

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

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

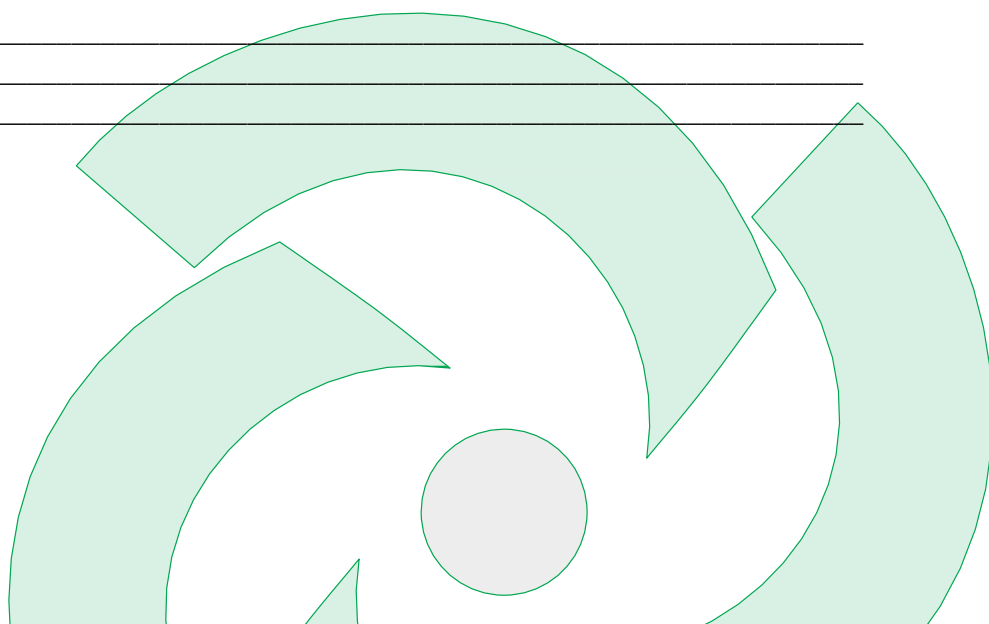
---



---



---



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

## ÍNDICE DE FIGURAS

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

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

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
<b>Gráfico 2-1</b> Ciclo anual velocidad máxima del viento, estación aeropuerto Vanguardia .....	23
<b>Gráfico 2-2</b> Ciclo anual velocidad media del viento, estación aeropuerto Vanguardia .....	24
<b>Gráfico 2-3</b> Brillo solar mensual promedio – estación aeropuerto Vanguardia.....	27
<b>Gráfico 2-4</b> Valores medios mensuales de evaporación (mm) estación Tulio Ospina.....	64
<b>Gráfico 2-5</b> Valores medios mensuales de brillo solar (horas/mes) estación –Tulio Ospina ....	66
<b>Gráfico 2-6</b> 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 MINENERGÍA. Sistema de información minero colombiano. [Sitio web]. Bogotá: UPME y MINENERGÍA. [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 canteras con poca densidad 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 material de arrastre. 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.

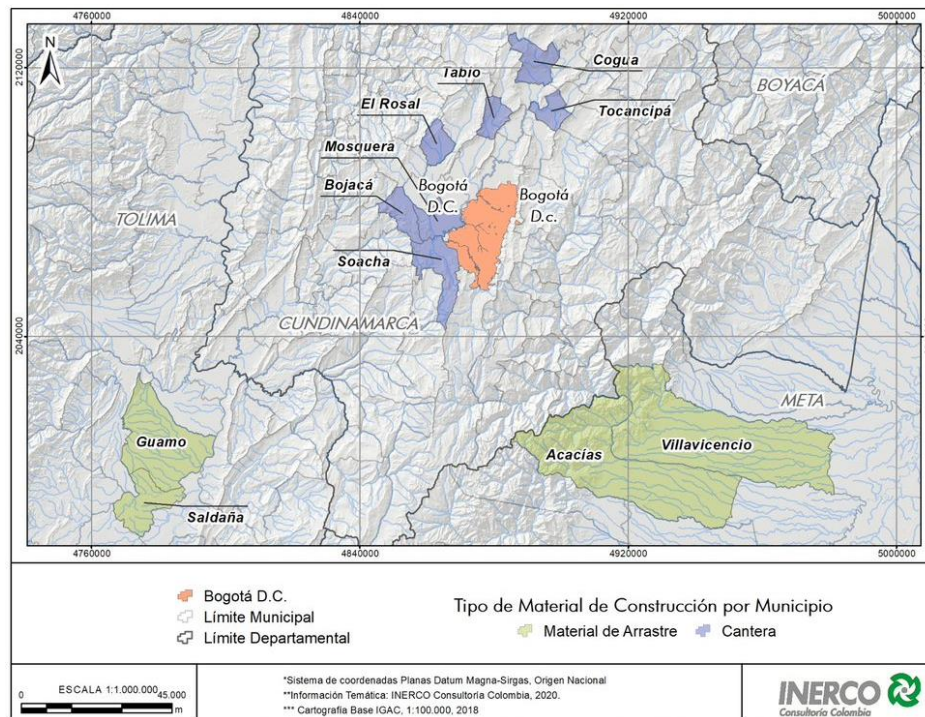
Para Bogotá, las áreas de estudio por elegir estaban entre Tabio, Cogua, Tocancipá, El Rosal, Mosquera, Bojacá y Soacha en el caso de explotaciones de cantera localizadas en la Sabana, mientras que para material de arrastre se encuentran los municipios de Guamo en Tolima y Acacías-Villavicencio en el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

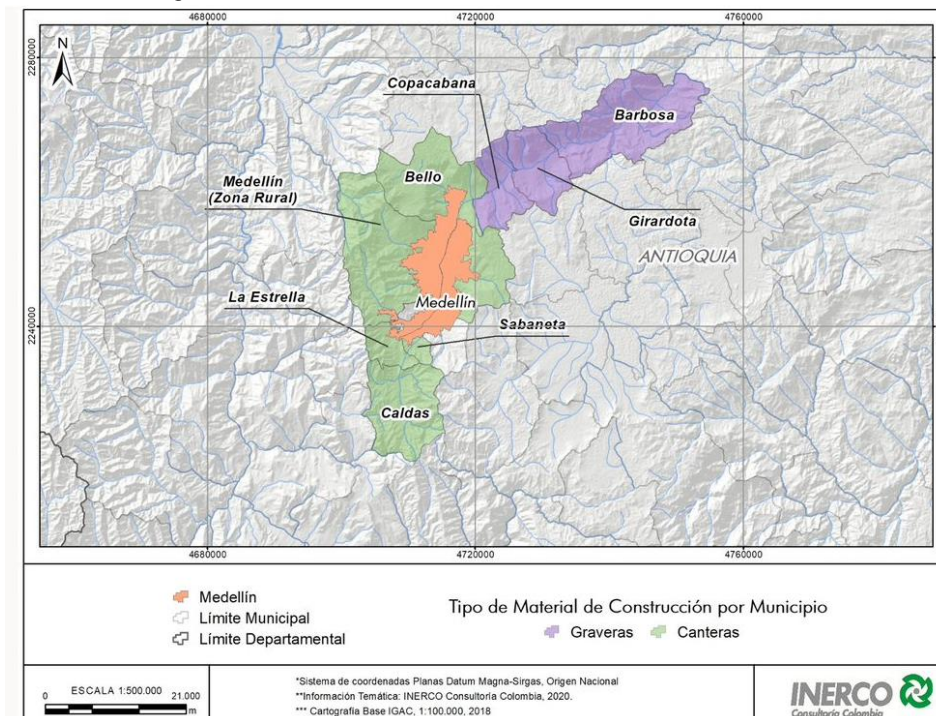


Figura 1-1. Ámbito geográfico de abastecimiento Bogotá



Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020.

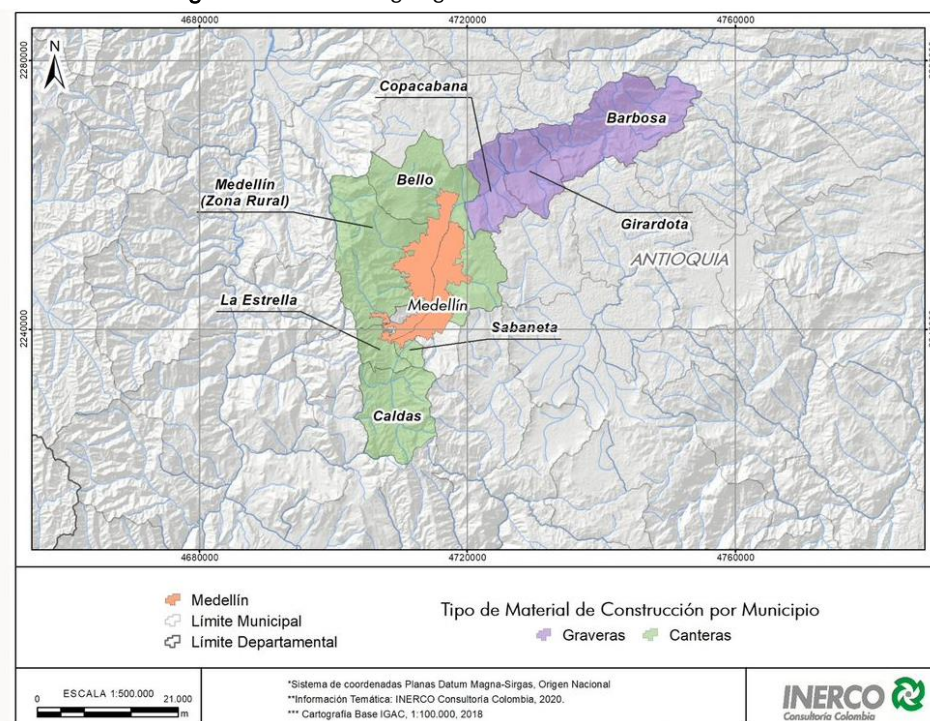
Figura 1-2. Ámbito geográfico de abastecimiento Medellín



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

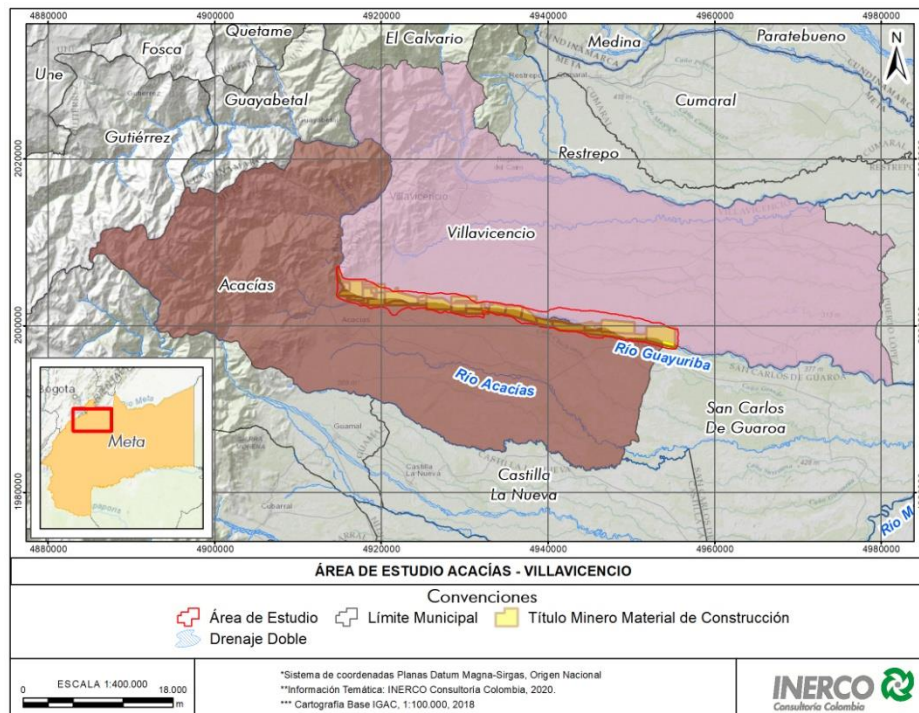
En la tabla 1-3 se presenta el tamaño de las explotaciones de las empresas que no se ubican en las áreas de estudio pero que participaron en las entrevistas (Arisol Gravas y Arenas, Holcim Colombia S.A) y, por tanto, la información que aportaron se tuvo en cuenta en el análisis del subsector. Particularmente, 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

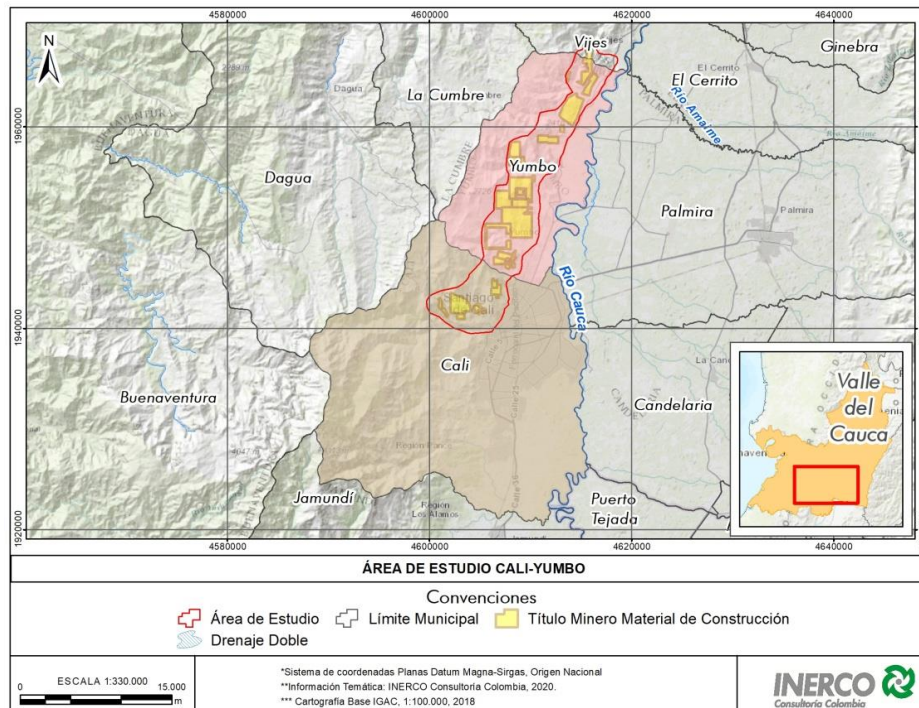
Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020

Figura 1-4. Área de análisis Acacías-Villavicencio



Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020.

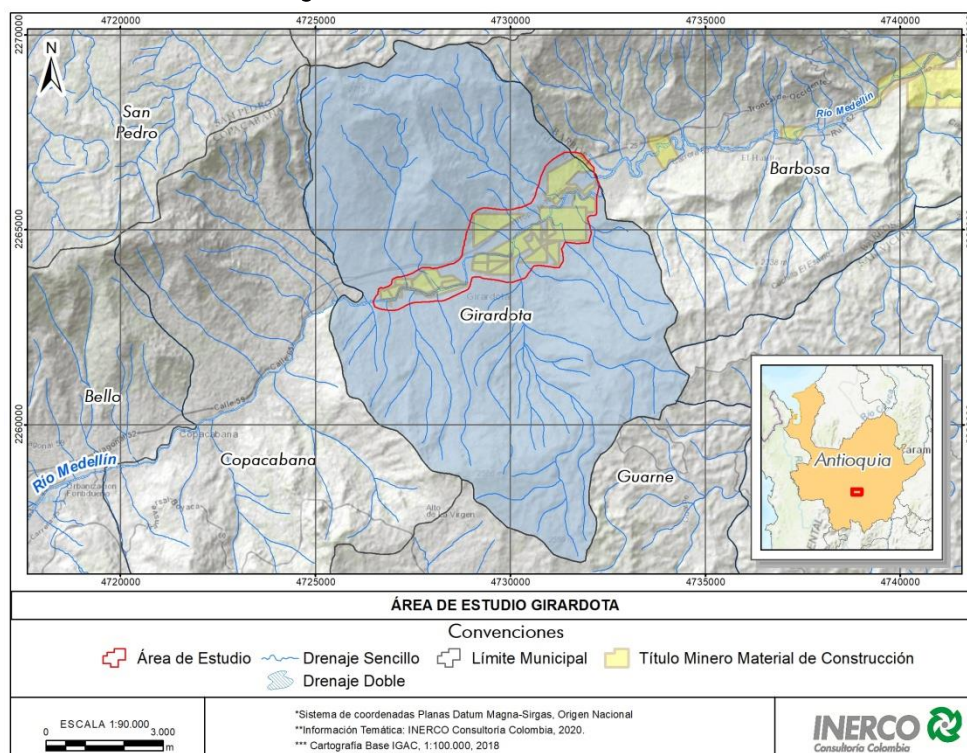
Figura 1-5. Área de análisis Cali-Yumbo



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

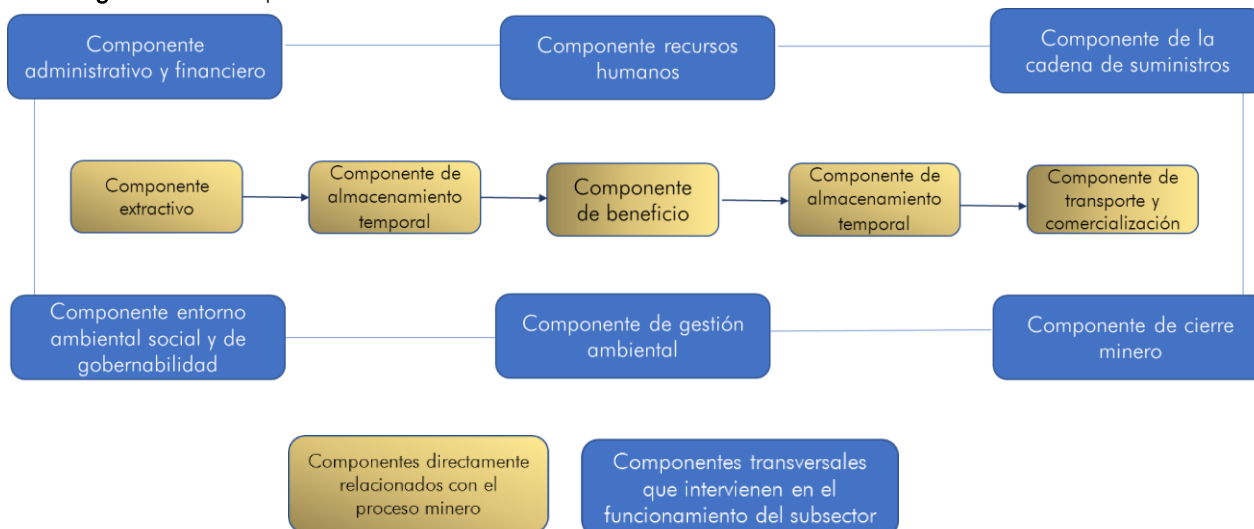
Los componentes de la cadena de valor que serán abordados en el análisis de riesgos corresponden a los propuestos en la metodología desarrollada en 2015<sup>6</sup> y considera los componentes analizados en el documento de formulación del PIGCCme<sup>7</sup>, más el componente de cierre minero como se 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> Ibíd.



