

**ANEXO. ANÁLISIS DE IMPACTOS AMBIENTALES ASOCIADOS A LAS
CARACTERÍSTICAS QUE PUEDEN TENER LOS PROYECTOS MINEROS A
PEQUEÑA, MEDIANA Y GRAN ESCALA EN EL DISTRITO MINERO DE VETAS-
CALIFORNIA EN EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER**

**AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES
ANLA**

BOGOTÁ, 2024

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	4
2	CARACTERÍSTICAS DE MINERÍA A GRAN, MEDIANA Y PEQUEÑA ESCALA	16
2.1	MINERÍA A GRAN ESCALA.....	16
2.2	MINERÍA A MEDIANA ESCALA	26
2.3	MINERÍA A PEQUEÑA ESCALA	29
3	IMPACTOS AMBIENTALES DE MINERÍA A GRAN, MEDIANA Y PEQUEÑA ESCALA 37	
3.1	MEDIO FÍSICO	38
3.1.1	Componente atmosférico	39
3.1.2	Componente geológico	42
3.1.3	Componente geotécnico.	51
3.1.4	Componente hidrogeológico	58
3.1.5	Componente hidrológico	63
3.2	MEDIO BIÓTICO	68
3.2.1	Componente flora y fauna.	68
3.3	MEDIO SOCIOECONÓMICO	75
3.3.1	Componente demográfico	75
3.4	ANÁLISIS DE RIESGOS	80
4	BIBLIOGRAFÍA	91

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Polígono de la propuesta de reserva de recursos naturales temporal.	6
Figura 2.	Proyectos licenciados por la ANLA en el polígono propuesto por el MADS para reserva temporal (polígono gris).	10
Figura 3.	Ubicación de los títulos mineros relacionados con los proyectos denominado “Explotación Subterránea de Minerales Auroargentíferos Soto Norte” de MINESA y la fase exploratoria realizada por ECO ORO MINERALS CORP. SUCURSAL COLOMBIA.	12
Figura 4.	Ubicación de los títulos mineros relacionados por la CDMB y ANM como proyectos mineros a mediana escala.	14
Figura 5.	Ubicación de los títulos mineros a pequeña escala en el área de reserva temporal propuesta por el MADS.	15
Figura 6.	Esquema general proyectado para minería subterránea en la cuenca de la quebrada La Baja y Angostura.	20
Figura 7.	Esquema general proyectado para minería subterránea en el sector de Angostura.	20
Figura 8.	Esquema de extracción subterránea por corte y relleno proyectado en la cuenca de la quebrada La Baja y Angostura.	21

Figura 9. Esquema de extracción subterránea por corte y relleno proyectado en el sector de Angostura.	21
Figura 10. Esquema de extracción subterránea por cámaras abiertas proyectado en el sector de Angostura.....	22
Figura 11. Venas mineralizadas (polígonos rojos) en la cuenca de la quebrada La Baja y Angostura.	23
Figura 12. Modelo del yacimiento en el sector de Angostura.....	23
Figura 13. Alternativas para la ubicación de depósitos de relaves provenientes del beneficio de la minería subterránea en la cuenca de las quebradas La Baja y Angostura.....	25
Figura 14. Perfil del depósito de relaves proyectado “El Pozo” para disponer relaves provenientes del beneficio de la minería subterránea en la cuenca de las quebradas La Baja y Angostura.	25
Figura 15. Perfil del depósito de relaves proyectado “Bucaré” para disponer relaves provenientes del beneficio de la minería subterránea en la cuenca de las quebradas La Baja y Angostura.	26
Figura 16. Cartografía de proyectos mineros a mediana escala.	27
Figura 17. Cartografía de proyectos mineros a pequeña escala.	30
Figura 18. Esquema minero de la Mina La Providencia.	34
Figura 19. Mina Providencia.....	34
Figura 20. Diagrama de flujo de la planta de beneficio de la mina Trompetero.	35
Figura 21. Relave acuoso proveniente de la planta de beneficio de la mina Monsalve del sector de Suratá.	36
Figura 22. Relaves provenientes de la planta de beneficio de La Oquenda del sector de Suratá.	37
Figura 23. Impactos ambientales jerarquizados para los proyectos mineros que cuentan con instrumento ambiental en competencia de la ANLA.	38
Figura 24. Geología del área de reserva temporal con depósitos minerales identificados.	43
Figura 25. Geología estructural del área Angostura-La Baja.	44
Figura 26. Modelo parcial de relación a profundidad entre geología-alteración hidrotermal-mineralización-estructuras en el área Angostura-La Baja.	44
Figura 27. Concentración de mercurio en sedimentos activos.	50
Figura 28. Sistema de información por movimientos en masa.	51
Figura 29. Caracterización hidrológica del agua superficial en términos de cantidad en la cuenca del río Suratá.	64
Figura 30. Puntos de monitoreo ubicados en la subcuenca del Suratá, propuesta en el PIRMA de la CDMB.	65
Figura 31. Ubicación de la estación Puente Panaga, en el sistema de drenaje proyectado.	67
Figura 32. Relación de coberturas vegetales asociadas al área delimitada para la reserva temporal.	68
Figura 33. <i>Delimitación de coberturas de la tierra asociadas al área preestablecida para la reserva temporal.</i>	69
Figura 34. Delimitación de POMCAS asociados al área preestablecida para la reserva temporal.	70
Figura 35. Unidades cartográficas de cobertura de la tierra de la cuenca hidrográfica Cachira Sur.....	71
Figura 36. Unidades cartográficas de cobertura de la tierra de la cuenca hidrográfica Alto Lebrija.....	71

