y con las tendencias que incluso ha mostrado el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de incluir en las licencias ambientales los planes de gestión de cambio climático que incluyen el componente de adaptación, a continuación, se presenta una síntesis de la metodología adoptada a lo largo de la consultoría contratada por la UPME para analizar el riesgo ante la variabilidad y cambio climático de la cadena de valor del subsector de materiales de construcción, y de acuerdo con los resultados de dicho análisis (que se presentan en los capítulos anteriores), se incluyen algunas recomendaciones de medidas de adaptación que podrían incorporarse en los planes de manejo ambiental (PMA) y en los planes de trabajos y obras (PTO) de las compañías mineras que integran el sector de explotación y producción de agregados pétreos.

## 1. SÍNTESIS DE LA METODOLOGÍA

La metodología aplicada para el análisis de vulnerabilidad y riesgo para el subsistema de materiales de construcción y su entorno frente al cambio climático y la variabilidad climática sigue la línea metodológica establecida en el estudio *Consultoría para la formulación del plan de gestión integral de cambio climático del sector minero-energético, que responda a las obligaciones establecidas en el artículo 170 de la Ley 1753 de 2015*, elaborado por INERCO Consultoría Colombia para el Ministerio de Minas y Energía, pero introduce mejoras en varios aspectos.

De acuerdo con lo anterior, la metodología que permite obtener los escenarios de riesgos prospectivos por evento y por componente del subsistema de materiales de construcción se articula mediante un análisis que se realiza en los pasos que se presentan en la figura 1-1. En cuanto a la definición del tipo de medidas de adaptación que se recomienda implementar, esta depende de los resultados del análisis de riesgos y de la importancia que tiene cada componente de la cadena de valor en el subsistema. Este último aspecto se explica en el paso ocho de la síntesis metodológica que se presenta a continuación.

Figura 1-1 Esquema metodológico para la estimación y cálculo de las vulnerabilidades y riesgos del subsector de materiales de construcción en Colombia



Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020.

1. El primer paso es la definición y caracterización de los componentes de la cadena de valor del subsector de materiales de construcción (administrativo y financiero, recursos humanos, cadena de suministro, extractivo, almacenamiento temporal, beneficio, transporte y comercialización, gestión ambiental, cierre minero y entorno social y ambiental). Asimismo, se realiza el mapeo de actores y grupos de interés con los cuales se interactuará para obtener información de primera mano que permita complementar la caracterización del subsector y de las áreas de análisis. Dichos datos serán empleados para los análisis posteriores.
2. En el segundo paso se incorporan a un Sistema de Información Geográfica (SIG) los mapas de las amenazas objeto de análisis, en este caso específico, se tomaron los mapas de inundación, remoción en masa, avenidas torrenciales e incendios forestales que se presentan en los Planes de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA) a escala 1:25.000 que cubren las áreas de estudio. Para este estudio se contó con la existencia de esta información que aporta a una escala de buen detalle la cartografía de algunas de las amenazas que se analizan dentro del marco metodológico.
3. El tercer paso es incorporar al SIG los mapas *raster* de las estimaciones del escenario de cambio climático para temperatura y precipitaciones elaborado por el IDEAM para los períodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100.
4. El cuarto paso consiste en generar los mapas de escenarios prospectivos del posible comportamiento de los eventos analizados (inundaciones, remoción en masa, avenidas torrenciales, incendios forestales) en términos de los escenarios de cambio climático futuro. Para este efecto se cruzaron los mapas de las estimaciones del escenario de cambio climático elaborados por el IDEAM para precipitaciones con los mapas de amenaza de inundaciones, remoción en masa y avenidas torrenciales de los POMCA que cubren las áreas de estudio. Igualmente se cruzó el mapa de escenario de cambio climático para temperatura con el mapa de incendios forestales del POMCA.

Asimismo, se tuvo en cuenta el mapa de diferencia de temperatura 2011-2040 vs 1976-2005 del IDEAM para el análisis de la amenaza de las olas de calor, y el mapa de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico del Estudio Nacional del Agua de 2014 para el mapa de amenaza de sequía. Esta información se cruzó con los escenarios del IDEAM de aumento de temperatura y disminución de la precipitación.

De este ejercicio se obtiene la propensión de cada área a sufrir con mayor o menor intensidad los eventos en cuestión dada la variación de la precipitación y temperatura, según corresponda. Esta descripción del comportamiento futuro del evento es un escenario, es decir, no es una predicción, ni una estimación probabilística, sino una descripción de un comportamiento plausible del evento en esas condiciones.

5. En el quinto paso se elaboran las matrices de amenazas en las que se ejecutan distintos análisis (como se muestra a continuación) teniendo en cuenta el escenario prospectivo 2011 – 2040 de cambio climático del IDEAM, debido a que las predicciones de dicho

escenario son las que cuentan con menor nivel de incertidumbre y, por lo tanto, son las que se utilizan para analizar el riesgo de la cadena de valor del subsector de materiales de construcción ante los eventos de cambio climático y variabilidad climática.