### 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 priorizadas**

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 silíceo, 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 trezados 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

---

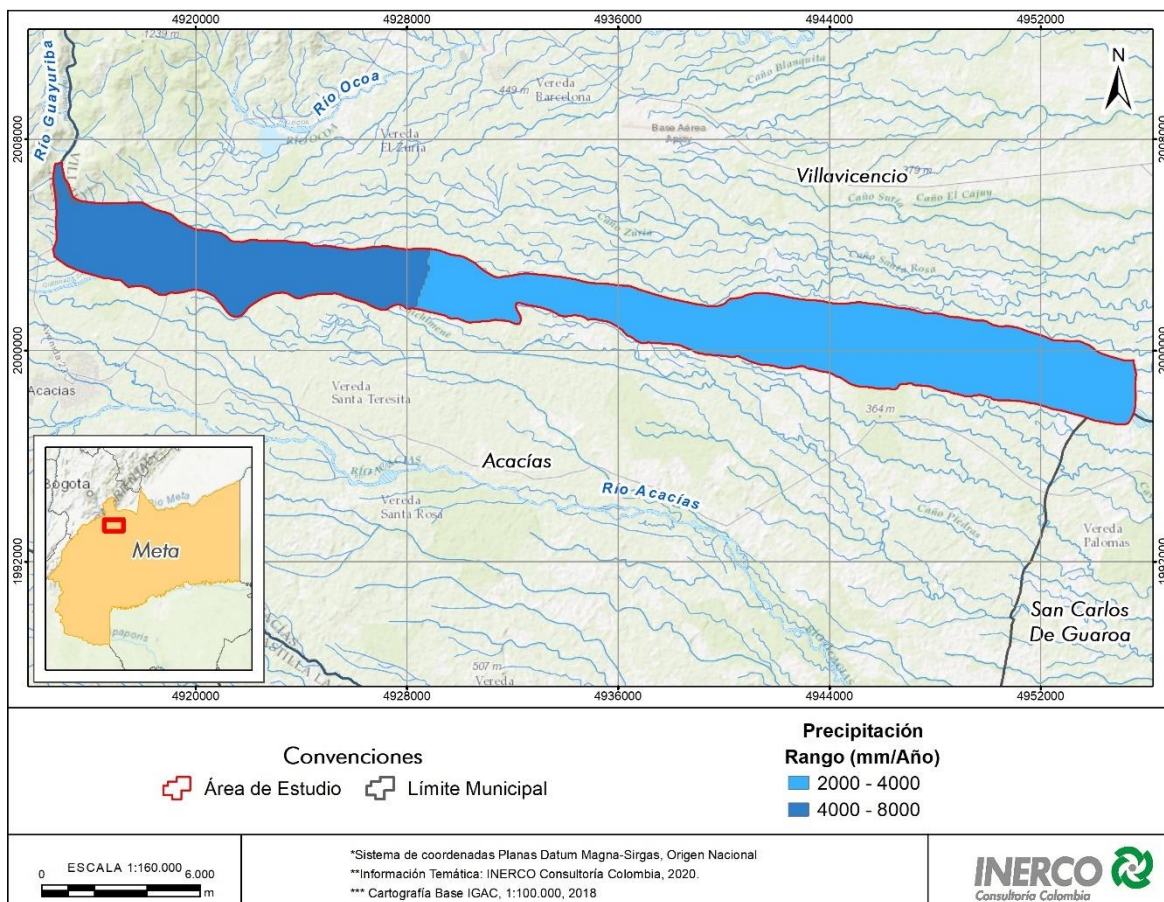
<sup>22</sup> COLOMBIA. CAR, CORPOGUAVIO, CORMACARENA, CORPOORINOQUIA, UTGS. POMCA Río Guayuriba actualización: Climatología. Bogotá: CAR, CORPOGUAVIO, CORMACARENA, CORPOORINOQUIA, UTGS, 2018. p. 45

<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.

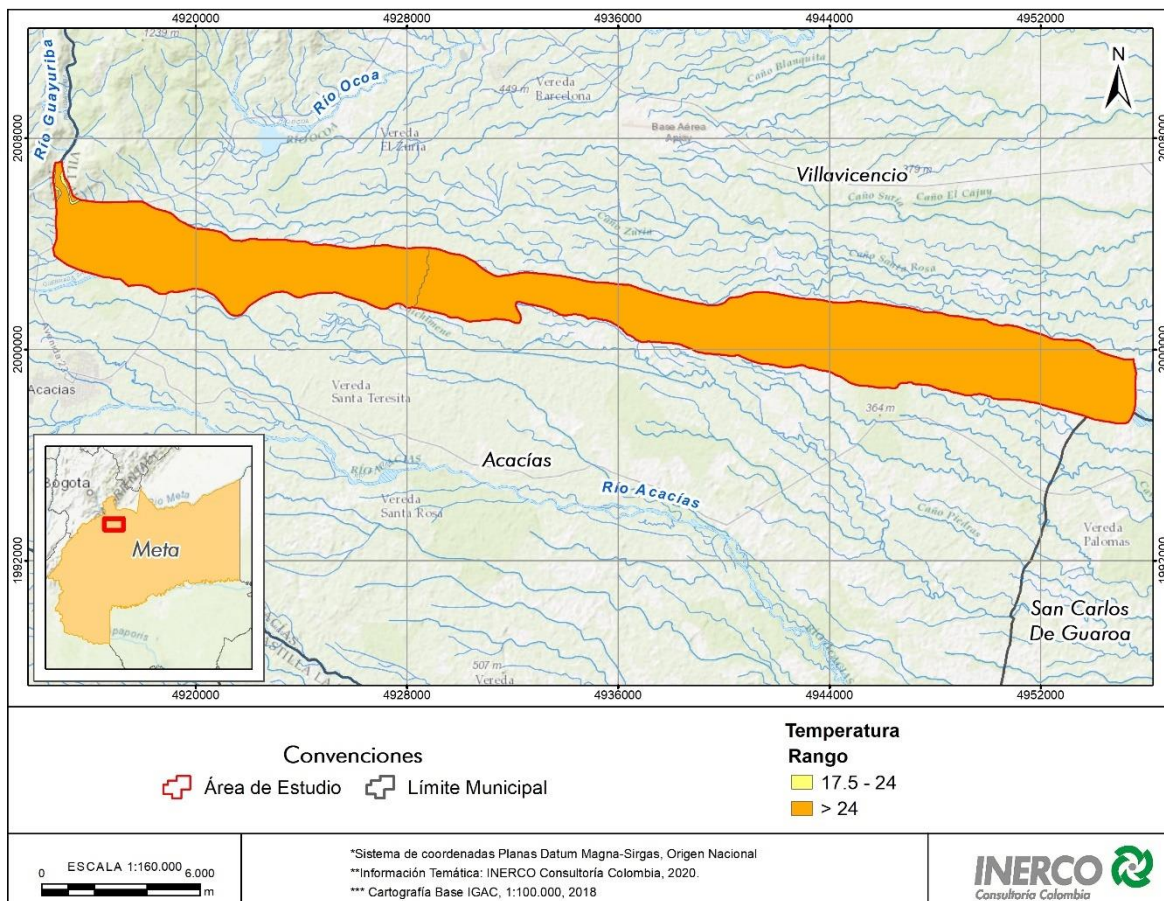
<sup>25</sup> Ibid., p. 45.

<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

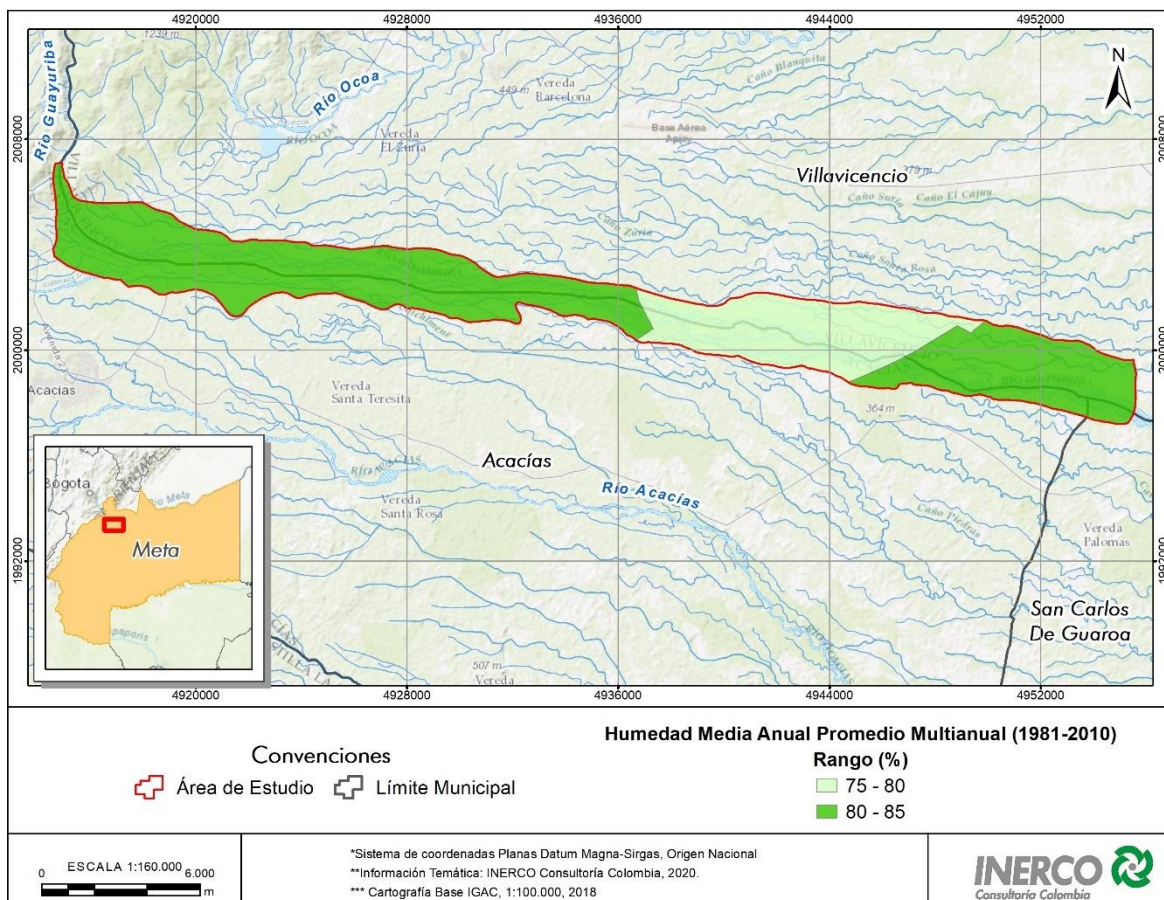
En la cuenca del río Guayuriba la humedad relativa presenta variación interanual muy leve; sin embargo, se recalca que las estaciones de las que se tomaron los datos no se encuentran dentro de la cuenca, sino en la región circundante, por lo que pueden existir variaciones respecto a lo que sucede en 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.

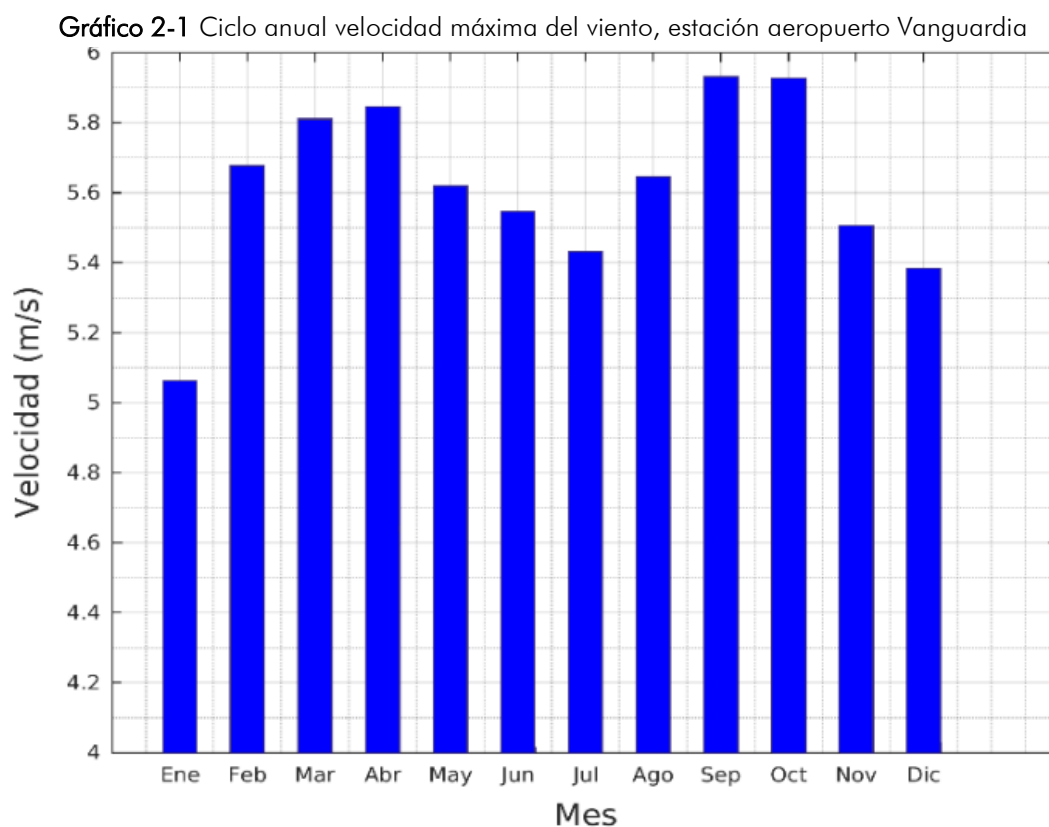
<sup>29</sup> COLOMBIA. CAR, CORPOGUAVIO, CORMACARENA, CORPOORINOQUIA, UTGS. POMCA Río Guayuriba actualización: Climatología. Bogotá: CAR, CORPOGUAVIO, CORMACARENA, CORPOORINOQUIA, UTGS, 2018.





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>.



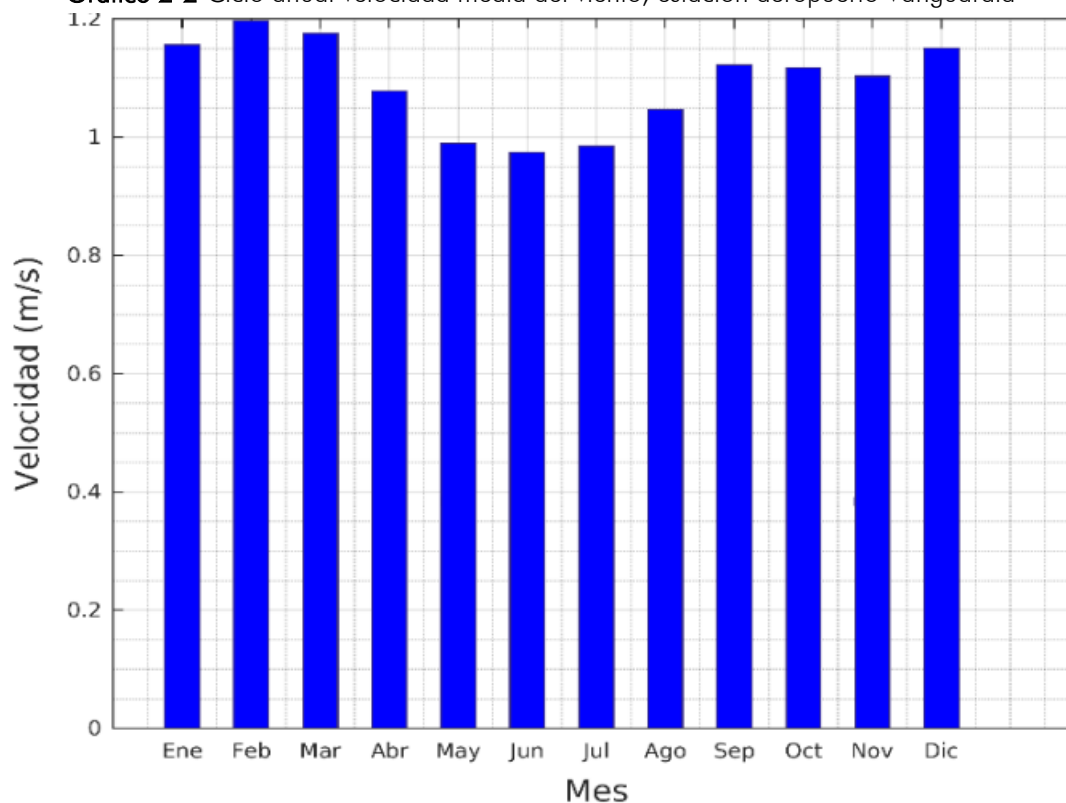
Fuente: CAR, CORPOGUAVIO, CORMACARENA, CORPOORINOQUIA, UTGS, 2019.