Figura 37. Relación de relictos de bosque seco tropical asociados al área delimitada para la reserva temporal	72
Figura 38. Delimitación político – administrativa zona de reserva temporal y número de habitantes por territorio.	78
Figura 39. Amenaza por movimientos en masa del área de reserva de temporal.	81
Figura 40. Amenaza por avenida torrencial del área de reserva de temporal.	82
Figura 41. Amenaza por inundaciones del área de reserva de temporal.	83
Figura 42. Configuración de posible escenario de avenida torrencial por desarrollo de movimientos en masa en la ladera contigua a la quebrada La Baja entre la quebrada Angosturas y quebrada Páez, municipio de California – Departamento de Santander.....	87
Figura 43. Configuración de posible escenario de avenida torrencial por desarrollo de movimientos en masa en laderas parte alta de la microcuenca de la quebrada Tablanca del Municipio de Suratá– Departamento de Santander.	87
Figura 44. Configuración de posible escenario de avenida torrencial por desarrollo de movimientos en masa en laderas parte alta de la microcuenca de la quebrada La Coreana del Municipio de Charta – Departamento de Santander.....	88
Figura 45. Falla en escombrera y desarrollo de procesos erosivos en ZODME, Sector quebrada La Perezosa, Municipio de California – Departamento de Santander. La falla de estas estructuras genera una afectación al entorno.....	89
Figura 46. Potenciación de la ocurrencia de movimientos en masa en laderas intervenidas para construcción de vías de acceso. Municipio de California – Departamento de Santander	89
Figura 47. Desarrollo de procesos de subsidencia en superficie. Municipio de California – Departamento de Santander..	90

1 INTRODUCCIÓN

Mediante Decreto 044 del 30 de enero de 2024, el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS, estableció criterios para declarar y delimitar reservas de

recursos naturales de carácter temporal en el marco del ordenamiento minero – ambiental, el cual en el artículo primero y segundo decreta:

“Artículo 1°. Objeto. El presente decreto tiene por objeto establecer criterios a partir de los cuales el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, bajo el principio de colaboración armónica con las entidades del sector minero energético, identificará, delimitará y declarará, mediante acto administrativo motivado, reservas de recursos naturales de carácter temporal, de conformidad con los fines del artículo 47 del Decreto Ley 2811 de 1974, como zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del ambiente, de manera que contribuyan al ordenamiento minero ambiental.

*Artículo 2°. Criterios para la Declaración de Reservas de Recursos Naturales. **Las reservas de recursos naturales de carácter temporal se identificarán, delimitarán y declararán con base en la información que aporten las autoridades ambientales y demás información oficial disponible, teniendo en cuenta los siguientes criterios:** (resaltado fuera de texto)*

- 1. Presencia de ecosistemas de importancia ambiental o valores de conservación y prestación de servicios ecosistémicos, considerando los instrumentos de ordenamiento ambiental del territorio u otras herramientas definidas por autoridades ambientales, así como estudios o información técnica de las entidades del SINA y demás entidades públicas.*
- 2. Presencia de áreas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos que surten de agua a los acueductos municipales, distritales y regionales o que soportan la disponibilidad de agua para la seguridad alimentaria, con fundamento en el inventario realizado por las autoridades ambientales.*
- 3. Procesos de degradación que requieran acciones de restauración en sus diferentes enfoques, en procura de favorecer la integridad ecológica y mantener o recuperar los servicios ecosistémicos.*

(...)”

Dando cumplimiento a lo consignado en el citado Decreto, el MADS en el marco de la articulación y trabajo coordinado entre entidades socializó en el mes de julio del presente año, al Servicio Geológico Colombiano - SGC, Agencia Nacional de Minería- ANM, Ministerio de Minas y Energía, Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA, Instituto Alexander Von Humboldt e Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales- IDEAM, la propuesta de reserva de recursos naturales temporal, la cual abarca los municipios de Tona, Charta, Matanza, California, Vetás, Suratá, Cachirí y Bucaramanga, en el departamento de Santander, como se observa en la imagen a continuación.