En el análisis de las matrices se establece inicialmente la matriz de caracterización de los eventos y subeventos (inundación, remoción en masa, avenidas torrenciales, incendios forestales, sequía y olas de calor) por incremento y disminución de precipitación al igual que por aumento de temperatura y variabilidad climática, a partir del análisis de los mapas de escenarios prospectivos de eventos y de amenazas (escenario 2011 – 2040).

Luego se establece la matriz de amenazas directas con el propósito de determinar la posibilidad de que los sub eventos del cambio climático constituyan una amenaza para cualquiera de los componentes del sistema minero o para su entorno.

Seguidamente, se establece la matriz de amenazas directas e indirectas para cada componente del subsistema minero con el propósito de identificar las posibles amenazas indirectas sobre cada uno de los componentes del sistema minero que se derivan de las amenazas directas identificadas en la matriz anterior. Después, se calcula la matriz de valoración potencial de la amenaza con el propósito de asignar la posibilidad de ocurrencia de las amenazas (daño) directas e indirectas identificadas de acuerdo con escala 1 a 3, siendo 3 la posibilidad más alta.

Luego, se calcula la matriz de valoración del daño de la amenaza con el propósito de asignar el potencial de daño derivado de cada amenaza directa e indirecta de acuerdo con una escala compuesta de dos factores, centralidad del elemento afectado y potencial de modificación del elemento afectado. La escala de daño establecida va de 1 a 3, siendo 3 el mayor nivel de daño.

Por último, se obtiene la matriz de valoración de gravedad de la amenaza con el propósito de sintetizar el análisis de amenazas y determinar la gravedad de cada una en función de las asignaciones previas de posibilidad y potencial de daño. De acuerdo con este análisis se clasifican las amenazas en graves, relevantes y secundarias.

6. En el sexto paso se establecen los indicadores de sensibilidad y capacidad de adaptación para obtener la vulnerabilidad del sistema minero. A cada indicador se asignan pesos y de acuerdo con las calificaciones de los indicadores y los pesos que se han establecido para cada uno, se obtienen los índices de vulnerabilidad (sensibilidad y capacidad de adaptación).
7. En el séptimo paso se cruzan la matriz de valoración de la gravedad de la amenaza con la matriz de vulnerabilidad para obtener en primera instancia la matriz de riesgos y posteriormente la matriz de valoración de riesgos derivados de los eventos del cambio climático y la variabilidad climática para cada uno de los componentes del subsistema de producción de materiales de construcción.



8. Una vez ejecutado el análisis de riesgo con los siete pasos anteriores, se establece la importancia de los componentes de la cadena de valor teniendo en cuenta el grado de influencia y dependencia de cada uno. A partir de la importancia de los componentes y los resultados de la valoración de riesgos, se establece el tipo de medidas de adaptación que se recomienda implementar en cada caso mediante la matriz de doble entrada que se presenta en la tabla 1-1, en esta los componentes de la cadena de valor se han organizado de acuerdo con la importancia calculada en el ejercicio realizado por los expertos que participaron en el desarrollo de la consultoría.

**Tabla 1-1** Matriz de decisión para establecer el tipo de medidas de adaptación a implementar

Componente	Centralidad componente	Nivel de riesgo		
		1 bajo	2 medio	3 alto
Componente Recursos Humanos	43,33	Reducir	Reducir	
Componente Administrativo, Financiero	34,13			
Componente Extractivo	22,50			
Componente de Gestión Ambiental	16,36			
Componente Cadena de Suministro	15,00			
Componente Almacenamiento Temporal	9,17	Aceptar	Transferir	
Componente entorno social y ambiental	9,17			
Componente Beneficio	7,08			
Componente Transporte y Comercialización	6,67			
Componente de Cierre Minero	4,50			

Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020

## 2. MEDIDAS PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

De acuerdo con la Ley 99 de 1993 el Plan de Manejo Ambiental es «el conjunto detallado de actividades, que producto de una evaluación ambiental, están orientadas a prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos y efectos ambientales que se causen por el desarrollo de un proyecto, obra o actividad. Incluye los planes de seguimiento, monitoreo, contingencia, y abandono según la naturaleza del proyecto, obra o actividad».