<sup>30</sup> Ibid., p. 79.

<sup>31</sup> Ibid., 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.

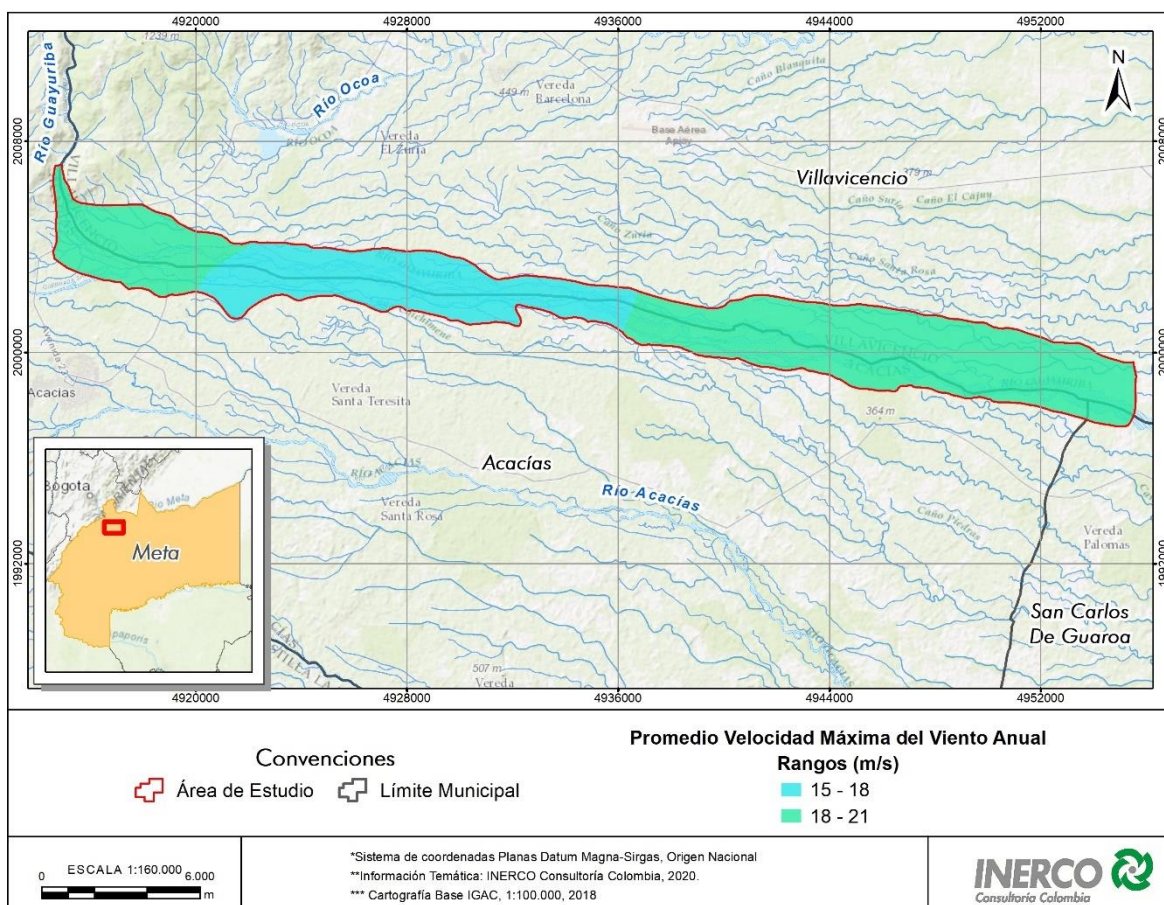
**Tabla 2-1** Velocidad media y máxima del viento media.

	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.

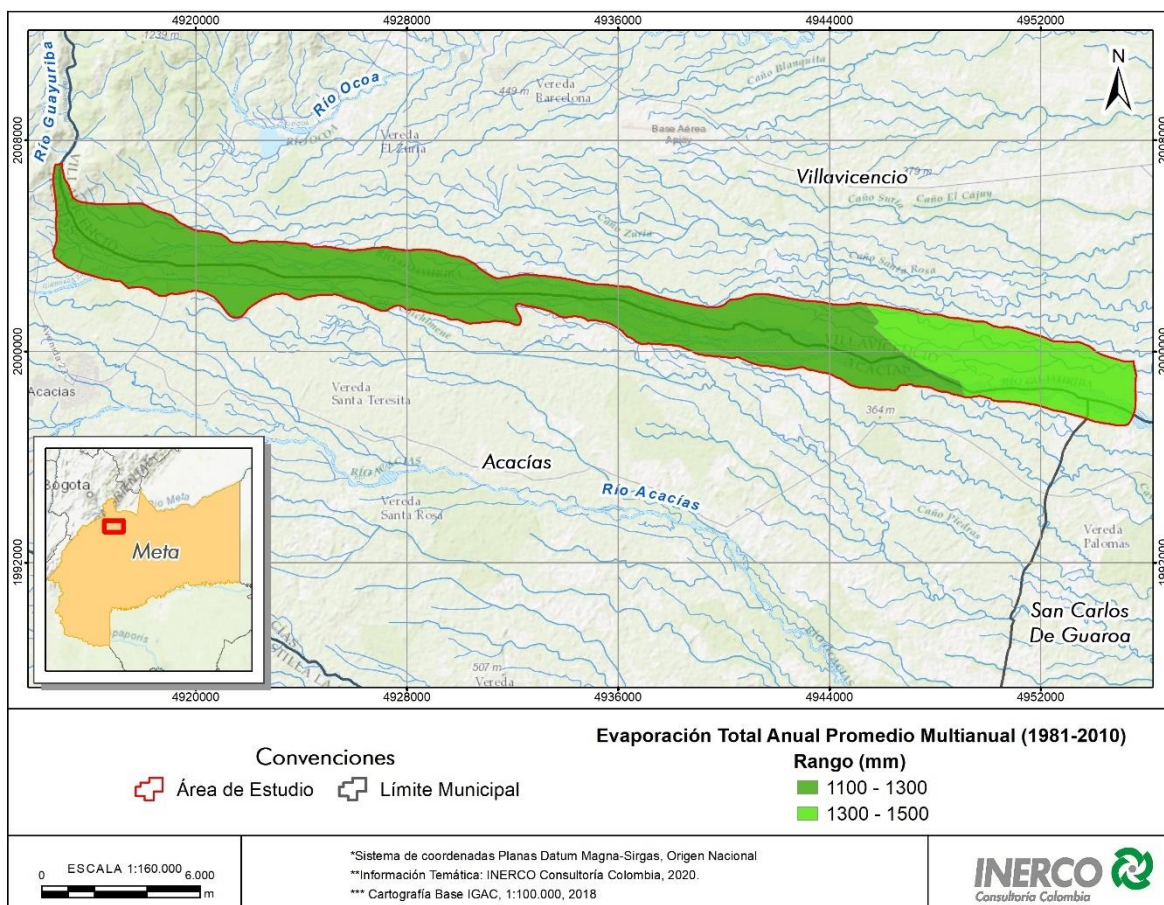
**Tabla 2-2** Ciclo anual de las estaciones de evaporación (mm/mes) y (mm/año).

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 Acacías - Villavicencio



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

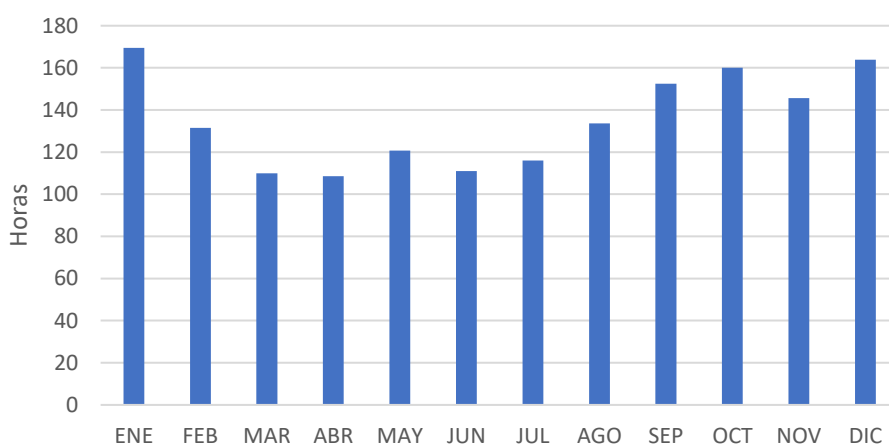
<sup>32</sup> COLOMBIA. CAR, CORPOGUAVIO, CORMACARENA, CORPOORINOQUIA, UTGS. POMCA Río Guayuriba actualización: Climatología. Bogotá: CAR, CORPOGUAVIO, CORMACARENA, CORPOORINOQUIA, UTGS, 2018.



#### 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



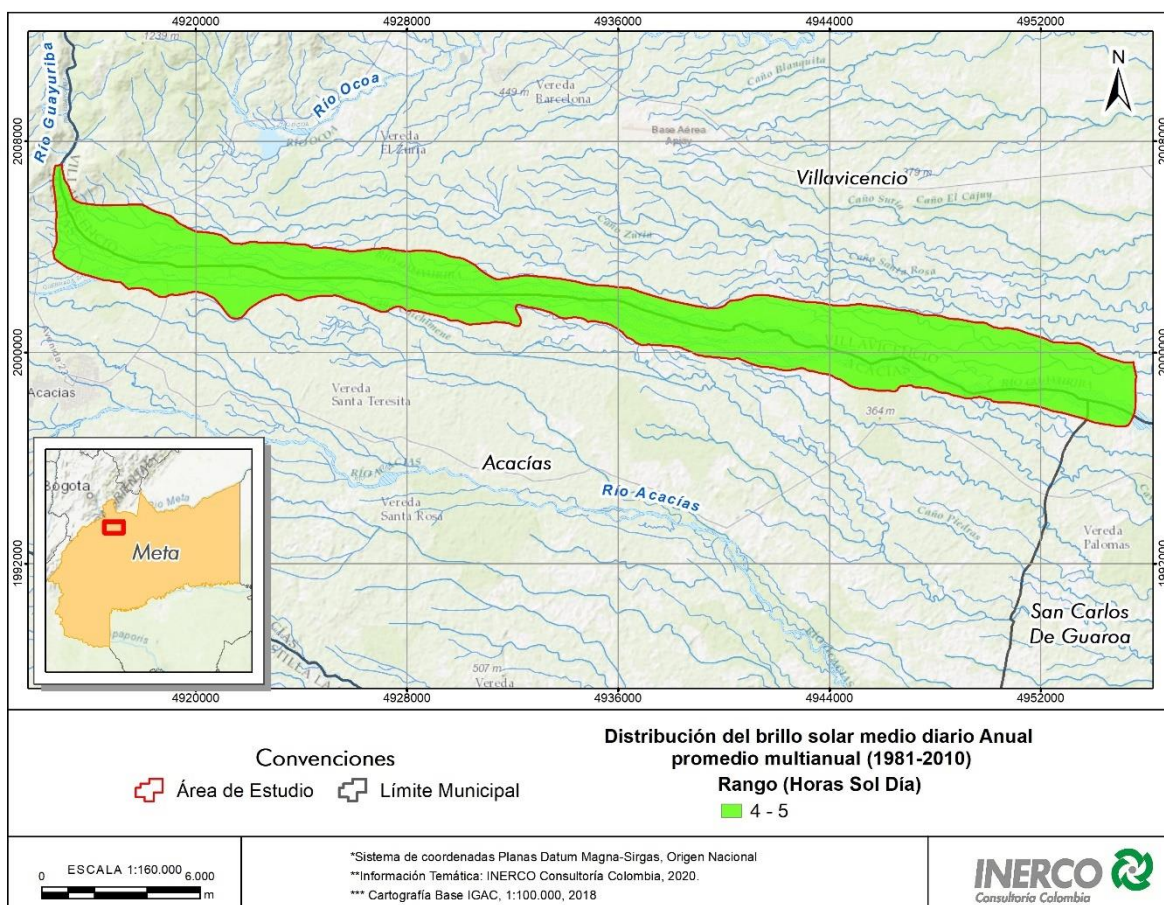
Fuente: CAR *et al.*, 2019

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 (m³/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> Ibid.

<sup>36</sup> Ibid

<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> Ibid.

<sup>39</sup> Ibid., 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

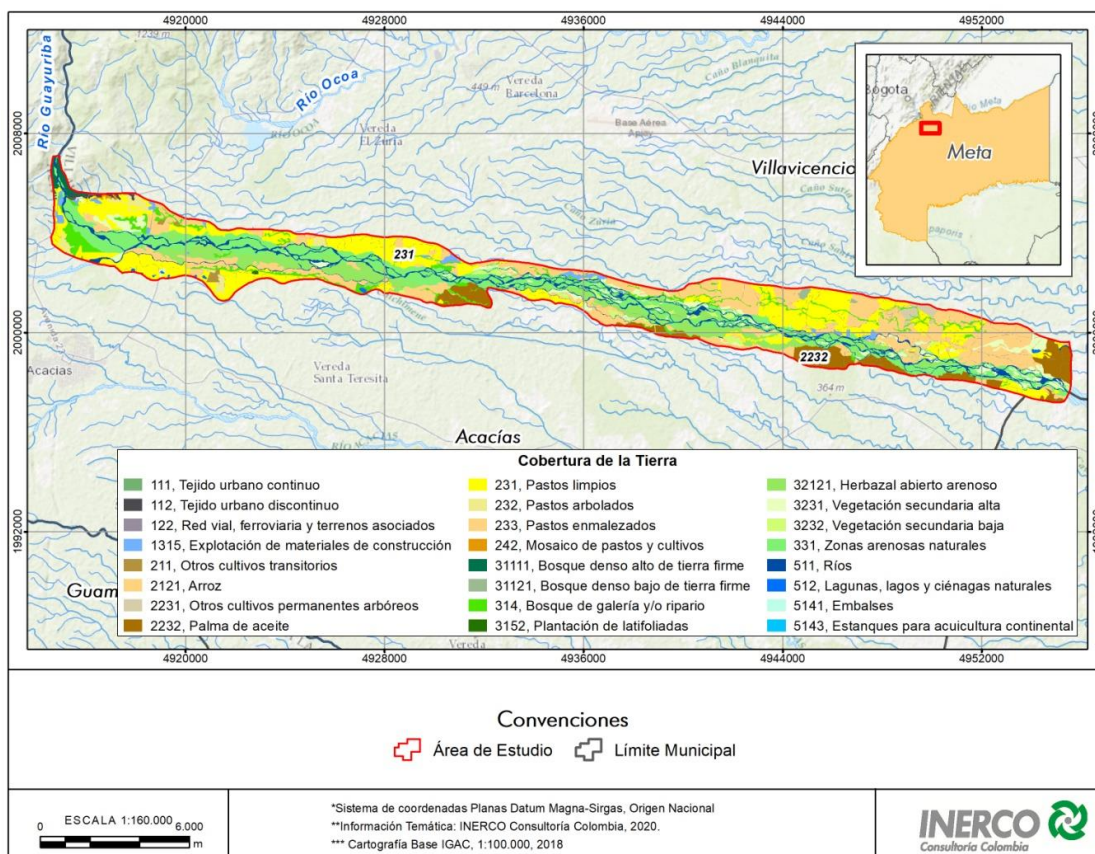
La cobertura vegetal del área de estudio (figura 2-8) de acuerdo con el POMCA del río Guayuriba<sup>44</sup> corresponde a pastos limpios y enmalezados (34%), cultivos de arroz (11%), herbazales (9%), cultivos permanentes (8%), vegetación secundaria (6%), pastos arbolados (1%), bosque denso (1%) y bosque 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> Ibid., p. 56 y 57.

<sup>44</sup> Ibid.