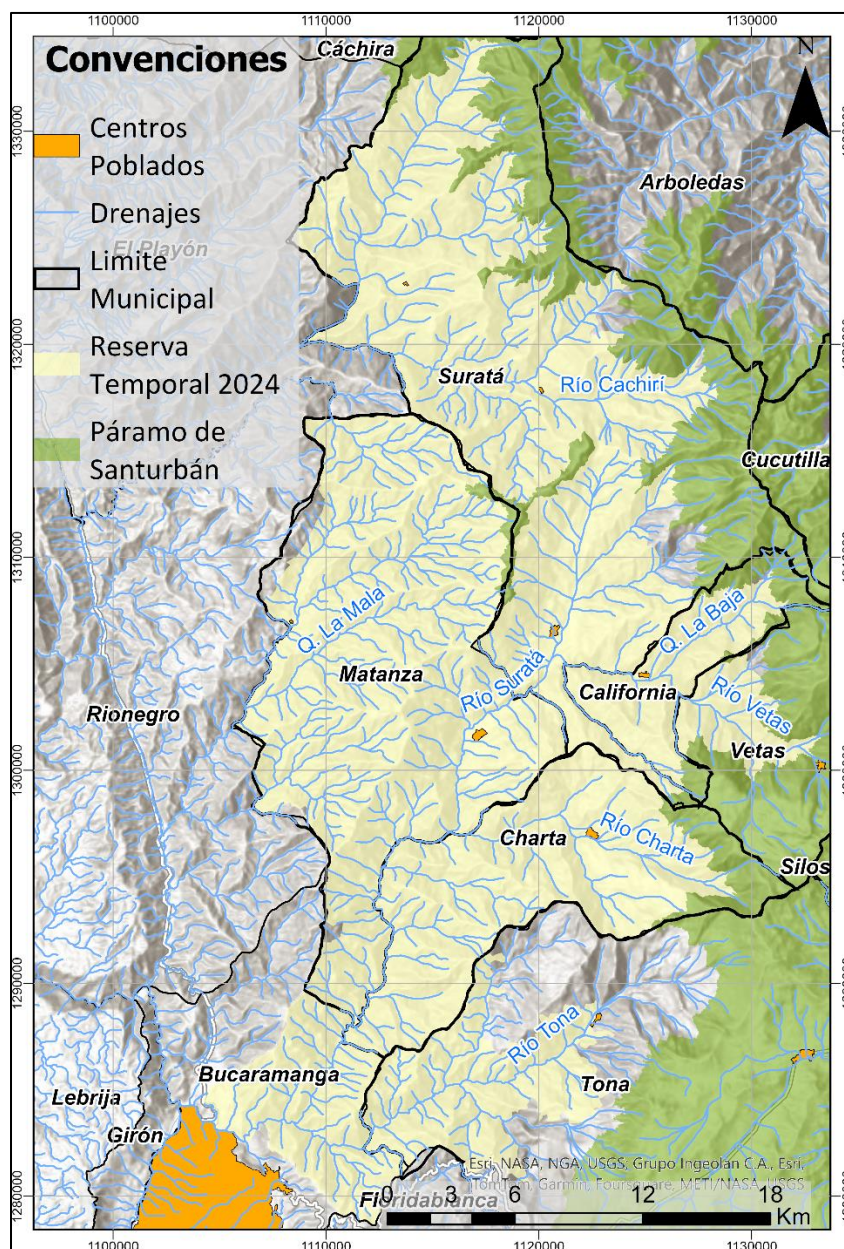


Figura 1. Polígono de la propuesta de reserva de recursos naturales temporal.

Fuente: ANLA a partir del polígono compartido por el MADS.

En concordancia a lo anterior, mediante comunicación con radicación ANLA 20246200898442 del 8 de agosto de 2024, el MADS solicitó al SGC, ANM, Ministerio de Minas y Energía, ANLA, Instituto Alexander Von Humboldt e IDEAM lo siguiente:

"...En el marco de la articulación y el trabajo coordinado que este Ministerio ha venido realizando con cada una de las entidades que ustedes dirigen, respetuosamente solicitamos a cada despacho un Concepto Técnico soportado en la información relevante existente que refiera las afectaciones y/o impactos ambientales generados por la actividad de minería subterránea de metálicos en función de la escala de desarrollo (pequeña, mediana o grande) con énfasis en la

cuenca alta del Río Lebrija a la altura de la Cuenca del Suratá y Cachira Sur (provincia de Soto Norte del departamento de Santander)... “

Con respecto a la ANLA requirió el análisis con énfasis en:

- Afectaciones ambientales, sociales, riesgos, entre otros, de relaves y otros residuos generados en la actividad minera.
- Aspectos científicos relevantes para el análisis de afectaciones e impactos ambientales generados por la actividad minera en el área mencionada de acuerdo con el tipo de escala minera y por el entorno físico, biótico y social.

Ahora bien, teniendo en cuenta que el análisis solicitado por el MADS está en función de la escala de desarrollo, para determinar los criterios de calificación minera, esta Autoridad Nacional se remitió a las definiciones del Decreto 1666 del 21 de octubre de 2016 del Ministerio de Minas y Energía en el que se clasifica la minería de la siguiente manera:

“Artículo 2.2.5.1.5.4. Clasificación de la minería en pequeña, mediana y gran escala en etapa de exploración, o construcción y montaje: Los títulos mineros que se encuentren en la etapa de exploración o construcción y montaje se clasificarán en pequeña, mediana y gran minería con base en el número de hectáreas otorgadas en el respectivo título minero, acorde con la tabla siguiente:

CLASIFICACIÓN	Nº HECTÁREAS
<i>Pequeña</i>	<i>Menor o igual a 150</i>
<i>Mediana</i>	<i>Mayor a 150 pero menor o igual a 5.000</i>
<i>Grande</i>	<i>Mayor a 5.000 pero menor o igual a 10.000</i>

Artículo 2.2.5.1.5.5. Clasificación de la Minería a pequeña, mediana y gran escala en etapa de explotación: Los títulos mineros que se encuentren en la etapa de explotación, con base en lo aprobado en el respectivo Plan de Trabajo y Obras o en el documento técnico que haga sus veces, se clasificarán en pequeña, mediana o gran minería de acuerdo con el volumen de la producción minera máxima anual, para los siguientes grupos de minerales: carbón, materiales de construcción, metálicos, no metálicos, metales preciosos, piedras preciosas y semipreciosas, como se muestra a continuación:

MINERAL	PEQUEÑA		MEDIANA		GRAN	
	Subterránea	Cielo Abierto	Subterránea	Cielo Abierto	Subterránea	Cielo Abierto
Carbón (Ton/año)	Hasta 60.000	Hasta 45.000	> 60.000 hasta 650.000	> 45.000 hasta 850.000	> 650.000	> 850.000
Materiales de construcción (M3/año)	N/A	Hasta 30.000	N/A	>30.000 hasta 350.000	N/A	> 350.000
Metálicos (Ton/año)	Hasta 25.000	Hasta 50.000	>25.000 hasta 400.000	>50.000 hasta 750.000	>400.000	> 750.000
No Metálicos (Ton/año)	Hasta 20.000	Hasta 50.000	>20.000 hasta 300.000	>50.000 hasta 1.050.000	>300.000	>1.050.000
Metales Preciosos (oro, plata y platino) (Ton/año) o (M3/año)	Hasta 15.000 Ton/año	Hasta 250.000 m3/año	> 15.000 hasta 300.000 Ton/año	> 250.000 hasta 1.300.000 m3/año	> 300.000 Ton/año	> 1.300.000 m3/año
Piedras preciosas y semipreciosas (Ton/año)	Hasta 20.000	N/A	>20.000 Hasta 50.000	N/A	>50.000	N/A

Parágrafo 1. En los casos en que en el área de un título minero se encuentren de manera simultánea los métodos de explotación subterráneos y a cielo abierto, se seleccionará el que tenga mayor producción, para que bajo este se clasifique el proyecto de acuerdo con la tabla anterior.