En este sentido, el Plan de Manejo Ambiental del proyecto minero de explotación de materiales de construcción deberá contener lo siguiente:

- Las medidas de prevención, mitigación, corrección y compensación de los impactos ambientales negativos que pueda ocasionar el proyecto, obra o actividad en el medio ambiente y/o a las comunidades durante las fases de construcción, operación, mantenimiento, desmantelamiento, abandono y/o terminación del proyecto;
- El programa de monitoreo del proyecto con el fin de verificar el cumplimiento de los compromisos y obligaciones ambientales durante la implementación del Plan de

Manejo Ambiental, y verificar el cumplimiento de los estándares de calidad ambiental establecidos en las normas vigentes. Asimismo, evaluar mediante indicadores el desempeño ambiental previsto del proyecto, obra o actividad, la eficiencia y eficacia de las medidas de manejo ambiental adoptadas y la pertinencia de las medidas correctivas necesarias y aplicables a cada caso en particular;

- Los costos proyectados del Plan de Manejo en relación con el costo total del proyecto y cronograma de ejecución del Plan de Manejo.

En el año 2016 el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) expidió la Resolución 2206 por la cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental de explotación minera, que incluye los materiales de construcción, identificados con el código TdR-13. En estos términos de referencia no se encuentra una descripción detallada del contenido de los Programas de Manejo Ambiental, por lo cual, para tener una referencia del contenido de estos programas, se toma la información que se incluye en los Términos de Referencia para explotación de materiales de construcción del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) del año 2010 como se presentan en la tabla 2-1.

**Tabla 2-1.** Programas de Manejo Ambiental

MEDIO	PROGRAMAS
Abiótico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programas de manejo del recurso suelo</li> <li>• Programa manejo de estériles y escombros</li> <li>• Programa de manejo del recurso hídrico y obras para control de erosión</li> <li>• Programa de manejo de recurso aire</li> <li>• Manejo de residuos sólidos</li> <li>• Manejo de Combustibles y sustancias químicas</li> <li>• Manejo de explosivos y voladuras</li> </ul>
Biótico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programas de manejo de flora</li> <li>• Programa manejo de fauna.</li> <li>• Programa de conservación de especies vegetales y faunísticas en peligro crítico en veda o aquellas que no se encuentren registradas dentro del inventario nacional o que se cataloguen como posibles especies no identificadas.</li> <li>• Programa y protocolos para el manejo y salvamento de especies de fauna y para su reincorporación de los individuos al medio natural, donde se analice la capacidad de carga animal de los sitios receptores.</li> <li>• Programa para el desarrollo y fomento de ecosistemas y especies de flora y fauna afectables por el proyecto.</li> <li>• Programa de educación y capacitación al personal vinculado al proyecto, teniendo en cuenta la determinación y delimitación de los ecosistemas y especies de flora y fauna de especial interés</li> <li>• Programa manejo paisajístico. Diseño paisajístico de las áreas intervenidas y recuperadas, especies a utilizar en cantidad y calidad.</li> <li>• Programa de compensación</li> </ul>
Socioeconómico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa de información y participación comunitaria.</li> <li>• Programa de educación y capacitación al personal vinculado al proyecto.</li> <li>• Programa de reasentamiento de la población afectada.</li> <li>• Programa de apoyo a la capacidad de gestión institucional.</li> <li>• Programa de capacitación, educación y concientización a la comunidad aledaña al proyecto.</li> <li>• Programa de contratación de mano de obra local.</li> </ul>

MEDIO	PROGRAMAS
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Programa de afectación a terceros.</li><li>• Programa de compra de servidumbres.</li><li>• Programa de compensación social</li><li>• Programa de arqueología preventiva.</li></ul>

Fuente: MAVDT, 2010

Se debe tener en cuenta que los tomadores de decisiones públicas y privadas están adquiriendo consciencia de los impactos potenciales del cambio climático del aumento de la vulnerabilidad y, en consecuencia, de la necesidad de implementar medidas de adaptación, definidas como el «Ajuste de los sistema naturales o humanos en respuesta a estímulos climáticos reales o esperados, o a sus efectos, que atenúa los efectos perjudiciales o explota las oportunidades beneficiosas»<sup>4</sup>.

Las implicaciones del cambio climático exceden los efectos directos del clima sobre la infraestructura y las operaciones mineras, por lo que deben formar parte integral de la planificación a largo plazo. Por esta razón, aunque con bastante lentitud, las empresas extractivas líderes han comenzado a considerar los riesgos climáticos en sus evaluaciones de gestión de riesgos corporativos, incluyendo el cumplimiento de las regulaciones relacionadas, la percepción de los accionistas y los clientes, el control de los gases de efecto invernadero<sup>5</sup>.

Aún, bajo la creciente presión ejercida por accionistas, reguladores y consumidores, persiste una gran incertidumbre sobre las proyecciones climáticas que, sumadas a las fuertes inversiones requeridas para diseñar, construir o modernizar la infraestructura para la adaptación, ha hecho que el grueso de las empresas mineras postergue la inclusión del riesgo climático dentro de los procesos de toma de decisión<sup>6</sup>

Algunas medidas genéricas relacionadas con la adaptación son<sup>7</sup>

- Evaluar la incorporación de los objetivos de adaptabilidad al cambio climático en los propósitos de sostenibilidad corporativa.
- Involucrar a la alta gerencia en los objetivos de la adaptación e identificar las unidades de negocio claves para apoyar estas actividades que responderán a las consecuencias del cambio climático.