Figura 2-8 Cobertura vegetal área de estudio



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

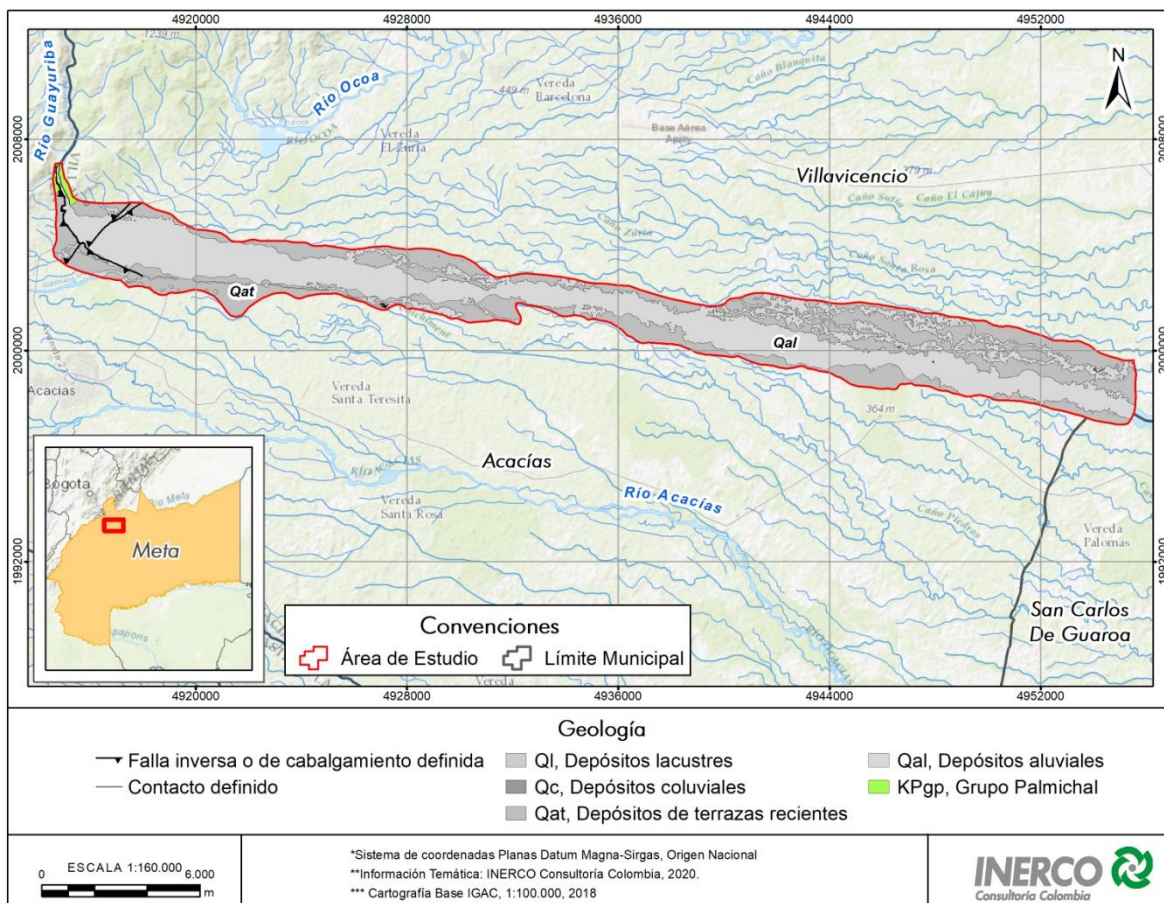
### 2.2.1.10.3 Caracterización física

#### 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.

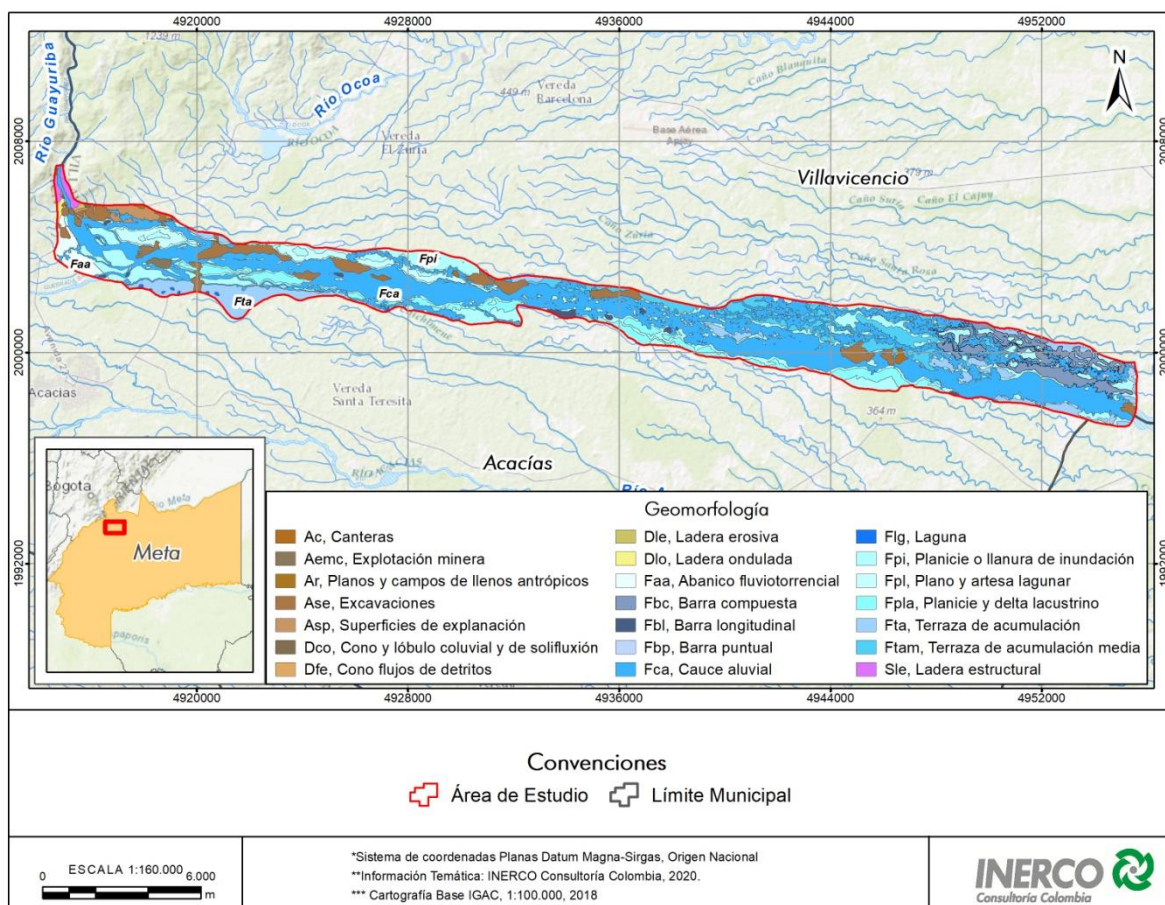
### 2.2.1.10.3.2 Geomorfología

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



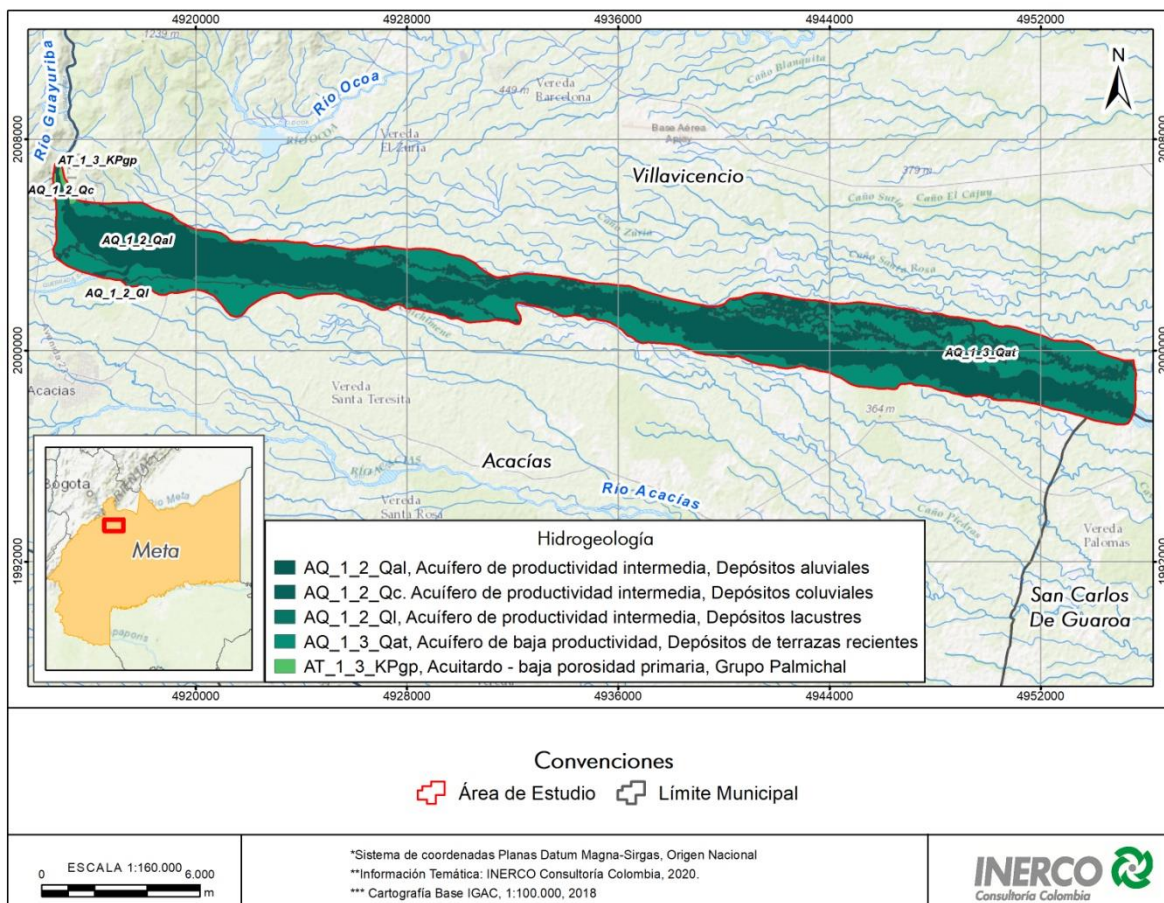
Fuente: CAR et al. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

### 2.2.1.10.3 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> Ibid.

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 Villavicencio y Acacías 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 (bulldózers, 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?IServicio=Tools2&ITipo=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.

Ingeo 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.

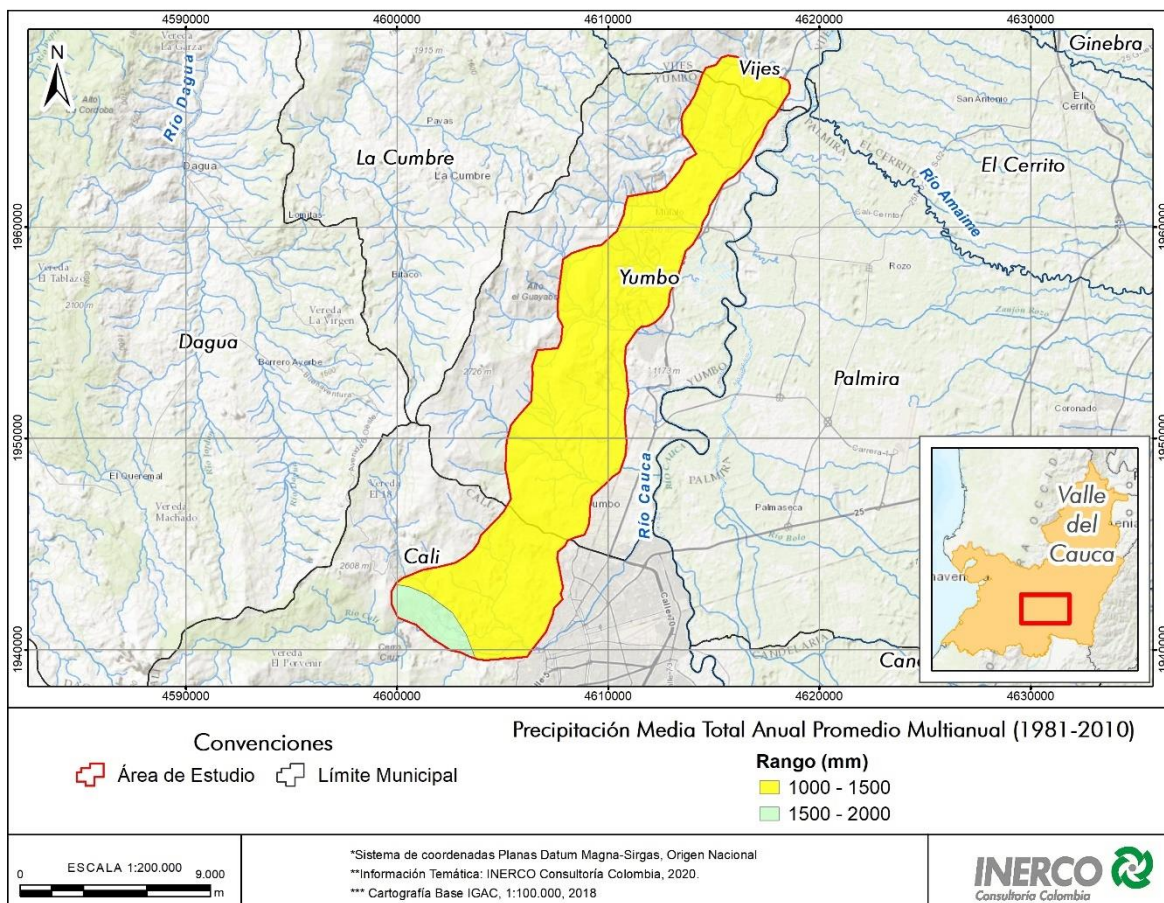
---

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

<sup>57</sup> Ibid.

<sup>58</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. 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>, 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.

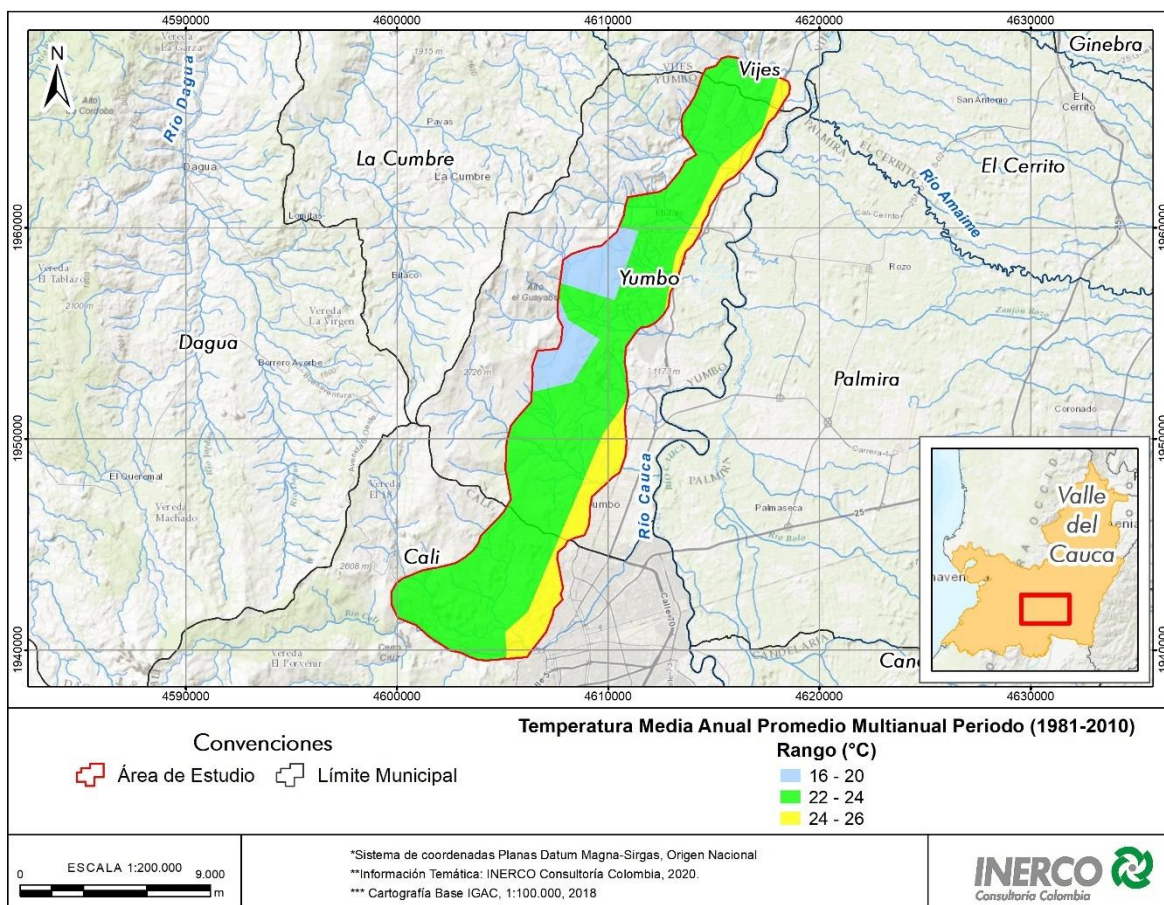
<sup>60</sup> COLOMBIA. Municipio de Yumbo. Plan de saneamiento y manejo de vertimientos. Yumbo: Alcaldía 2015. p. 27.

<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.