Parágrafo 2. Para el caso de metales preciosos y minerales metálicos en minería subterránea, los valores establecidos en la tabla corresponden al total de toneladas de material útil removido. Para minería a cielo abierto, corresponde al total de metros cúbicos de material útil y estéril removido.

Para el caso de piedras preciosas y semipreciosas y minerales metálicos en minería subterránea y a cielo abierto, los valores establecidos en la tabla corresponden al total de material útil y estéril removido.

Parágrafo 3. En el evento en que en el área de un título minero se extraiga de manera simultánea diferentes minerales, deberá realizarse para su clasificación la sumatoria de los volúmenes de producción de cada uno de estos; seleccionando el mineral de mayor producción para que en atención a este se clasifique el proyecto de acuerdo con la tabla anterior.”

Teniendo en cuenta lo anterior, es preciso resaltar que la ANLA, conforme a las competencias asignadas mediante el Decreto Ley 3573 de 2011 y el Decreto 1076 de 2015, es la encargada de que los proyectos, obras o actividades, sujetos a licenciamiento, permiso o trámite ambiental cumplan con la normativa ambiental y los fines constitucionales de propender por el desarrollo sostenible del país, y en tal sentido, tiene entre sus funciones la de otorgar o negar las licencias, permisos y trámites ambientales de conformidad con la Ley y su reglamentación, así como la de realizar seguimiento y control ambiental a los proyectos de su competencia conforme lo establecido en el artículo 2.2.2.3.2.2. del Decreto 1076 de 2015, el cual indica que:

“La Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) otorgará o negará de manera privativa la licencia ambiental para los siguientes proyectos, obras o actividades:

(...)

La explotación minera de:

a) Carbón: Cuando la explotación proyectada sea mayor o igual a ochocientos mil (800.000) toneladas/año;

b) Materiales de construcción y arcillas o minerales industriales no metálicos: Cuando la producción proyectada sea mayor o igual a seiscientos mil (600.000) toneladas/ año para las arcillas o mayor o igual a doscientos cincuenta mil (250.000) metros cúbicos/ año para otros materiales de construcción o para minerales industriales no metálicos;

c) Minerales metálicos y piedras preciosas y semipreciosas: Cuando la remoción total de material útil y estéril proyectada sea mayor o igual a dos millones (2.000.000) de toneladas/año;

d) Otros minerales y materiales: Cuando la explotación de mineral proyectada sea mayor o igual a un millón (1.000.000) toneladas/año.”

En ese sentido se evidencia que de acuerdo con los criterios de clasificación minera del Decreto 1666 de 2016 del Ministerio de Minas y Energía, la ANLA tiene competencia sobre los proyectos mineros que podrían considerarse como gran escala, los cuales deben solicitar licenciamiento o permiso ambiental ante esta Autoridad Nacional. Como parte del trámite deben presentar el Estudio de Impacto Ambiental- EIA, según lo estipulado en el Artículo 2.2.2.3.5.1. del Decreto 1076 de 2015 y teniendo en cuenta la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales del año 2018 del MADS, así como los términos de referencia correspondientes, para los proyectos de explotación minera esta Autoridad fundamenta sus evaluaciones teniendo en cuenta los Términos de Referencia TdR-13 de 2016, acogidos mediante Resolución MADS 2206 de 2016.

Ahora bien, para determinar las características de la minería a gran escala y los impactos ambientales potenciales asociados, esta Autoridad Nacional procedió a verificar en el sistema AGIL de la ANLA los proyectos mineros en competencia de esta Autoridad Nacional, que se superpongan con el polígono de reserva temporal propuesto por el MADS, a partir de los cuales se pueda obtener información de referencia, para identificar las características generales de la minería a gran escala. A partir de lo anterior, se confirmó que actualmente la ANLA no ha otorgado licencia ambiental a proyectos mineros que se superpongan con el polígono propuesto para la reserva temporal en la zona del páramo Santurbán, como se observa en la imagen a continuación.