<sup>4</sup> IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2007). Climate change 2007: Synthesis report. Contribution of working groups I, II and III to the Fourth assesment report of Intergovernmental Panel on Climate Change. Génova, Suiza: R. y. Pachauri, Ed.

<sup>5</sup> INERCO Consultoría Colombia. (2015). Implementación del mapa de ruta para la adaptación del sector energético al cambio climático (incluyendo el uso de la herramienta de servicios ecosistémicos) e identificación de factores de vulnerabilidad del sector minero y de líneas gruesas de medidas. Bogotá.

<sup>6</sup> Rodgers, C., Sparling, E., Wiles, A., & Douglas, A. (2014). Understanding mining policy drivers and barriers in the context of climate change impacts ond adaptation. Obtenido de Natural Resources Canada, Climate change impacts and adaptation division: [http://www.climateontario.ca/doc/p\\_ECCC/AP049\\_MIRARCO\\_RSI\\_Mining\\_Policy\\_Report-Final.pdf](http://www.climateontario.ca/doc/p_ECCC/AP049_MIRARCO_RSI_Mining_Policy_Report-Final.pdf). P. 10.

<sup>7</sup> International Council on Mining and Metals (ICMM). (2013). *Adapting to a changing climate: implications for the mining and metals industry*. Obtenido de <https://www.icmm.com/website/publications/pdfs/climate-change/adapting-to-climate-change>. p. 41.

- Proporcionar capacitación y oportunidades de educación en temas relacionados con los impactos climáticos, los enfoques de la adaptabilidad y la relación de estos con las operaciones del negocio.
- Identificar y compartir herramientas internas, modelos operacionales, mejores prácticas y lecciones aprendidas en la industria minera y el área geográfica.
- Concientizar a las comunidades circundantes sobre los impactos que el cambio climático generará en ellas (disponibilidad hídrica, salud, energía, transporte, etc.). Promover el enlace de estas comunidades con programas existentes.
- Comunicar externamente las actividades pertinentes y sus motivaciones (riesgos, amenazas, vulnerabilidad y sensibilidad) para atender los impactos climáticos futuros.
- Participar en talleres y conferencias para entender mejor los impactos del cambio climático, las opciones de adaptación, las herramientas actualizadas y los recursos existentes.
- Compartir conocimientos técnicos y prácticos con otros actores.
- Valorar la complejidad y la duración prevista en las actividades consideradas
- Evaluar la infraestructura existente como carreteras, energía y abastecimiento hídrico.
- Considerar la afectación sobre el uso y el desarrollo futuro del territorio con las acciones propuestas.
- Contemplar el costo de capital, operación y mantenimiento de las medidas.

La tabla 2-2 presenta las medidas de adaptación al cambio climático que se pueden incorporar a la estructura del Plan de Manejo Ambiental de explotaciones mineras de materiales de construcción por programa, tipo de medida y por componente de la cadena de valor que tiene relación. En algunos programas y medidas es posible incluir la amenaza asociada.

Tabla 2-2. Medidas de Adaptación al Cambio Climático que se pueden incorporar al PMA por componente

MEDIO	MEDIDAS	AMENAZA	TIPO DE MEDIDA	COMPONENTES
Abiótico	<b><u>Programa de manejo del recurso suelo</u></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mejoramiento de sistemas de drenaje para facilitar la infiltración y reducir así la escorrentía superficial rápida.</li> <li>Construir cortafuegos apropiados y senderos perimetrales.</li> <li>Manejo de matorrales y arbustos para evitar los incendios forestales.</li> <li>Elaborar el plan de manejo de incendios forestales bajo la expectativa de incendios forestales más intensos y frecuentes que los registrados hasta el momento.</li> </ul>	Incendios forestales	Prevención/ Mitigación	Extractivo  Almacenamiento temporal  Cierre
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aplicar técnicas de bioingeniería para control de erosión y estabilización de taludes.</li> </ul>	Deslizamientos	Mitigación	Extractivo
	<b><u>Programa de manejo del recurso hídrico</u></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Diseñar medidas de defensa contra inundaciones (diques, muros de contención).</li> <li>Diseñar la infraestructura y las estructuras físicas mineras con mayor grado de robustez.</li> <li>Fortalecimiento de los sistemas de alertas tempranas por eventos climáticos</li> <li>Mejorar los sistemas de captación y drenaje para afrontar lluvias más intensas.</li> </ul>	Inundaciones Avenidas torrenciales	Prevención/ Mitigación	Extractivo Almacenamiento temporal Beneficio Cierre
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Considerar el funcionamiento de los sistemas de bombeo y tratamiento de aguas residuales en condiciones de emergencia climática.</li> <li>Evaluar alternativas en los procesos de trituración y molienda que requieran menores volúmenes de agua.</li> <li>Explorar alternativas de suministro hídrico (almacenamiento de aguas lluvias o de inundación por ejemplo), captadores de niebla, uso eficiente de agua y tratamiento y reciclaje de aguas residuales.</li> <li>Evaluar los riesgos por difícil acceso o mayor competencia por el recurso hídrico.</li> </ul>	Sequía	Prevención/ Mitigación	Beneficio  Cadena de suministros
	<b><u>Manejo de Combustibles y sustancias químicas</u></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Contar con plantas de generación de energía para operar durante la emergencia.</li> <li>Aumentar la capacidad de almacenamiento de materiales esenciales, combustible y productos utilizados.</li> </ul>		Prevención	Extractivo Almacenamiento temporal Beneficio