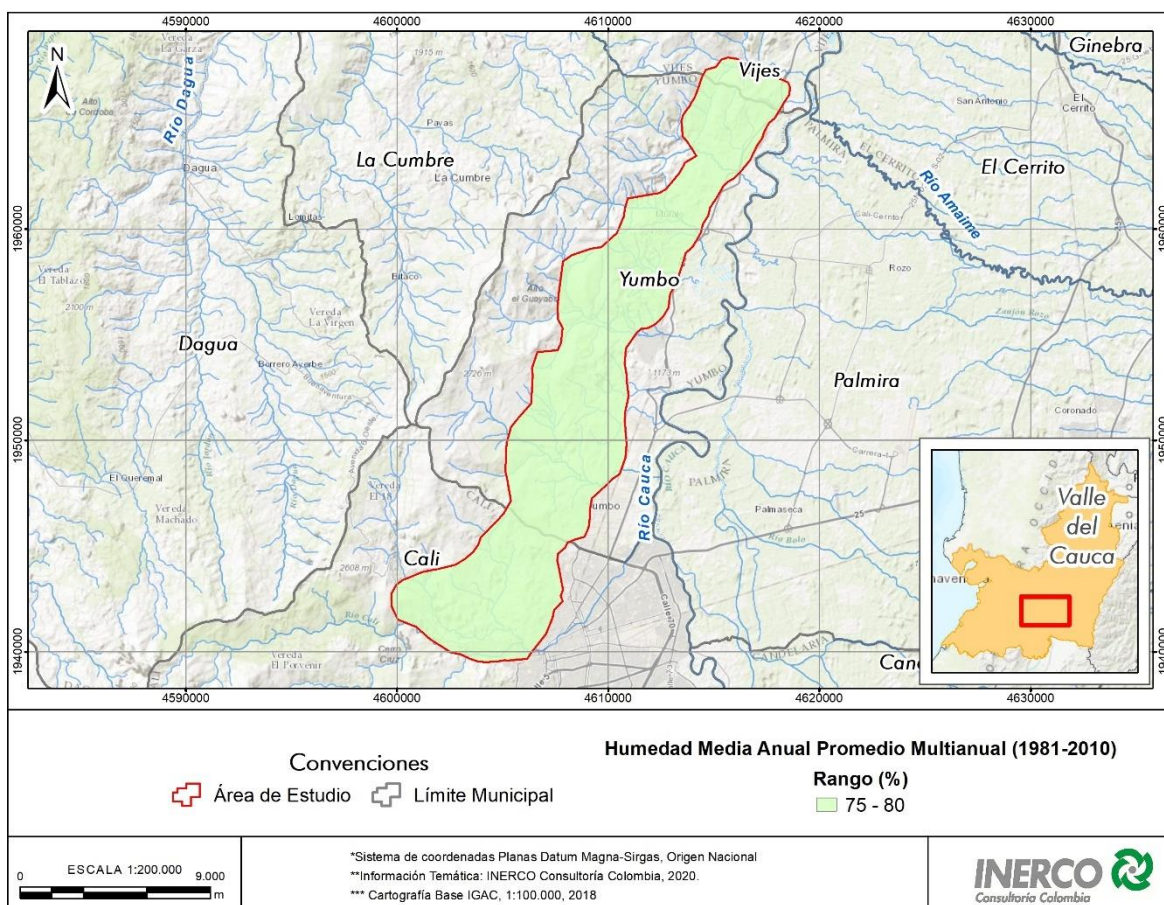
### 2.2.2.10.1.3 Humedad relativa

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.

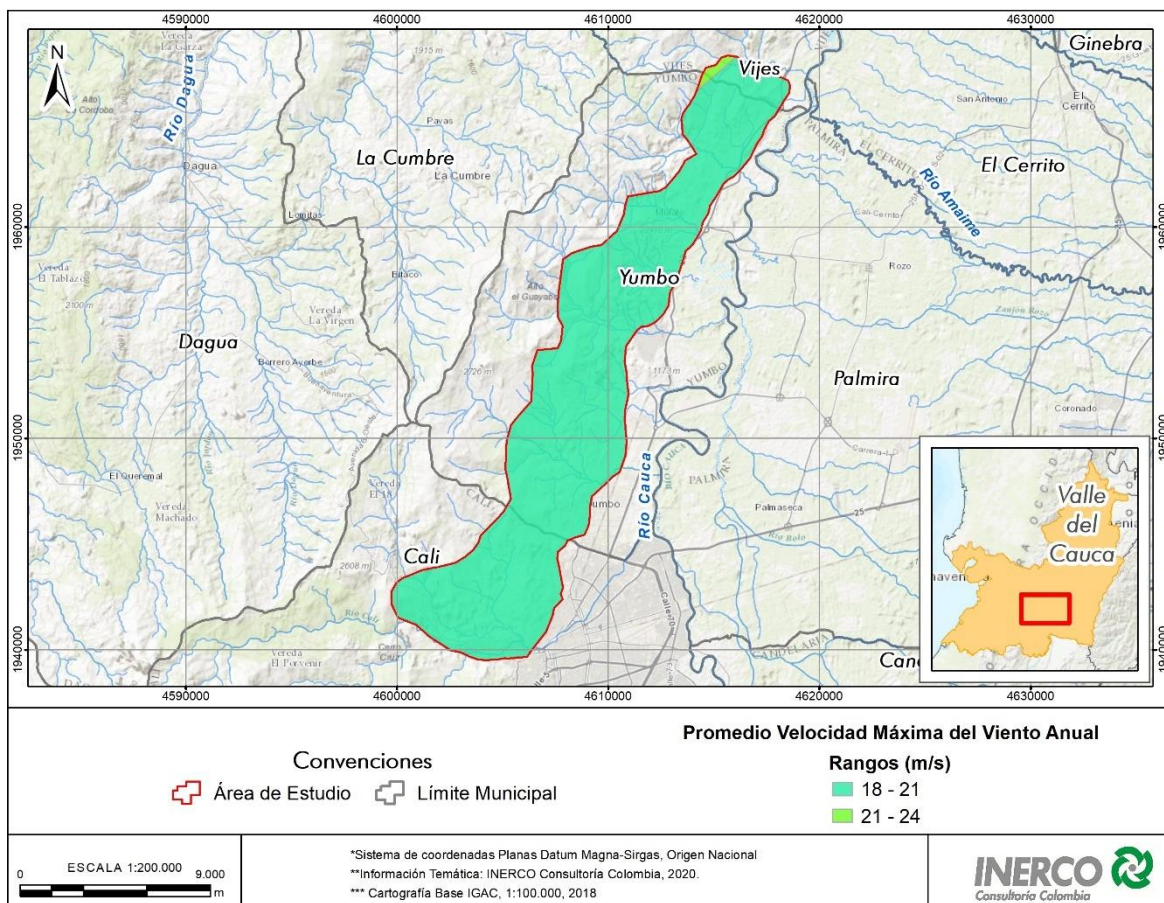
#### 2.2.2.10.1.4 Velocidad del viento

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.

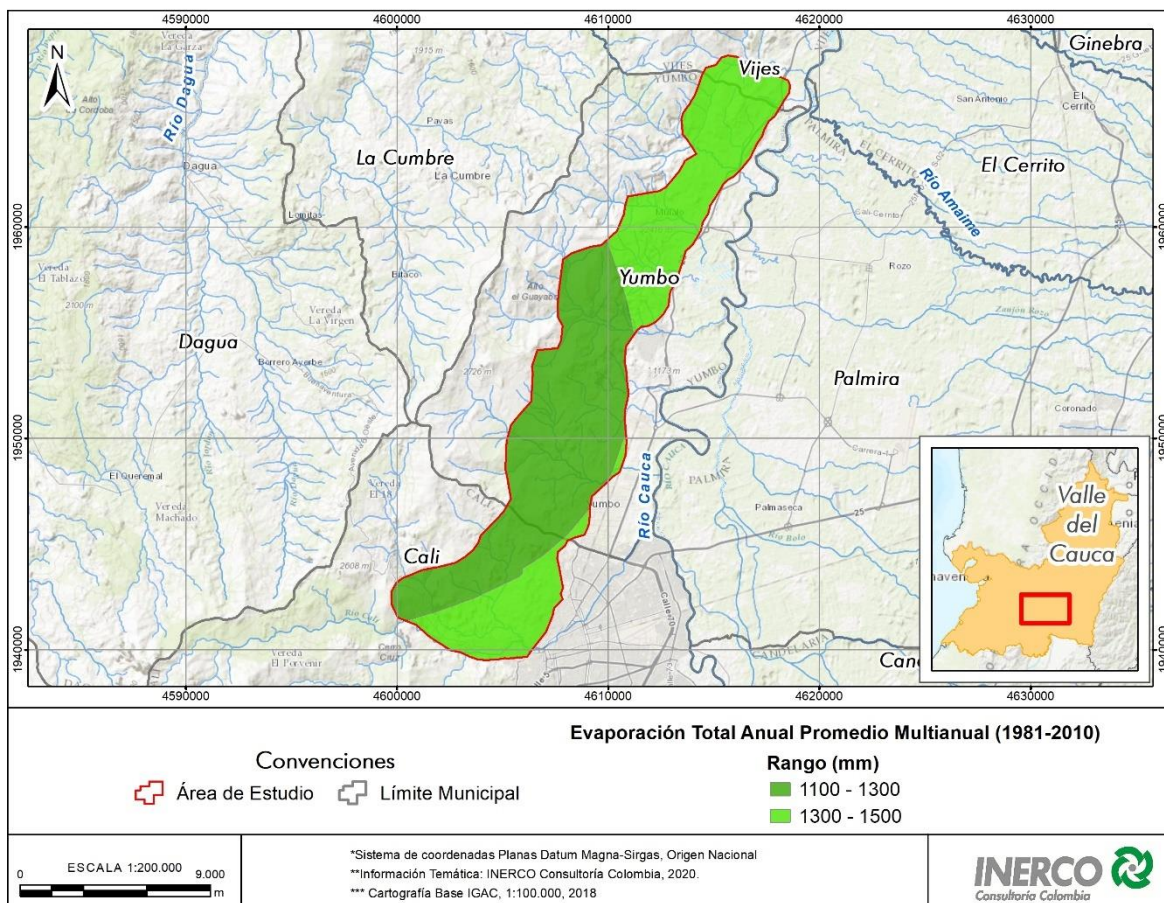
## 2.2.2.10.1.5 Evaporación

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



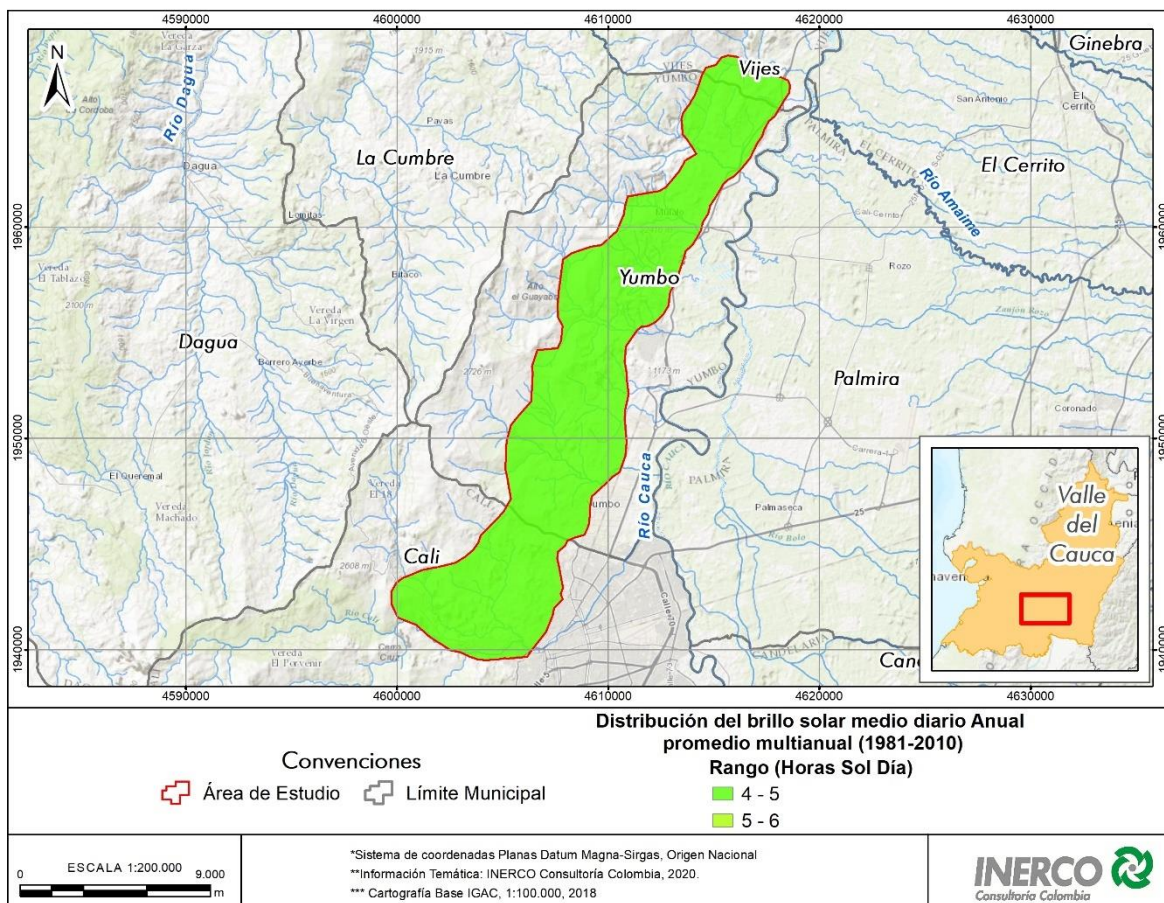
Fuente: CVC, Proagua. Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020.

## 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 lóticos que se encuentran en el área de análisis de riesgos están los ríos Arroyohondo, Yumbo, Yumbillo, Vijos, 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 Vijos, 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.



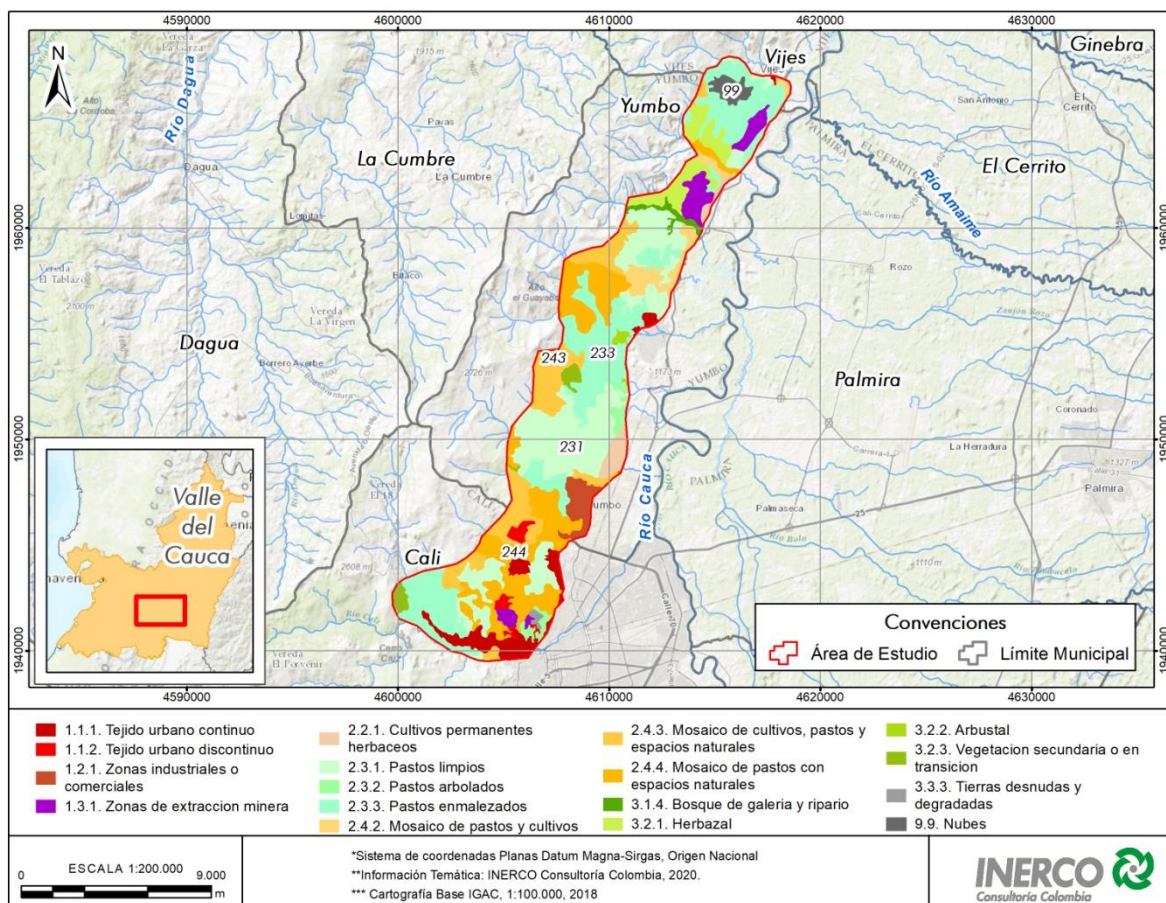
En general se observa que al superponer el SPI de 3 meses con cada uno de las VM, existe una influencia del Fenómeno ENOS en las variaciones de la precipitación respecto a su mediana, de tal manera que cuando las VM presentan magnitudes extremas negativas o positivas sostenidas en el tiempo, las estaciones 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.

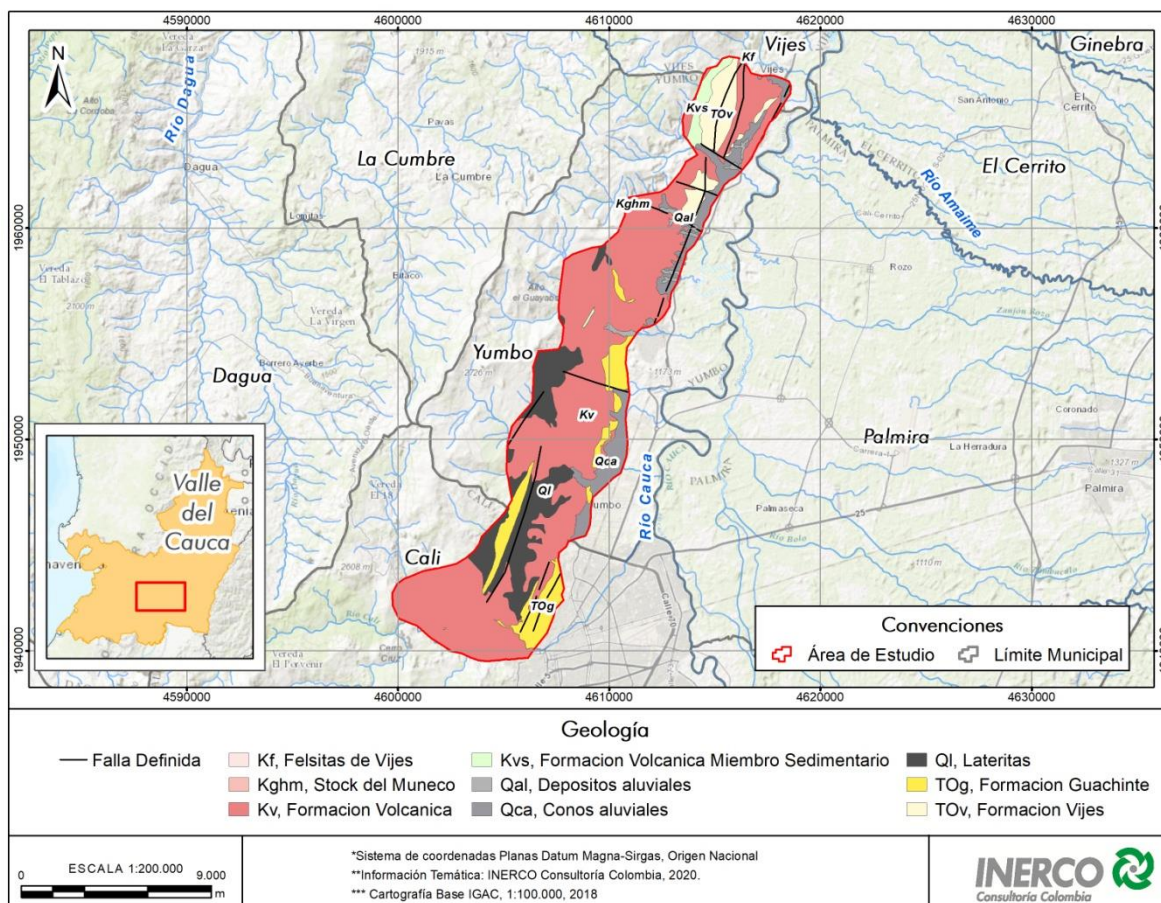
<sup>68</sup> Ibid.