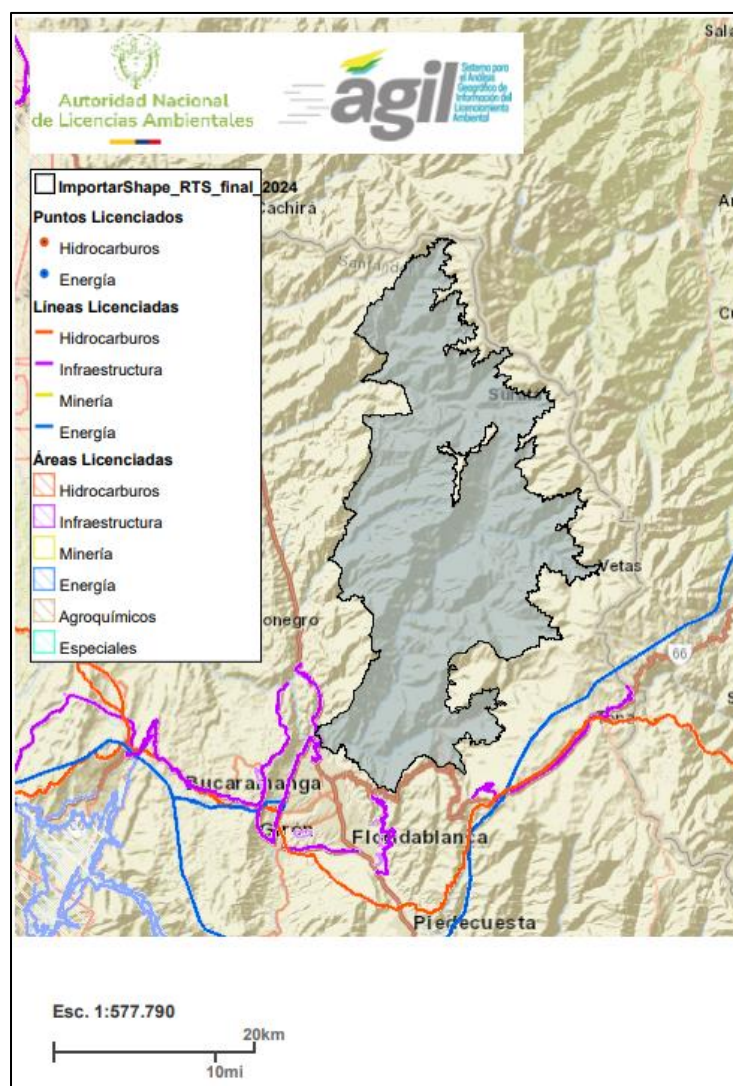


Figura 2. Proyectos licenciados por la ANLA en el polígono propuesto por el MADS para reserva temporal (polígono gris).

Fuente: Sistema AGIL de la ANLA. Consulta realizada el 29/07/2024

No obstante, al verificar la información histórica que reposa en esta Autoridad Nacional, se evidenció que en el año 2019 fue recibida una solicitud de licencia ambiental, realizada por la Sociedad Minera de Santander S.A.S (MINESA), para el proyecto denominado “*Explotación Subterránea de Minerales Auroargentíferos Soto Norte*”, ubicado en los municipios de California y Suratá, departamento de Santander, en las cuencas de la Quebrada la Baja y Quebrada Angostura. Una vez analizada la información contenida en el Estudio de Impacto Ambiental, radicado por el solicitante, el Equipo Evaluador de la ANLA determinó que la información suministrada era insuficiente lo cual no les permitió pronunciarse sobre los impactos ambientales identificados por el solicitante en los escenarios con y sin proyecto, y por lo tanto la ANLA procedió al archivo de la solicitud en el año 2020.

Por otra parte, mediante Resolución 1293 del 28 noviembre de 2023, el MADS, asumió la competencia de los expedientes administrativos ambientales de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga-CDMB, correspondientes al

proyecto de seguimiento ambiental con los expedientes LA-155 (expediente ANLA LAM9389-00) y VE – 0016-2013 (expediente ANLA VAR0046-00) y de los expedientes sancionatorios SA-0011-2023 y SA- 0015-2023, relacionados con el título liquidado de concesión minera No. 3452, ubicado en los municipios de California, Vetás, Suratá y Cucutilla, departamento de Santander.

En este sentido, en el artículo segundo de la Resolución 1293 del 28 noviembre de 2023, el MADS dispuso lo siguiente:

“ARTICULO 2.- Ordenar a la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales -ANLA, lo siguiente:

- Para el expediente LA-155: Evaluar el Plan de Desmantelamiento y Abandono presentado por ECO ORO MINERALS CORP. SUCURSAL COLOMBIA, y establecer las medidas de manejo tendientes a realizar el cierre minero y proceder a su respectivo seguimiento ambiental hasta tanto culmine esta etapa de cierre y con ello evitar la generación de pasivos ambientales.

- Para el expediente VE-0016-2013: Evaluar la solicitud de renovación del permiso de Vertimientos y su respectivo seguimiento.”

El título liquidado de concesión minera No. 3452 se encuentra ubicado en la vereda Angostura del municipio de California en el departamento de Santander y ocupa un área de 5244 hectáreas. Dado que en el área mencionada se llevaron a cabo actividades de exploración, no se alcanzó la fase de explotación, vale la pena mencionar que el Decreto 1666 de 2016 para las actividades exploratorias, con respecto a la categoría de gran, mediana y pequeña, indica lo siguiente:

“Artículo 2.2.5.1.5.4. Clasificación de la minería en pequeña, mediana y gran escala en etapa de exploración, o construcción y montaje: Los títulos mineros que se encuentran en la etapa de exploración o construcción y montaje se clasificarán en pequeña, mediana y gran minería con base en el número de hectáreas otorgadas en el respectivo título minero, acorde con la tabla siguiente:

CLASIFICACIÓN	Nº HECTÁREAS
<i>Pequeña</i>	<i>Menor o igual a 150</i>
<i>Mediana</i>	<i>Mayor a 150 pero menor o igual a 5,000</i>
<i>Grande</i>	<i>Mayor a 5,000 pero menor o igual a 10,000</i>

(...)”

Teniendo en cuenta lo anterior, **la fase exploratoria** realizada en el título liquidado de concesión minera No. 3452, corresponde con actividades de exploración minera a gran escala.

El proyecto denominado *“Explotación Subterránea de Minerales Auroargentíferos Soto Norte”* de MINESA y la fase exploratoria, realizado por ECO ORO MINERALS CORP. SUCURSAL COLOMBIA, fueron planeados con características de minería de metales a gran escala, en títulos mineros que se superponen con la delimitación propuesta por el MADS de reserva temporal. Estos proyectos fueron planteados en la cuenca de la quebrada La Baja y Angostura, al occidente del polígono de reserva temporal, en los municipios de

Vetas, California y Suratá al norte de la ciudad de Bucaramanga en el departamento de Santander, como se observa en la figura a continuación.