MEDIO	MEDIDAS	AMENAZA	TIPO DE MEDIDA	COMPONENTES
	<p><b><u>Programa de manejo de recurso aire</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar procesos eficientes y tecnologías más limpias en la generación de emisiones y el consumo energético e hídrico.</li> <li>• Desarrollar planes de contingencia climática robustos.</li> </ul>		Prevenición	<p>Extractivo</p> <p>Almacenamiento temporal</p> <p>Beneficio</p>
Biótico	<p><b><u>Programa para el desarrollo y fomento de ecosistemas y especies de flora y fauna afectables por el proyecto.</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conservación de ecosistemas vulnerables al cambio climático, estratégicos para la provisión de agua.</li> </ul> <p><b><u>Programa de compensación</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Considerar la diversificación geográfica como una estrategia para gestionar los impactos climáticos regionales potencialmente graves.</li> <li>• Incrementar la cobertura forestal mediante plantaciones forestales con fines de captura de carbono.</li> </ul>		Prevenición	<p>Gestión ambiental</p> <p>Cierre</p>
	<p><b><u>Programa manejo paisajístico</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisar la proximidad de la infraestructura minera con respecto a vegetación susceptible de incendiarse.</li> </ul>	Incendios forestales	Prevenición	<p>Extracción</p> <p>Almacenamiento temporal</p> <p>Beneficio</p>
Socioeconómico	<p><b><u>Programa de educación y capacitación al personal vinculado al proyecto.</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Asegurar la disponibilidad de personal entrenado en atención de incendios, cercanía de fuentes hídricas y existencia de equipos de extinción de incendios.</li> </ul>	Incendios forestales	Prevenición	Recursos humanos
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaborar protocolos para la atención de enfermedades transmitidas por vectores ante el aumento de la exposición asociado a los aumentos de temperatura.</li> </ul>	Sequía		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construir procedimientos de emergencia y planes de contingencia para afrontar los riesgos asociados con los eventos naturales extremos y pandemias.</li> <li>• Apoyar con información y conocimiento los procesos de gestión legislativa y normativa de la adaptación climática.</li> <li>• Crear programas específicos de formación que contribuyan a adquirir capacidades y herramientas sobre cambio climático.</li> <li>• Evaluar los riesgos de salud y seguridad surgidos de los cambios climáticos.</li> <li>• Fortalecimiento de los sistemas de alertas tempranas por eventos climáticos</li> </ul>		Prevenición	<p>Administrativo y financiero</p> <p>Recursos humanos</p>



MEDIO	MEDIDAS	AMENAZA	TIPO DE MEDIDA	COMPONENTES
	<p><b><u>Programa de apoyo a la capacidad de gestión institucional</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Llevar al nivel local las proyecciones de los escenarios climáticos nacionales.</li> <li>Trabajar con las autoridades locales y regionales para fomentar la gestión de inundaciones y los planes de mitigación.</li> <li>Efectuar una permanente identificación y evaluación de los riesgos climáticos.</li> <li>Llevar al nivel local las proyecciones de los escenarios climáticos nacionales.</li> <li>Desarrollar planes de contingencia climática robustos.</li> </ul> <p><b><u>Programa de afectación a terceros</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Garantizar la disponibilidad de servicios de atención en salud básicos y medios de transporte para el personal afectado durante el evento extremo.</li> <li>Poner a disponibilidad del cuerpo de bomberos local y los servicios de emergencia las herramientas y la logística que se requiera en caso de incendios en la zona.</li> </ul>		Prevenición	<p>Administrativo y financiero</p> <p>Componente entorno social y ambiental</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Implementar mecanismos de aseguramiento contra riesgos o evaluar el alcance de las pólizas que cubren los fenómenos meteorológicos extremos, la continuidad del negocio y la interrupción de las operaciones.</li> </ul>		Transferir	Administrativo y financiero
	<p><b><u>Programa de capacitación, educación y concientización a la comunidad aledaña al proyecto</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Diseño e implementación de un plan de educación, formación, capacitación, sensibilización y difusión de información sobre el cambio climático.</li> <li>Trabajar con las comunidades circundantes para evitar la competencia o las discordias por el acceso al recurso hídrico.</li> <li>Compartir información científica sobre cambio climático, impactos y gestión de riesgos con los gobernantes locales y los líderes comunitarios.</li> <li>Establecer relaciones con las comunidades locales para comunicar las acciones de adaptación, los riesgos potenciales y sistemas de alerta temprana.</li> <li>Crear o participar en las iniciativas de colaboración con las estrategias locales o regionales.</li> </ul>		Prevenición	Componente entorno social y ambiental