### 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 Vije 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.

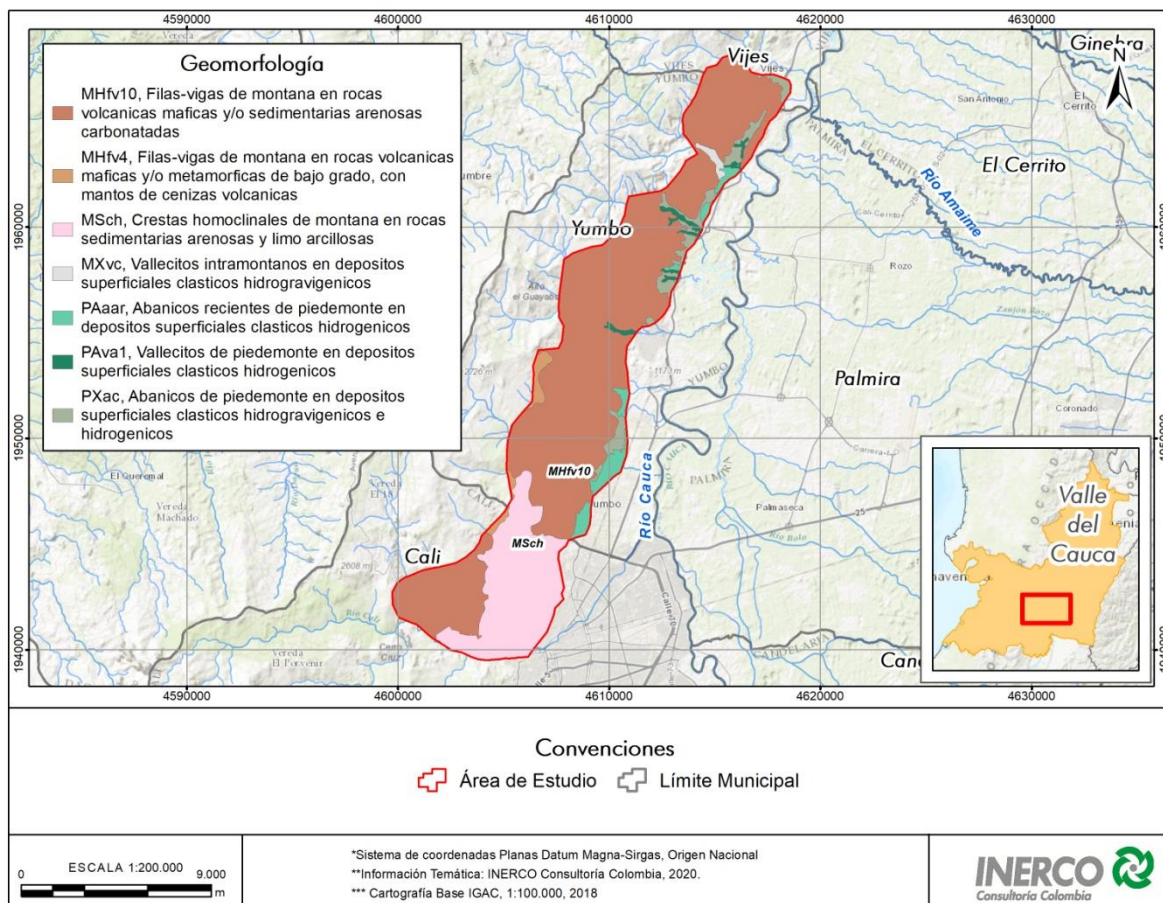
<sup>69</sup> Ibid.



### 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.

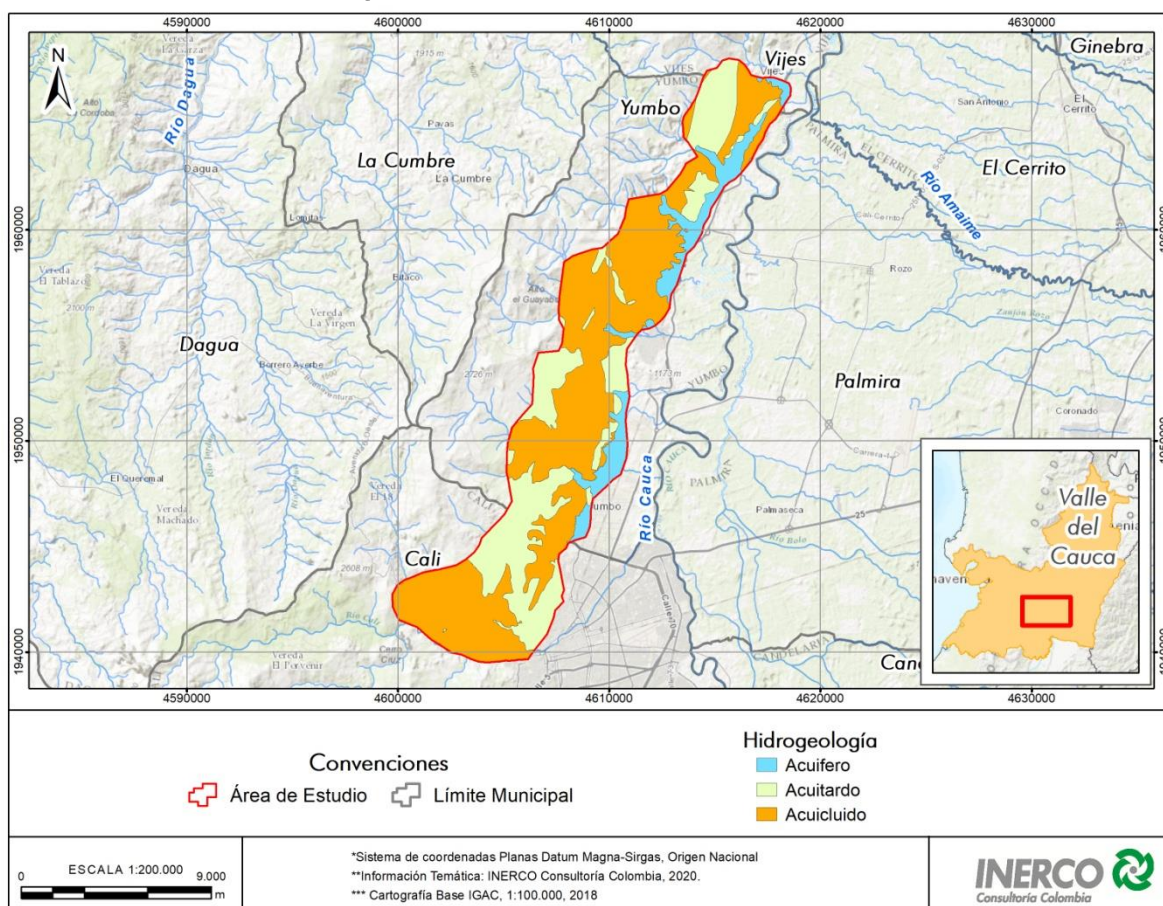
<sup>70</sup> Ibid.

<sup>71</sup> Ibid.

### 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> Ibid.



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 está 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**

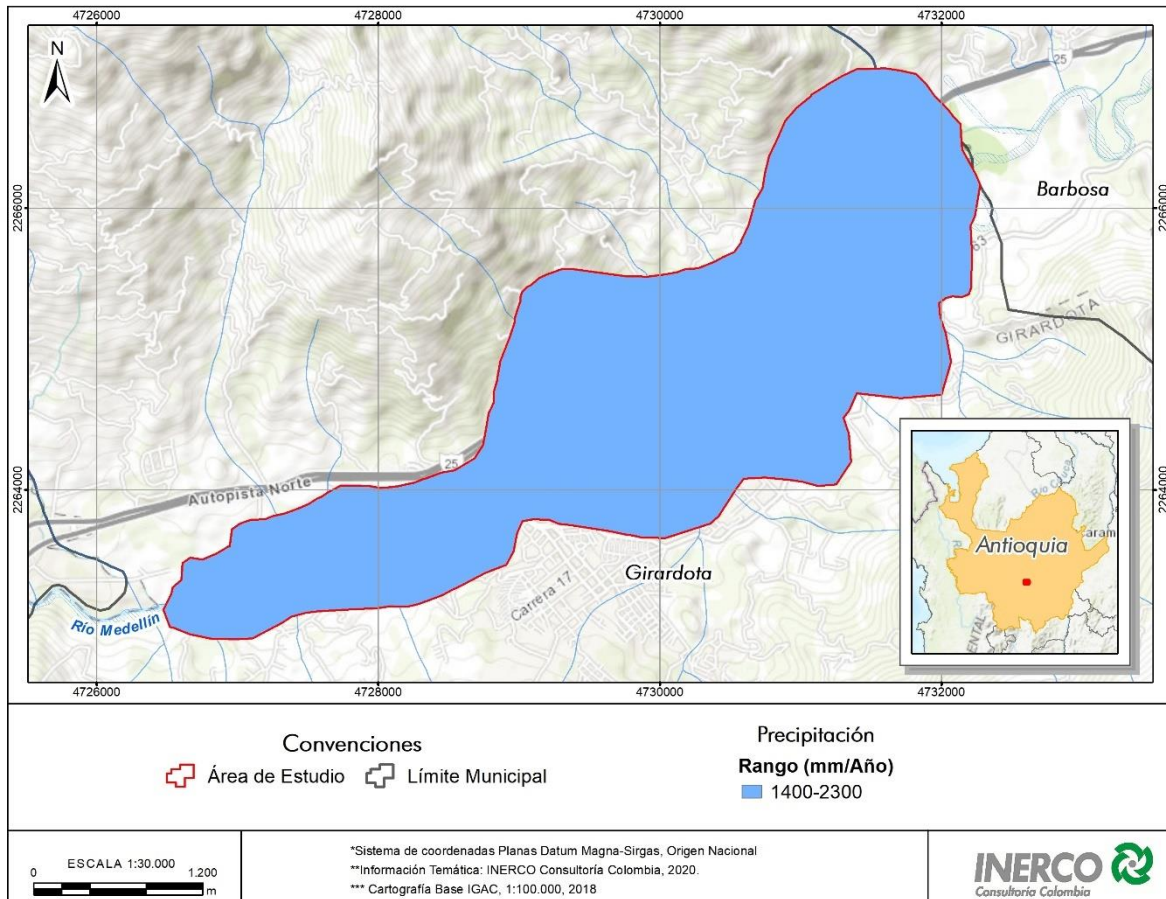
#### **2.2.3.10.1 Caracterización climatológica e hidrológica**

##### **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

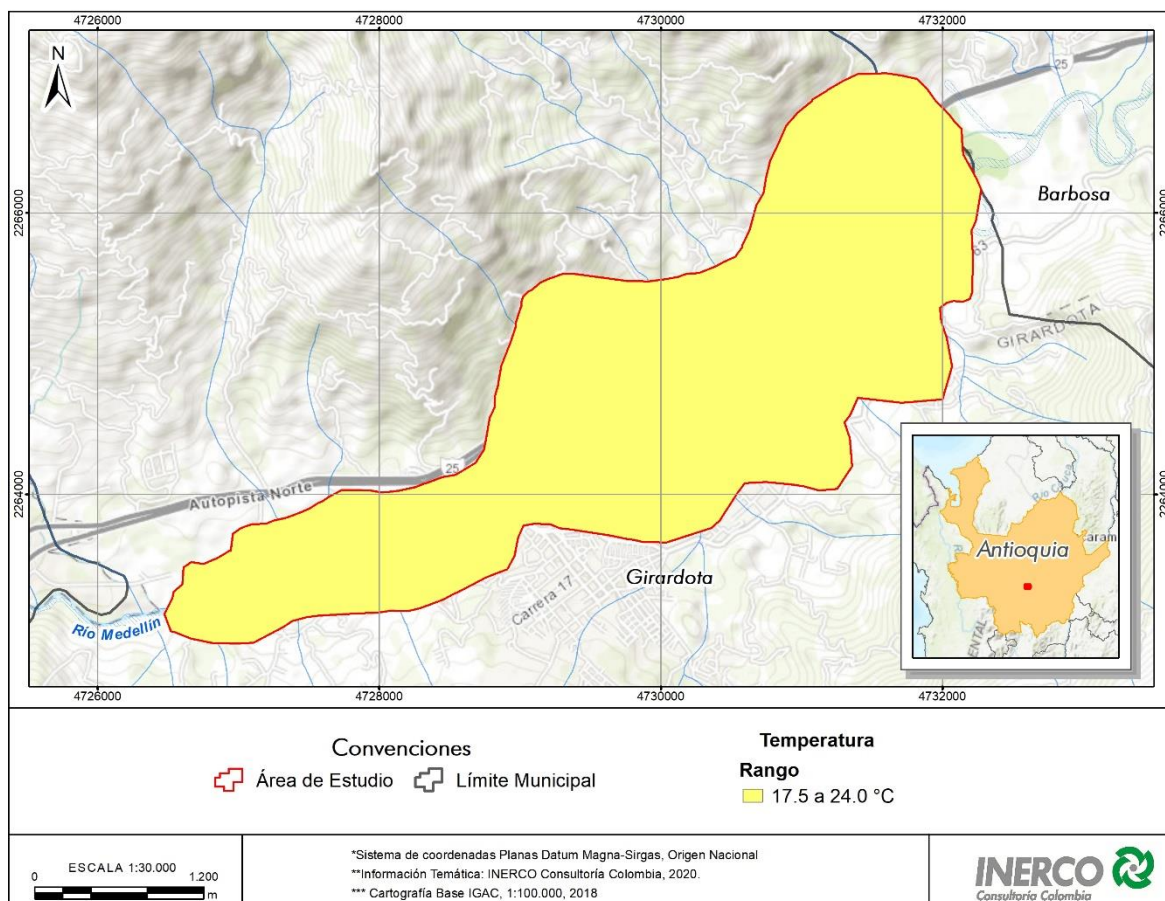
<sup>80</sup> COLOMBIA. MINAMBIENTE, MINHACIENDA, AMVA, CORANTIOQUIA, CORNARE, CPA INGENIERÍA. POMCA Río Aburrá: Caracterización básica de la cuenca. Medellín: MINAMBIENTE, MINHACIENDA, AMVA, CORANTIOQUIA, CORNARE, CPA INGENIERÍA, 2019. p. 131.

<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

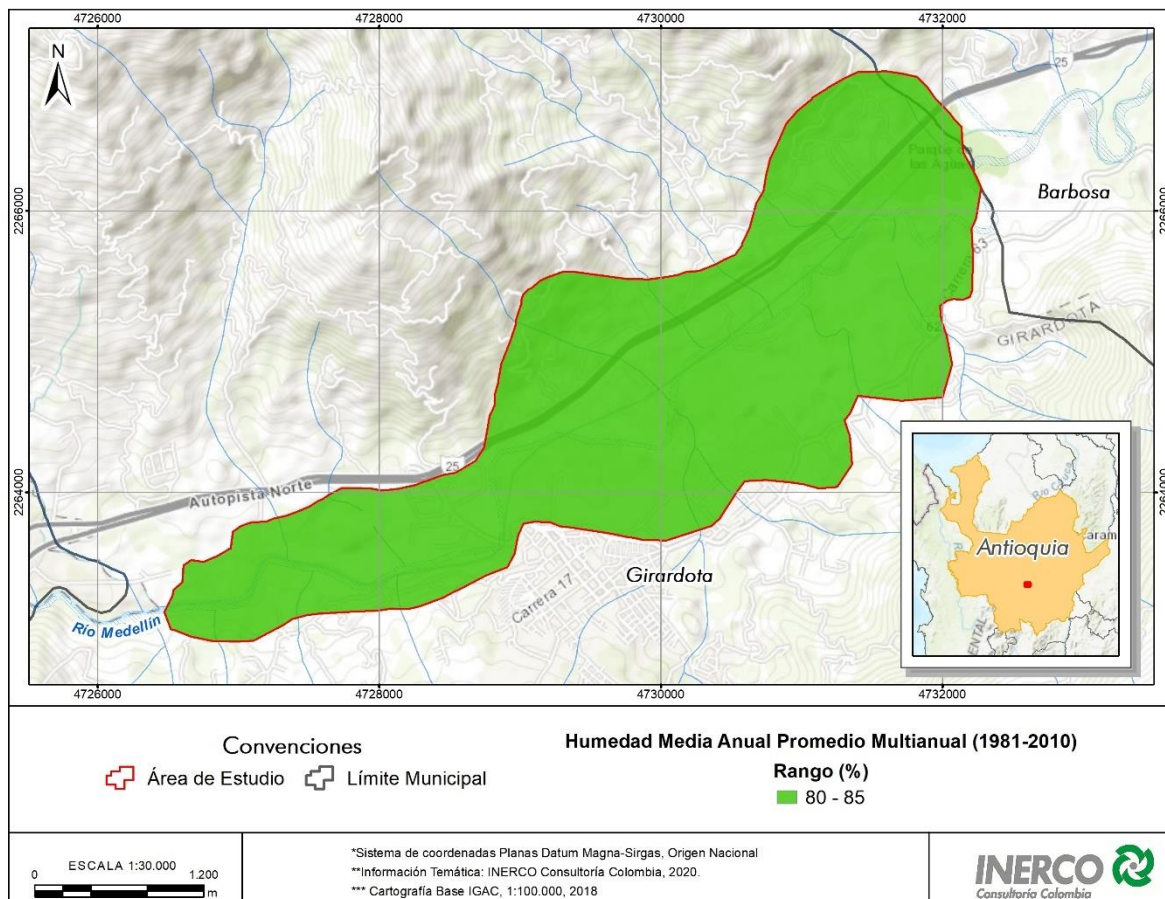
<sup>82</sup> Ibid., p. 164.