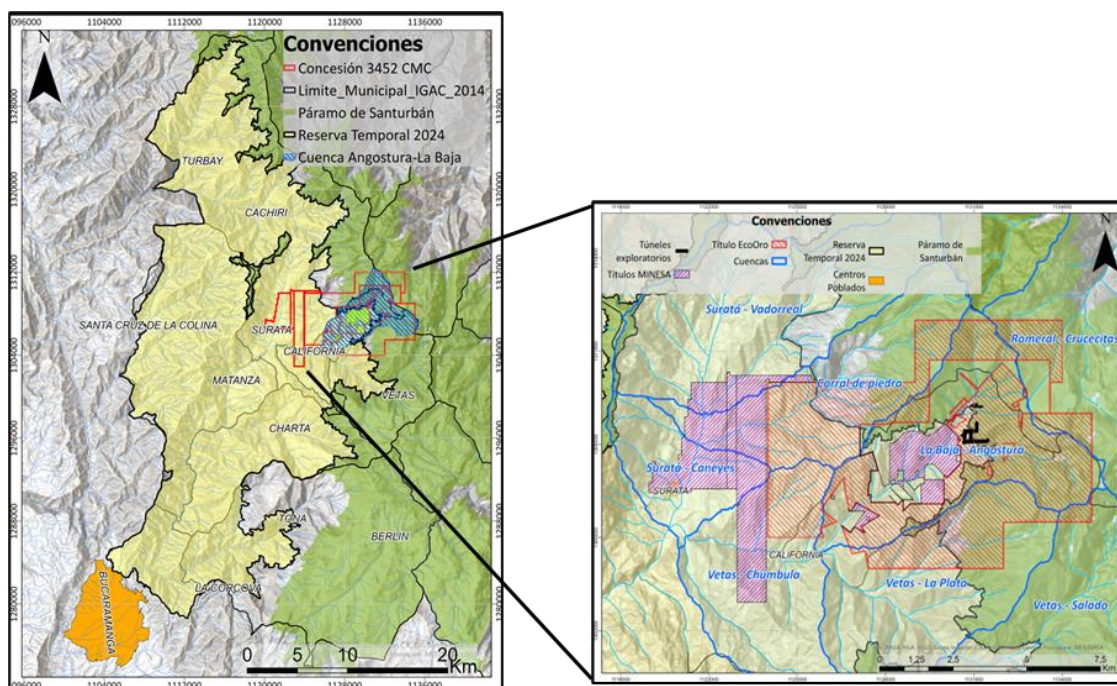


Figura 3. Ubicación de los títulos mineros relacionados con los proyectos denominado “Explotación Subterránea de Minerales Auroargentíferos Soto Norte” de MINESA y la fase exploratoria realizada por ECO ORO MINERALS CORP. SUCURSAL COLOMBIA.

Fuente: ANLA

En ese sentido la información disponible con respecto a las características de proyectos mineros a gran escala en el área del polígono propuesto por el MADS para reserva temporal se limita a la información contenida en el EIA radicado para el proyecto “Explotación Subterránea de Minerales Auroargentíferos Soto Norte”, el cual no obtuvo licencia ambiental. Al igual que al PMA otorgado por la CDMB, para la **fase exploratoria** realizada por ECO ORO MINERALS CORP. SUCURSAL COLOMBIA y que actualmente se encuentra en seguimiento y control por parte de la ANLA.

Ahora bien, al haber sido el trámite del proyecto “Explotación Subterránea de Minerales Auroargentíferos Soto Norte” archivado, y al tratarse la información del PMA, asociado al proyecto desarrollado por ECO ORO MINERALS CORP. SUCURSAL COLOMBIA, a una fase exploratoria y no de explotación, esta Autoridad Nacional no consideró pertinente el uso de la información proveniente directamente del EIA y del PMA respectivamente.

Por lo anterior, el insumo considerado para el análisis objeto del presente documento está relacionado con la información secundaria pública de informes realizados por entidades como el SGC, IDEAM, HUMBOLDT, ANM y Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga - CDMB. Asimismo, se llevó a cabo un ejercicio de revisión bibliográfica en el que se encontraron estudios académicos enfocados en el distrito minero Vetas-California, al igual que reportes técnicos de prefactibilidad relacionados con proyectos de explotación subterránea de metales en el sector de Soto Norte y Angostura.

Respecto a la información técnica de prefactibilidad para el desarrollo de un proyecto minero a gran escala en el sector de Soto Norte, se encuentra publicada en la página web

de Aris Mining Corporation¹ el informe técnico “*NI 43-101 Technical Report Feasibility Study of the Soto Norte Gold Project, Santander Colombia*”, realizado en el año 2021 por “*SRK Consulting*”. El informe contiene datos relacionados con la estimación de recursos y reservas, método de extracción y recuperación, infraestructura, obras y actividades proyectadas, lo cual se toma como referencia para dimensionar las características de proyectos mineros a gran escala, para la extracción subterránea de metales en la cuenca de las quebradas La Baja y Angostura.

De otra parte, sobre los resultados de la exploración llevada a cabo en la zona de Angostura, se obtuvo el informe técnico denominado “*Technical Report on the Updated Mineral Resource Estimate for the Angostura Gold-Silver Deposit, Santander Department, Colombia*”, realizado por Golder Associates Perú S.A el 23 de marzo de 2012, publicado en la página web de Land Matrix². El reporte técnico mencionado presenta información de prefactibilidad realizado por un equipo multidisciplinario conformado por Golder, TWP Sudamérica S.A, Schlumberger Water Services y Knight Piésold Consulting Ltda, con la finalidad de desarrollar un modelo conceptual de una operación minera subterránea a gran escala para la extracción de metales en el sector de Angostura. El documento contiene datos relacionados con estimación de recursos, método de explotación, beneficio y transformación metalúrgica, e infraestructura, lo anterior relacionado con el tipo de yacimiento del sector Angostura, los cuales son tomados como referencia para determinar las características que podría tener la minería a gran escala en la cuenca de la quebrada La Baja y quebrada Angostura.

Ahora bien, con respecto a las características de la minería a mediana escala y los impactos ambientales potenciales, esta Autoridad Nacional tomó como insumo la información cartográfica suministrada por la ANM y la CDMB con la finalidad de georeferenciar los títulos mineros que se superponen con el polígono propuesto por el MADS como reserva temporal, y de esa manera identificar los proyectos mineros a mediana escala, como se observa en la figura a continuación.