Fuente: INERCO (2015)

### 3. MEDIDAS PLANES DE TRABAJO Y OBRAS DE PROYECTOS MINEROS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

El Programa de Trabajos y Obras es el instrumento que suministra la base técnica, logística, económica y comercial para tomar la decisión de invertir y desarrollar un proyecto minero según se expresa en los Términos de Referencia del trabajo de exploración, programa mínimo exploratorio y programa de trabajos y obras (PTO) para materiales y minerales distintos del espacio y fondo marino acogidos mediante Resolución No. 299 del 13 de junio de 2018.

En este sentido, el Programa de Trabajos y Obras (PTO) ejecutado con base en los trabajos de exploración, desarrolla el análisis de mercados, el planeamiento y diseño de las explotaciones de la sustancia mineral, beneficio y transformación, el estudio de la infraestructura de transporte y puerto de cargue, la evaluación financiera del proyecto y la promoción de los minerales. El contenido del PTO es el siguiente:

- Delimitación definitiva del área de explotación.
- Mapa topográfico de dicha área.
- Detallada información cartográfica del área y, si se tratare de minería marina especificaciones batimétricas.
- Ubicación, estimación y clasificación de las reservas que habrán de ser explotadas en desarrollo del proyecto.
- Descripción y localización de las instalaciones y obras de minería, depósito de minerales, beneficio y transporte y, si es del caso, de transformación.
- Plan Minero de Explotación, que incluirá la indicación de las guías técnicas que serán utilizadas.
- Plan de Obras de Recuperación geomorfológica, paisajística y forestal del sistema alterado.
- Escala y duración de la producción esperada.
- Características físicas y químicas de los minerales por explotarse.
- Descripción y localización de las obras e instalaciones necesarias para el ejercicio de las servidumbres inherentes a las operaciones mineras.
- Plan de cierre de la explotación y abandono de los montajes y de la infraestructura.

La tabla 3-1 presenta las medidas de adaptación al cambio climático que se pueden incorporar a la estructura del Plan de Trabajo y Obras explotaciones mineras de materiales de construcción incluyendo la amenaza asociada, el tipo de medida y los componentes de la cadena de valor que tienen relación.

**Tabla 3-1.** Medidas de Adaptación al Cambio Climático que se pueden incorporar al PTO

PROCESO Y/O PLAN	MEDIDAS	AMENAZA	TIPO DE MEDIDA	COMPONENTES
<p>Instalaciones y obras de minería, depósito de minerales, beneficio y transporte.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar alternativas en los procesos de trituración y molienda que requieran menores volúmenes de agua.</li> <li>• Establecer criterios de diseño mínimos específicos que se apliquen a las nuevas infraestructuras para protegerlas de eventos climáticos extremos.</li> <li>• Seleccionar los sitios para la instalación de la infraestructura teniendo en cuenta la exposición a eventos climáticos</li> <li>• Diseñar medidas de defensa contra inundaciones.</li> <li>• Mejorar los sistemas de captación y drenaje para afrontar lluvias más intensas.</li> <li>• Considerar los suministros energéticos e hídricos en condiciones de emergencia climática.</li> <li>• Diversificar la base de proveedores.</li> <li>• Evaluar los riesgos por difícil acceso o mayor competencia por el recurso hídrico.</li> <li>• Explorar alternativas de suministro hídrico (almacenamiento de aguas lluvias o de inundación por ejemplo), uso eficiente de agua y tratamiento y reciclaje de aguas residuales.</li> <li>• Desarrollar sistemas de reciclaje y reutilización de productos.</li> <li>• Considerar rutas alternativas para el acceso de suministros durante períodos de emergencia climática.</li> <li>• Diseñar la infraestructura y las edificaciones mineras con mayor grado de robustez.</li> <li>• Aumentar la capacidad de almacenamiento de materiales esenciales, combustible y productos utilizados.</li> <li>• Revisar la proximidad de la infraestructura minera con respecto a vegetación susceptible de incendiarse.</li> <li>• Construir cortafuegos apropiados y senderos perimetrales.</li> <li>• Promoción e impulso de alternativas de aprovechamiento y reutilización de agua en el sector minero</li> <li>• Asegurar rutas u opciones alternativas de transporte para trasladar la producción a sitios de consumo minimizando el riesgo de retrasos.</li> <li>• Implementar programas de ahorro y uso eficiente de la energía y agua.</li> </ul>	<p>Sequía Incendios forestales Inundaciones</p>	<p>Prevención/ Mitigación</p>	<p>Extractivo  Almacenamiento Temporal  Beneficio  Cadena de suministros  Gestión ambiental  Transporte y comercialización</p>