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

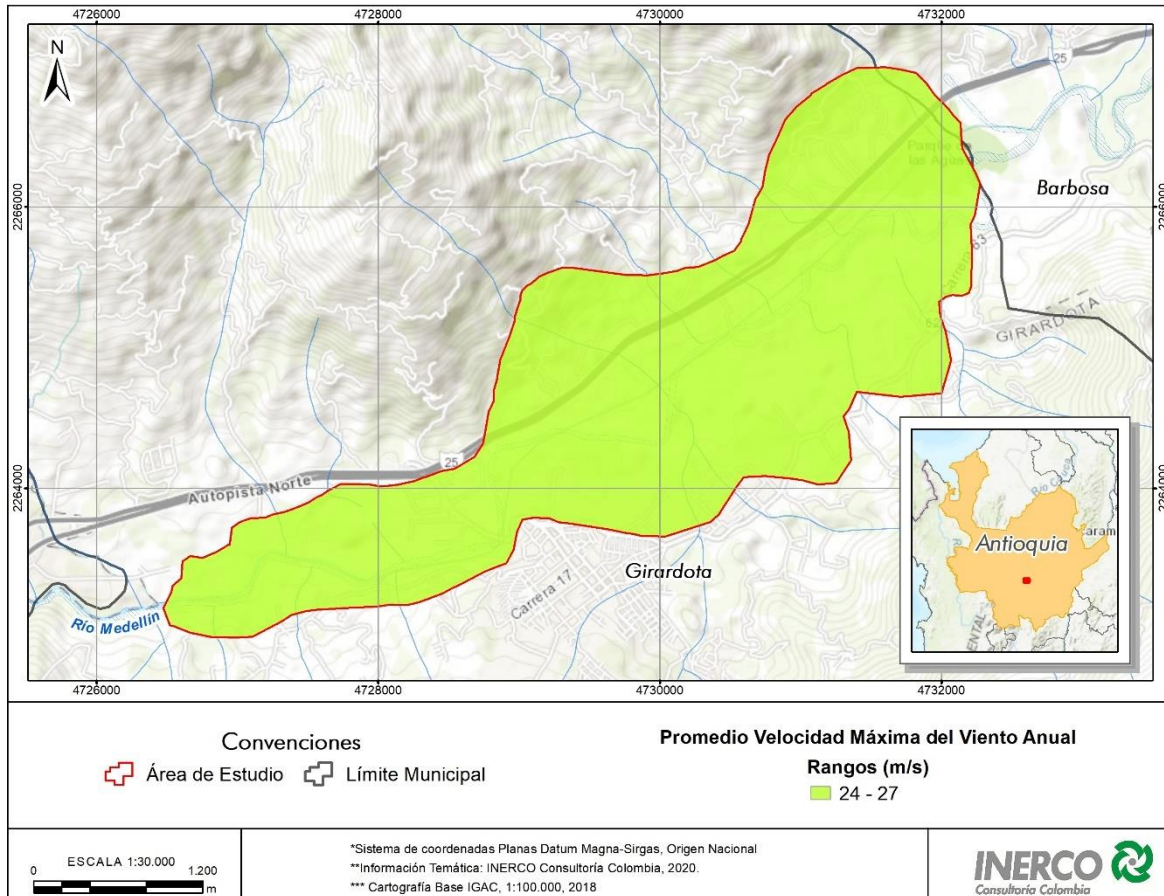
Los registros de velocidad y dirección del viento se tomaron de la estación Tulio Ospina localizada en la parte media de la cuenca, en donde se ubica el área de estudio. De acuerdo con estos registros, la velocidad del viento llega a 2,25 m/s con una distribución bimodal a lo largo del año, coincidiendo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

<sup>83</sup> Ibid., 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

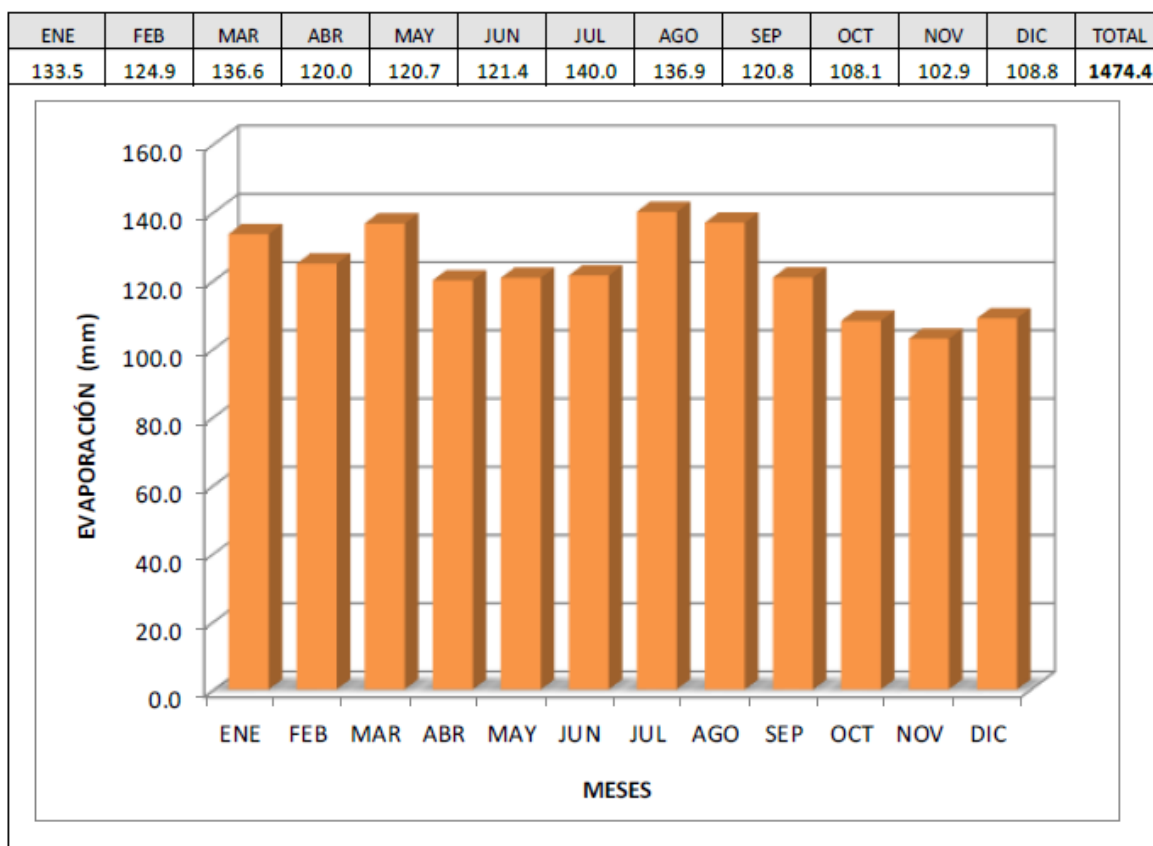
El análisis de la evaporación se realizó a partir de los registros de la estación Tulio Ospina localizada en la parte media de la cuenca del río Aburrá, allí los valores se presentan sobre los 1.474 mm con un comportamiento de tendencia bimodal, ajustado a las variaciones de la precipitación en la zona 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> *Ibíd.*, p.211.

<sup>85</sup> *Ibíd.*, p. 198.



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



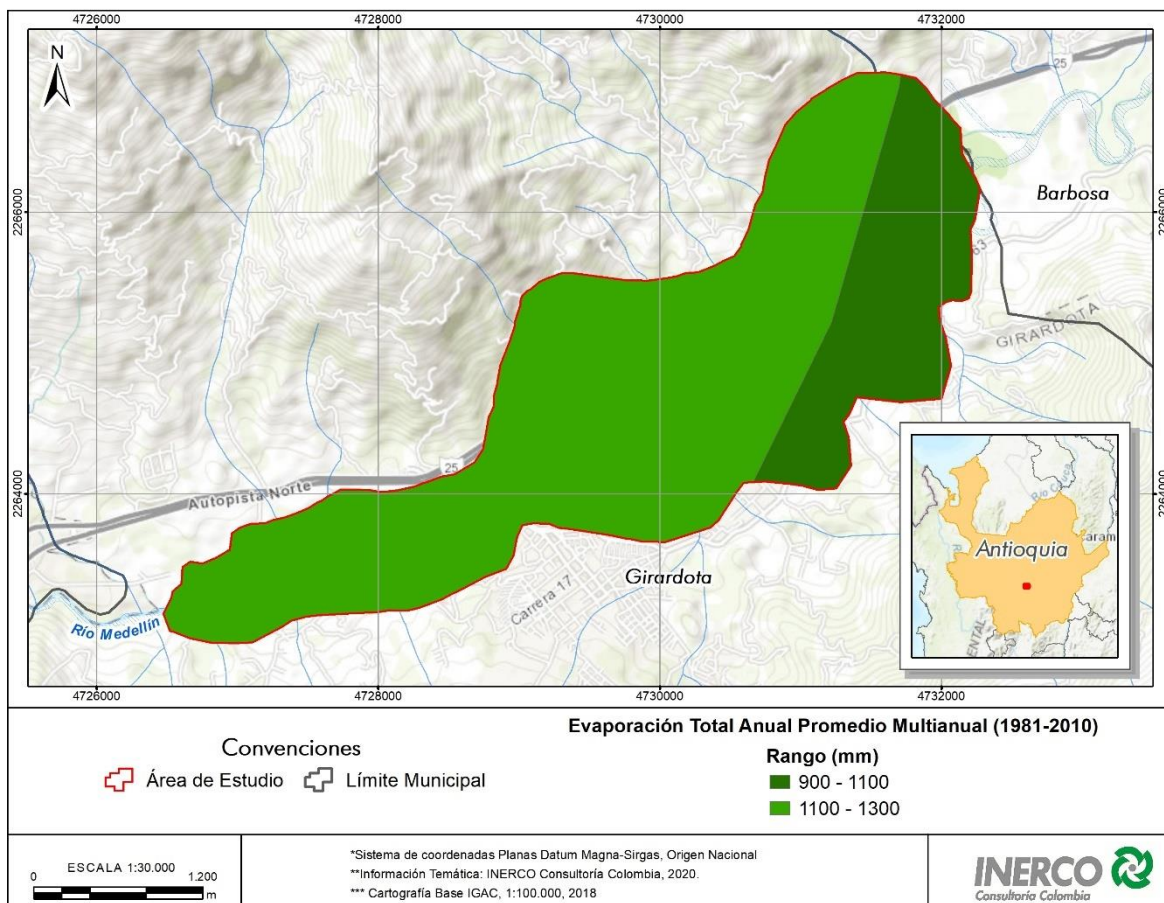
Fuente: MINAMBIENTE *et al.*, 2019

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 descende 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>.

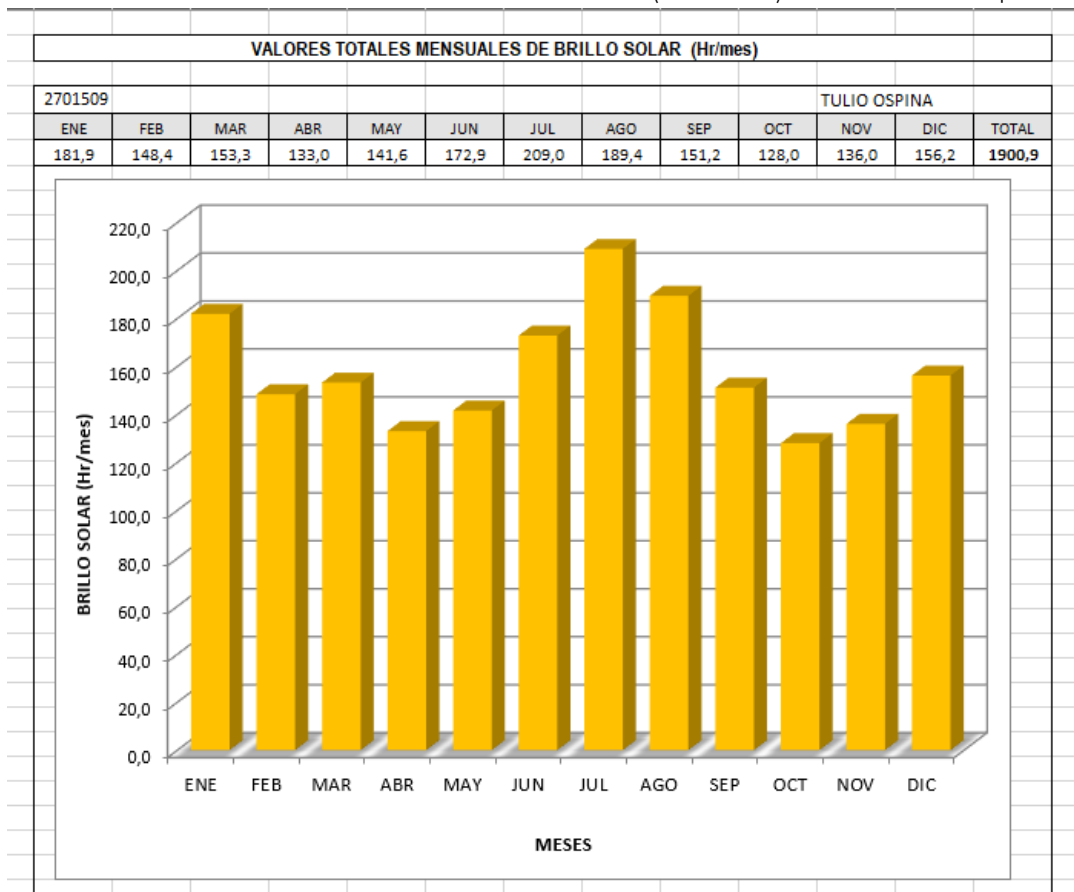
Los valores anuales de brillo solar se incrementan en la medida que se desciende por el valle del río Aburrá con un valor total de 1.900 hr/año en la estación Tulio Ospina localizada en la parte media de la cuenca, equivalentes a 5,0 hr/día de brillo solar.<sup>88</sup>

<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



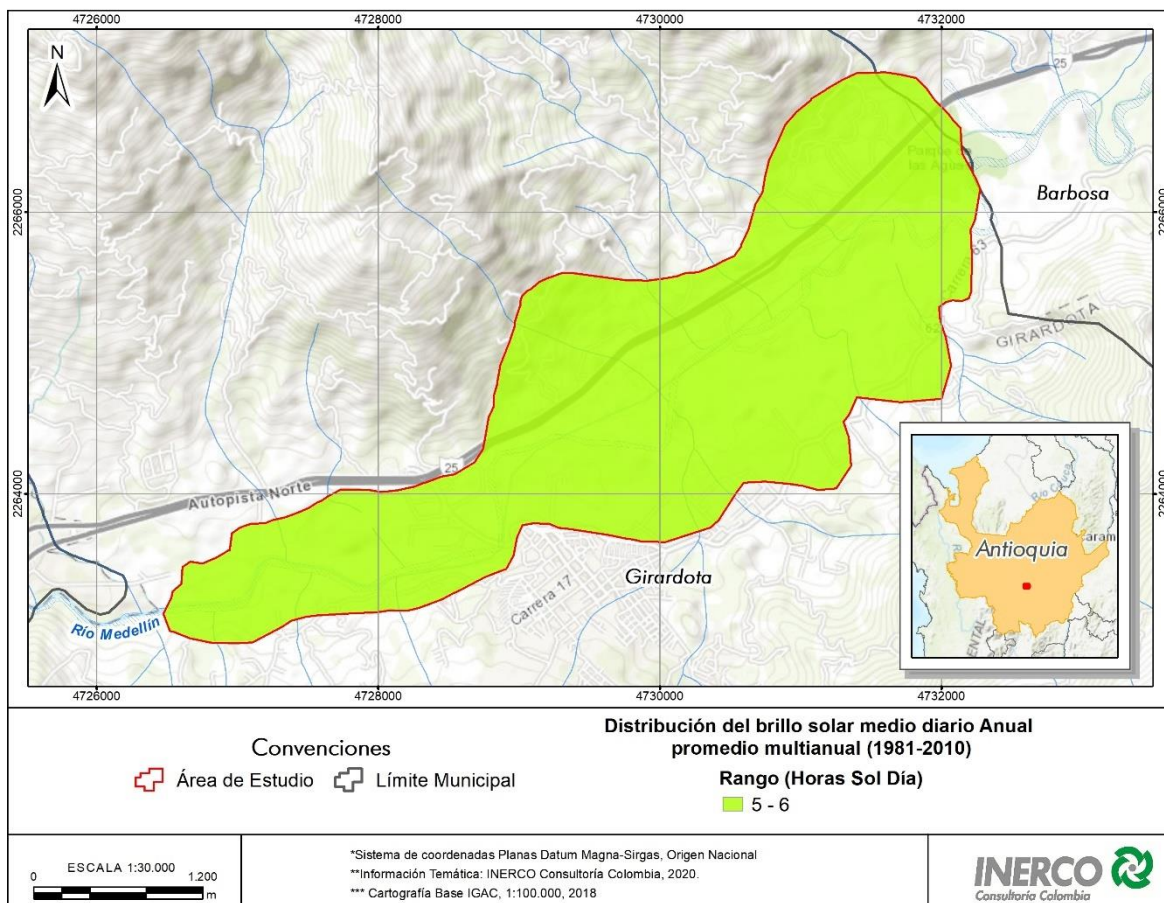
Fuente: MINAMBIENTE *et al.*, 2019

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 descende 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. Envigado: 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.