¹ <https://aris-mining.com/operation/soto-norte/technical-report/>

² https://landmatrix.org/media/uploads/eco-orocomipdfreports12-03-27_016_119-415-5030_rev3_v001_b3t404pdf.pdf

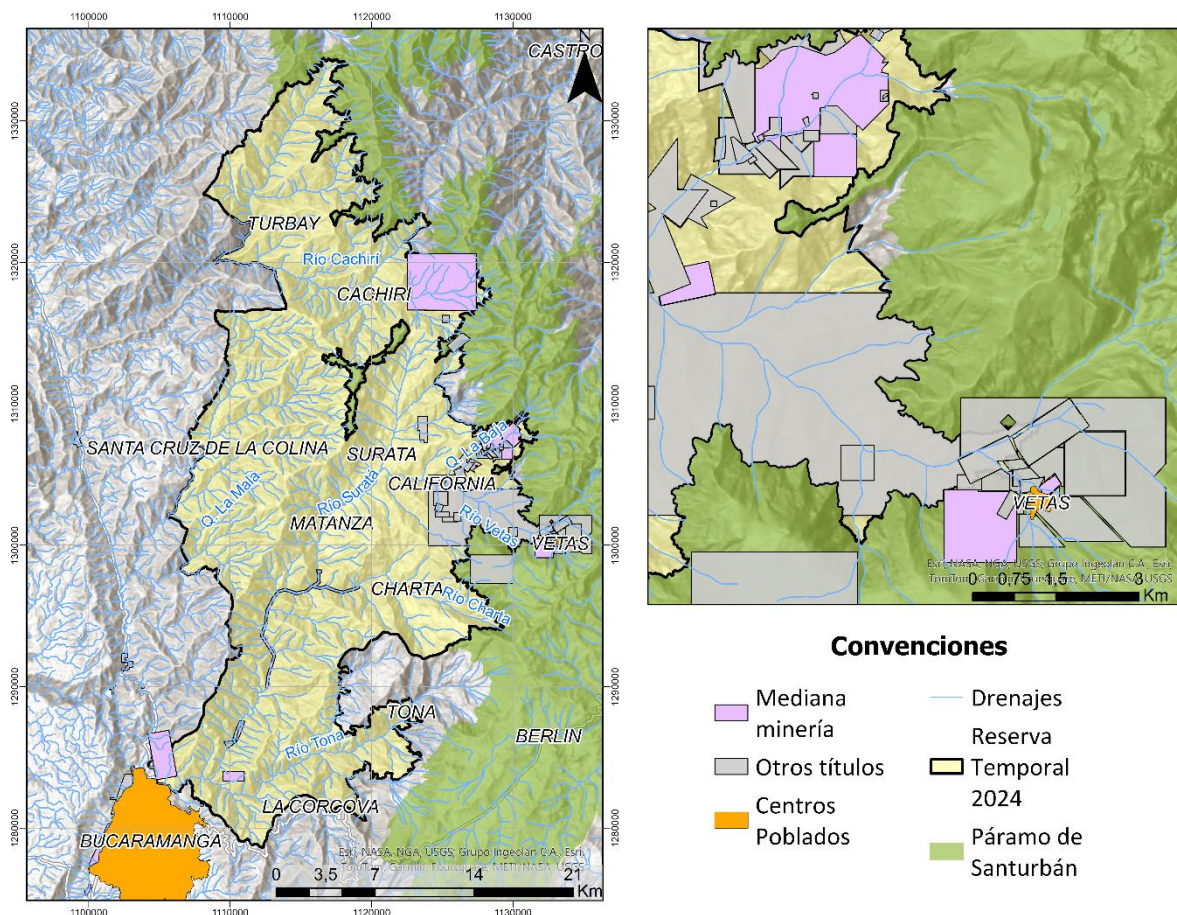


Figura 4. Ubicación de los títulos mineros relacionados por la CDMB y ANM como proyectos mineros a mediana escala.

Fuente: ANLA a partir de información cartográfica suministrada por la ANM y CDMB.

Una vez espacializada la información, se procedió a seleccionar los títulos mineros en etapa de explotación y que contaran con PTO e instrumento ambiental, se evidenció que solo el título minero 16725 cuenta con las condiciones anteriormente descritas, sin embargo, la ANLA no tuvo acceso a información relacionada con las características de su operación. En ese sentido se tomaron valores teóricos partiendo de los rangos de producción para minería a mediana escala, de acuerdo con el Decreto 1666 de 2016 del Ministerio de Minas y Energía, y su comportamiento si se asumen parámetros que fueron identificados para los proyectos mineros a gran escala.

Sobre el análisis de las características relacionadas con la minería a pequeña escala, esta Autoridad Nacional tomó como insumo la información cartográfica suministrada por la ANM y CDMB para identificar los títulos mineros que se superponen con el polígono de reserva temporal propuesto por el MADS, los cuales se observan en la figura a continuación.