PROCESO Y/O PLAN	MEDIDAS	AMENAZA	TIPO DE MEDIDA	COMPONENTES
Plan de Obras de Recuperación geomorfológica, paisajística y forestal del sistema alterado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Humectar el suelo para facilitar la infiltración y reducir así la escorrentía superficial rápida</li> <li>• Construir cortafuegos apropiados y senderos perimetrales.</li> <li>• Uso de abonos orgánicos en la restauración de suelos</li> <li>• Implementación de barreras rompe vientos</li> <li>• Explorar alternativas de suministro hídrico (almacenamiento de aguas lluvias o de inundación por ejemplo), uso eficiente de agua y tratamiento y reciclaje de aguas residuales.</li> <li>• Captadores de niebla</li> <li>• Estabilización de pendientes y taludes mediante la construcción de obras de bioingeniería</li> <li>• Construcción de presas filtrantes</li> </ul>	Deslizamientos  Incendios forestales	Mitigación	Extractivo  Beneficio  Gestión ambiental  Componente entorno social y ambiental
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crear o participar en las iniciativas de colaboración con las estrategias locales o regionales</li> <li>• Compartir información científica sobre cambio climático, impactos y gestión de riesgos con los gobernantes locales y los líderes comunitarios.</li> <li>• Trabajar con las comunidades circundantes para evitar la competencia o las discordias por el acceso al recurso hídrico.</li> </ul>		Prevención	
Plan de cierre y abandono	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construir cortafuegos apropiados y senderos perimetrales.</li> <li>• Muros de contención natural</li> <li>• Implementación de barreras rompe vientos</li> <li>• Uso de abonos orgánicos y acondicionamiento de suelos</li> </ul>	Incendios forestales  Deslizamientos Inundaciones Avenidas torrenciales	Mitigación	Cierre  Gestión ambiental  Componente entorno social y ambiental
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenimiento y mejoramiento de cuerpos y cursos de agua para la regulación hídrica y disminución de estrés hídrico</li> <li>• Fortalecimiento de los sistemas de alertas tempranas por eventos climáticos</li> <li>• Conservación de ecosistemas vulnerables al cambio climático, estratégicos para la provisión de agua.</li> <li>• Crear o participar en las iniciativas de colaboración con las estrategias locales o regionales.</li> </ul>		Prevención	

Fuente: INERCO (2015)

#### 4. CONCLUSIONES SOBRE LA METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DE RIESGO

La metodología implementada para el análisis de riesgos climáticos y la definición de los tipos de medidas de adaptación que pueden implementar las empresas del subsector de materiales de construcción, parte de bases creadas por la UPME en 2015 e incorpora dos elementos que se evidenciaron como necesarios durante el desarrollo de la consultoría, estos elementos son, por un parte, los avances que el sector minero energético en cabeza del Minenergía ha trabajado en torno al análisis de riesgos climáticos y que se evidencian en el PIGCCme, y por otra, las características propias de esta consultoría entre las que se destaca la disponibilidad de información proveniente de fuentes oficiales como los Planes de Ordenamiento y Manejo de las cuencas hidrográficas de las áreas de estudio; estos documentos presentan información útil para el análisis de riesgo con un buen nivel de detalle.

La implementación de la metodología permitió identificar su potencialidad para ser replicada en otras áreas de estudio e incluso en otras industrias del sector minero energético, lo anterior, gracias a que la metodología maneja elementos comunes a todas las operaciones como por ejemplo, los componentes de la cadena de valor que a su vez fueron objeto de análisis al momento de definir los indicadores de vulnerabilidad (sensibilidad y capacidad de adaptación); sin embargo, tanto la metodología como las herramientas de las que dispone para analizar los riesgos climáticos permiten agregar o quitar los elementos que se requieran en cada caso, en ese sentido, pueden analizarse componentes más generales que abarquen todas las operaciones del sector minero energético. Es decir, la metodología puede aplicarse a análisis tan detallados o tan generales como se requiera y como la disponibilidad de información base lo permita, sin que la línea metodológica estructural varíe.