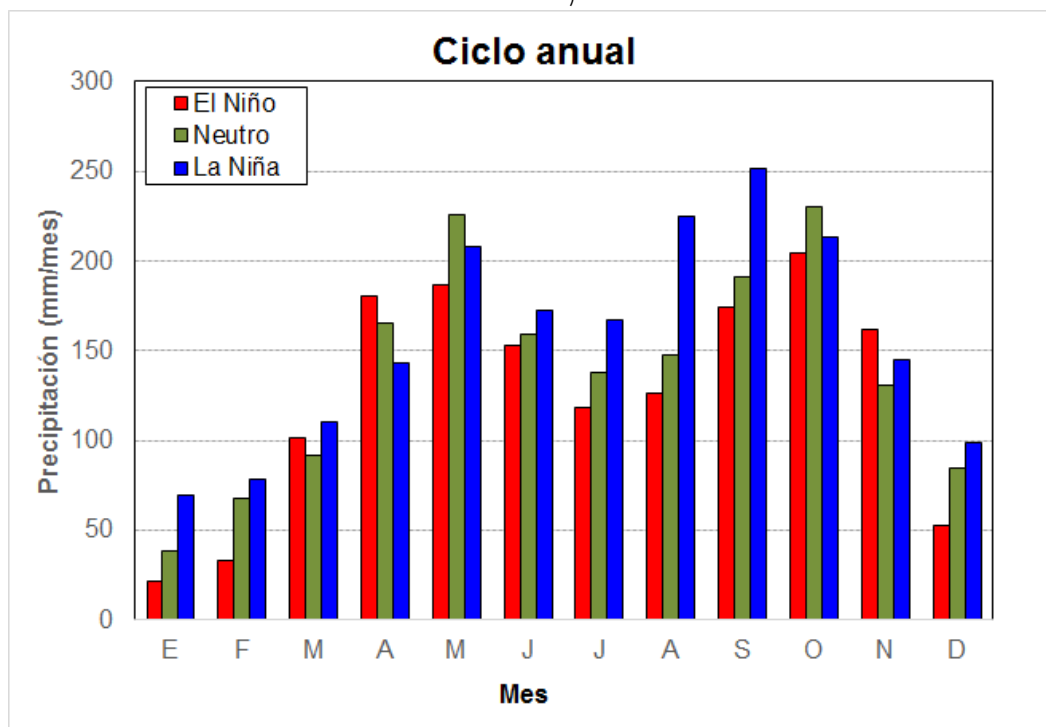


encuentro de los vientos Alisios del Noreste y del Sureste y se desplaza hacia el Norte o hacia el Sur según la época del año y la ubicación del sol<sup>96</sup>

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

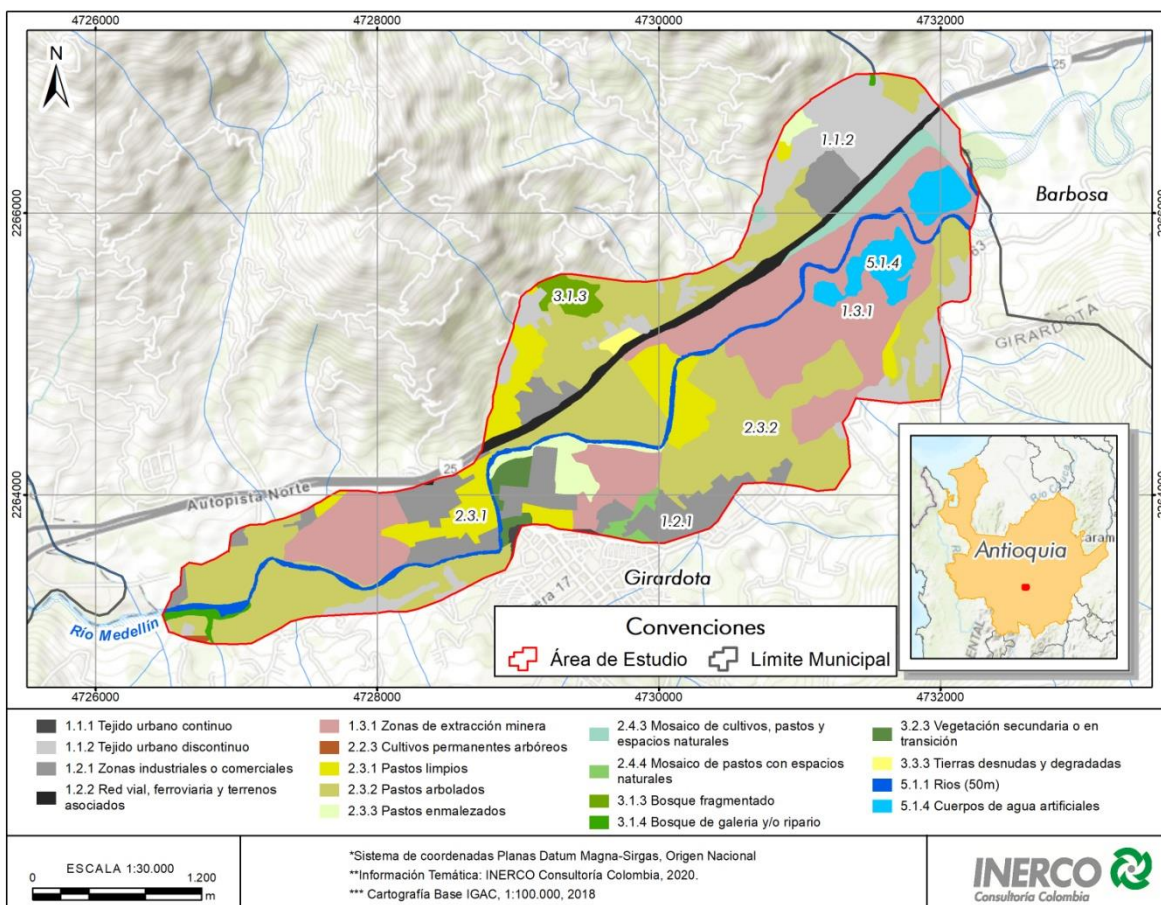


## 2.2.3.10.2 Caracterización biótica

### 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.*

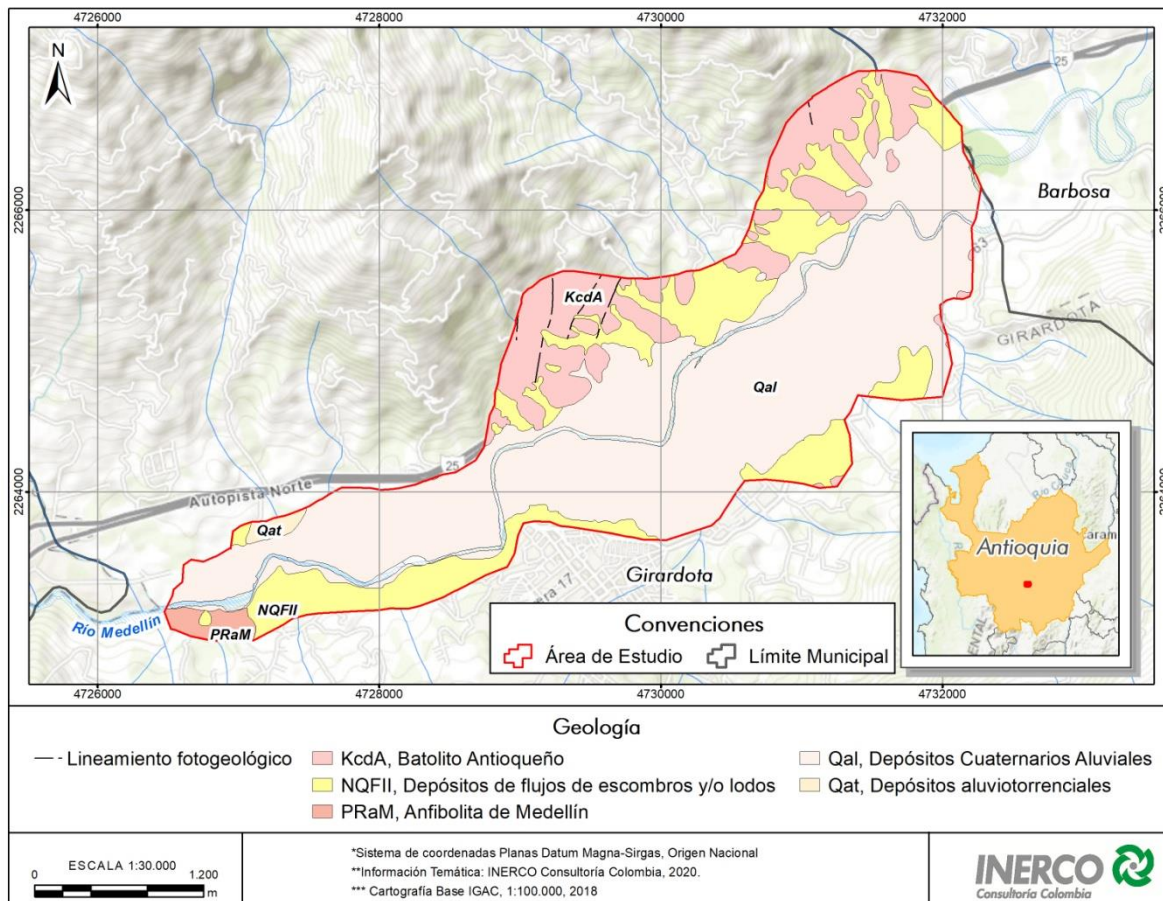


## 2.2.3.10.3 Caracterización física

### 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



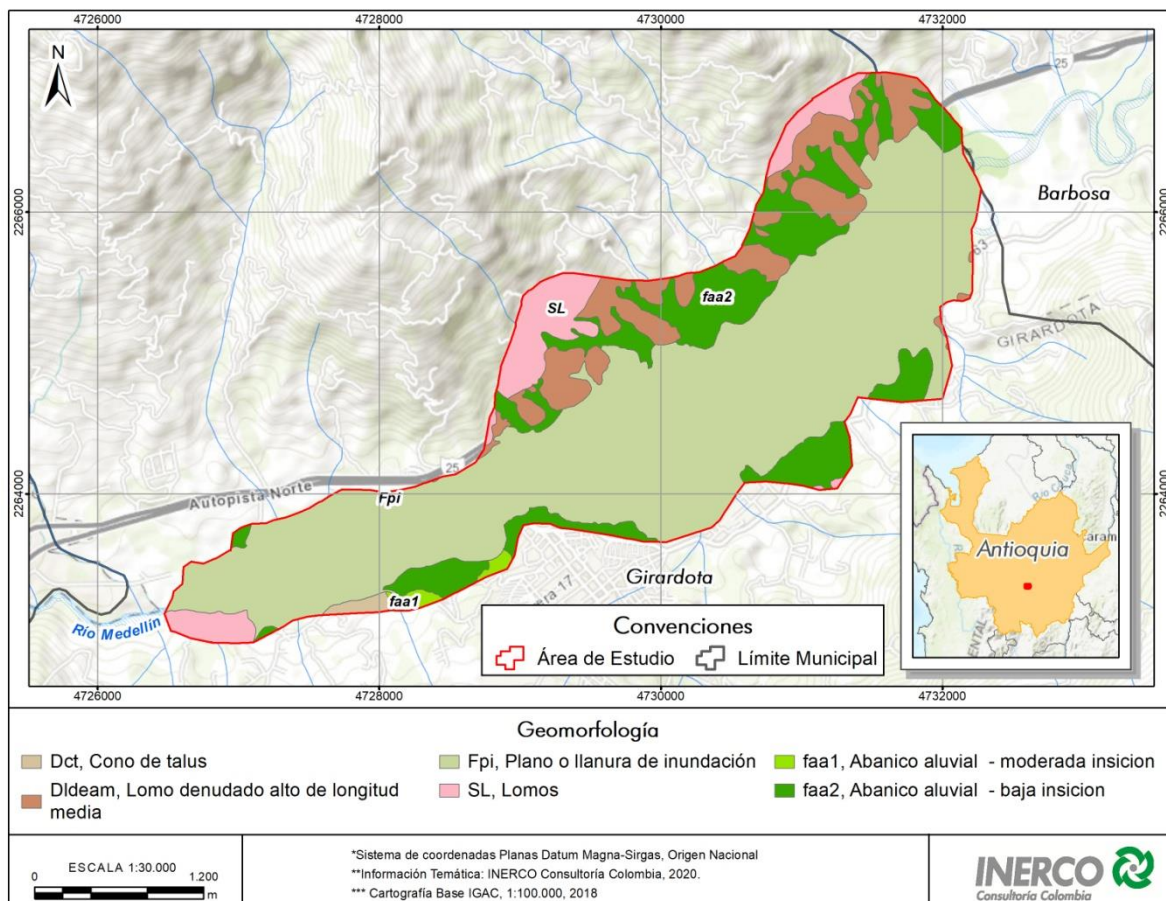
Fuente: MINAMBIENTE *et al.* Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020

<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 fluviotorrenciales (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



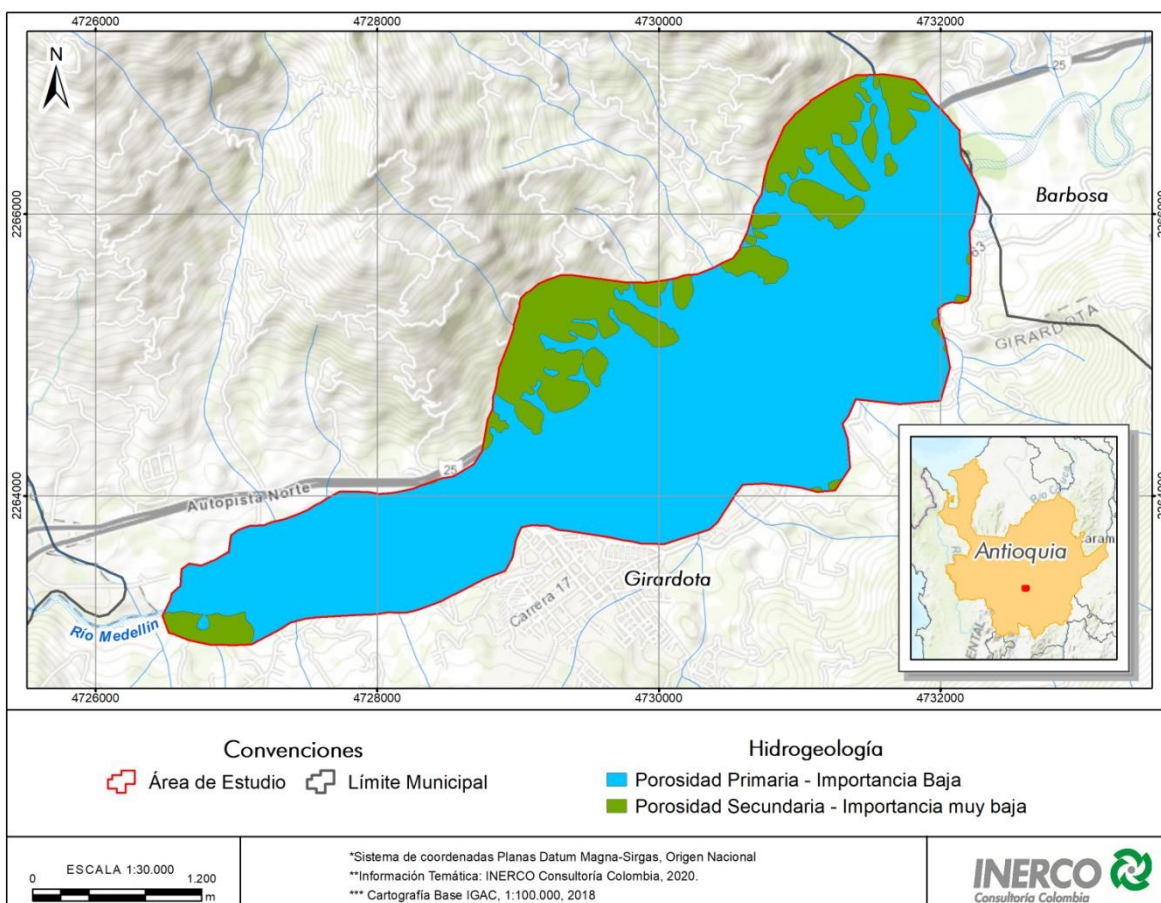
Fuente: MINAMBIENTE *et al.* Adaptada por INERCO Consultoría Colombia, 2020

<sup>100</sup> *Ibíd.*

### 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> *Ibíd.*



#### 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/bce67a3947ac4637bca7cbd e9f054e14/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/ef36a59aa9bc4bea9b88b23 86c1beedd/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.» Bogotá, 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.