Por lo anterior, la metodología es aplicable a cualquier región del país e industria teniendo presente que el análisis se alimentará de las particularidades físicas, bióticas y sociales de la zona en la que se aplique y, por lo tanto, de la información disponible para realizar el análisis. Prueba de ello es que el análisis que se realizó en el marco de esta consultoría abarcó 3 áreas con características físico bióticas y sociales con diferencias marcadas y con métodos de explotación distintos.

Es de resaltar que los análisis fueron realizados por profesionales expertos que conocen la industria minera y que conjugan este conocimiento con el análisis de la información disponible de las áreas de estudio, esto quiere decir que los resultados dependen en gran medida de juicio de expertos que se basan en su conocimiento y en el uso de este para procesar la información proveniente de fuentes oficiales como el IDEAM y el análisis de amenazas que proviene de los POMCA, entre otras. Lo anterior quiere decir que los análisis se pueden realizar con información pública e incluso con información más detallada que las mismas empresas pueden aportar en la medida en que conocen las particularidades de su área de influencia y generan permanentemente información en el desarrollo y control de su operación.

Por último, la metodología puede ser aplicable a las diferentes escalas de tamaño de las operaciones del sector minero, en este caso particular, participaron empresas que desarrollan gran y mediana minería; sin embargo, el ejercicio podría replicarse en las pequeñas empresas que realizan actividades de minería de subsistencia y posiblemente a aquellas que no están formalizadas. Podría suceder que para este tipo de operaciones la gestión del cambio climático no es una prioridad; sin embargo, el ejercicio permitiría evidenciarlo y diagnosticar la situación para generar alertas y aportar al trabajo que el sector minero energético viene desarrollando en torno a la gestión del cambio climático.



## BIBLIOGRAFÍA

- Congreso de Colombia. (1993). *Ley 99 de 1993 Nivel Nacional*. Obtenido de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=297>
- INERCO Consultoría Colombia. (2015). *Implementación del mapa de ruta para la adaptación del sector energético al cambio climático (incluyendo el uso de la herramienta de servicios ecosistémicos) e identificación de factores de vulnerabilidad del sector minero y de líneas gruesas de medidas*. Bogotá.
- International Council on Mining and Metals (ICMM). (2013). *Adapting to a changing climate: implications for the mining and metals industry*. Obtenido de <https://www.icmm.com/website/publications/pdfs/climate-change/adapting-to-climate-change>
- IPCC. (2007). *Climate change 2007: Synthesis report. Contribution of working groups I, II and III to the Fourth assesment report of Intergovernmental Panel on Climate Change*. Génova, Suiza: R. y. Pachauri, Ed.
- IPCC. (2012). *Managing the Risks of Extreme events and disasters to advance Climate Change Adaptation: A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel*. (C. U. Press, Ed.) Obtenido de [https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX\\_Full\\_Report.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX_Full_Report.pdf)
- IPCC. (2015). *Climate change 2014: Synthesis report. Contribution of Working groups I, II and III to the Fifth assesment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Génova, Suiza: R. y. Pachauri, Ed.
- Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental - EIA para la explotación de materiales de construcción*. Bogotá.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (26 de mayo de 2015). *Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Recuperado el 25 de febrero de 2021, de <https://www.minambiente.gov.co/index.php/normativa/decretos?id=2093>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s.f.). *Resolución 2206 de 2016*. Recuperado el 25 de febrero de 2021, de <https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/res%202206%202016-fe.pdf>
- Ministerio de Minas y Energía. (s.f.). *TÉRMINOS DE REFERENCIA Los trabajos de exploración (LTE) y programa de trabajos y obras (PTO) para materiales y minerales distintos del espacio y fondo marino*. Obtenido de [https://www.anm.gov.co/sites/default/files/normativas/terminos\\_ref\\_exploracion\\_mineria.pdf](https://www.anm.gov.co/sites/default/files/normativas/terminos_ref_exploracion_mineria.pdf)
- Rodgers, C., Sparling, E., Wiles, A., & Douglas, A. (2014). *Understanding mining policy drivers and barriers in the context of climate change impacts and adaptation*. Obtenido de Natural Resources Canada, Climate change impacts and adaptation division:

[http://www.climateontario.ca/doc/p\\_ECCC/AP049\\_MIRARCO\\_RSI\\_Mining\\_Policy\\_Report-Final.pdf](http://www.climateontario.ca/doc/p_ECCC/AP049_MIRARCO_RSI_Mining_Policy_Report-Final.pdf)

UNEP - United Nations Environment Programme. (2018). *Assessing Environmental Impacts. A Global Review of Legislation, Nairobi, Kenya*. Obtenido de <https://europa.eu/capacity4dev/unep/documents/assessing-environmental-impacts-global-review-legislation>