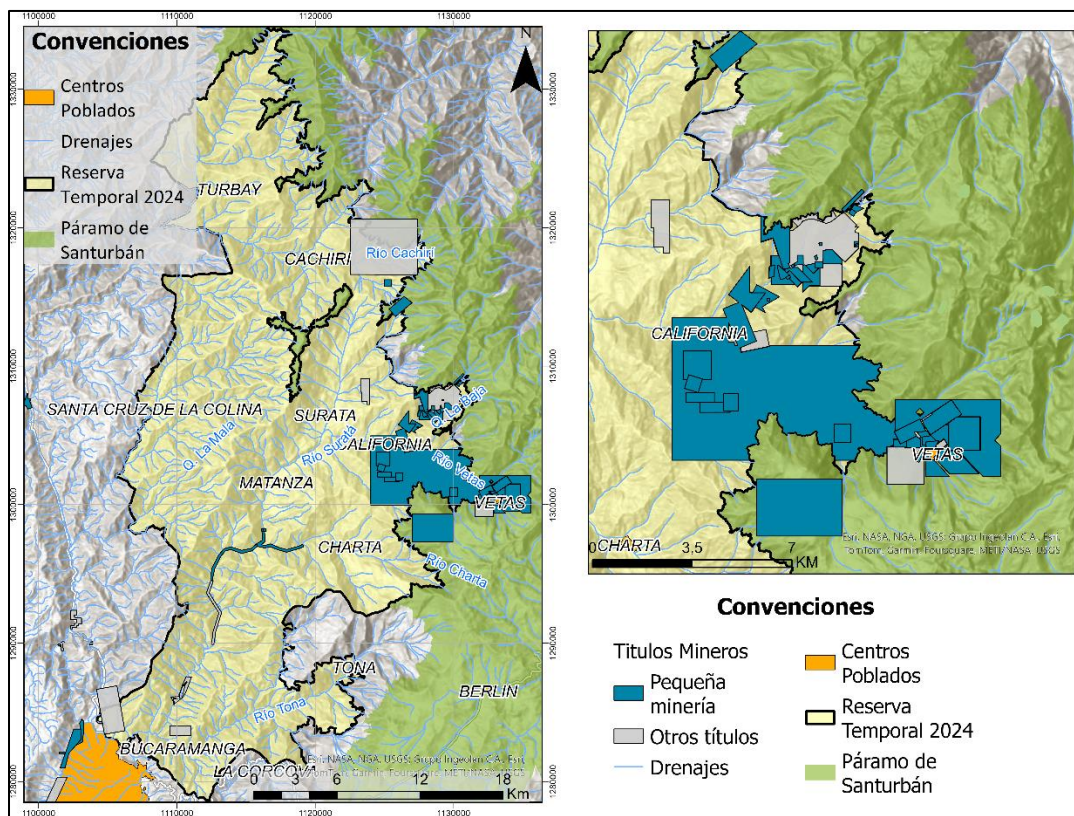


Figura 5. Ubicación de los títulos mineros a pequeña escala en el área de reserva temporal propuesta por el MADS.

Fuente: ANLA a partir de información cartográfica suministrada por la ANM y CDMB.

Una vez espacializada la información se seleccionaron los títulos mineros que en la tabla de atributos se identificaron como activos, los cuales son las minas Providencia, La Elsy y Trompetero. En concordancia se tomaron datos obtenidos en visita técnica por el SGC en las minas del distrito minero Vetás – California y consignados en la Versión 1 del documento “*Caracterización geometalúrgica y geoambiental de depósitos auríferos en Vetás, California y Suratá. Departamento de Santander – Colombia*”, del año 2022.

Finalmente, al verificar el método de extracción para los casos de estudio relacionados con el análisis de las características de la minería a pequeña, mediana y gran escala, se evidencia que tienen en común la ejecución de infraestructura subterránea para la extracción de minerales metálicos. Lo anterior es debido a que el yacimiento polimetálico del distrito minero Vetás – California tiene como característica venas mineralizadas diseminadas, irregulares de pendiente inclinada a muy inclinada que se extienden a profundidad hasta aproximadamente 800 metros. Este tipo de mineralizaciones requieren métodos de extracción selectivos, que permitan acceder a las venas mineralizadas de manera más eficiente y evitando la dilución que pueda contaminar el material útil.

La minería a cielo abierto no suele ser un método de extracción apropiado para extraer cuerpos mineralizados inclinados e irregulares que cuentan con centímetros de espesor, entre otras cosas por el tipo de maquinaria que es empleada en el proceso de perforación, voladura, arranque y cargue. Asimismo, tiende a presentar mayor dilución lo cual aumenta el tiempo y costos del proceso de beneficio para separar el material útil del desecho de roca.

Debido a lo anterior, el alcance del presente documento técnico está enfocado a las características de la minería subterránea de metálicos, tomando como caso de estudio los proyectos mineros planeados para minería a gran y mediana escala, y proyectos mineros activos para minería a pequeña escala en el área de reserva temporal. Las características identificadas fueron tenidas en cuenta como insumo en el análisis de los impactos ambientales potenciales en función a la escala de desarrollo minero. En ese sentido se toma la siguiente clasificación de la minería en pequeña, mediana escala del Decreto 1666 de 2016 (etapa de explotación):

Minería a gran escala: Rango para minería de minerales metálicos: Subterránea (masa material útil): > 300,000 t/año;

Minería a mediana escala: Rango para minería de minerales metálicos: minería subterránea (masa material útil): > 15,000 t/año hasta 300,000 t/año.

Minería a pequeña escala: Rango para minería de minerales metálicos: Subterránea (masa material útil): Hasta 15,000 t/año.

2 CARACTERÍSTICAS DE MINERÍA A GRAN, MEDIANA Y PEQUEÑA ESCALA

2.1 MINERÍA A GRAN ESCALA

Se trata de proyectos que requieren remover más de 300,000 toneladas/año de material para minería subterránea de metales. A continuación, se presentan las características que podría tener un proyecto minero a gran escala en la cuenca de la quebrada La Baja y Angosturas. Los datos fueron tomados de los informes de prefactibilidad elaborados por SRK Consulting (2021) y por Golder Associates S.A (2012).

Tabla 1. Características de un proyecto de minería subterránea de metálicos a gran escala en la cuenca de las quebradas La Baja y Angostura.

Característica	Descripción
Área Contrato de concesión	400 a 5,000 Ha
Huella de intervención del proyecto	755 Ha
Reasentamiento requerido	Si
Geomorfología	Región montañosa con valles fluviales escarpados
Altura sobre el nivel del mar	1,600 a 4,200 m s.n.m <ul style="list-style-type: none"> - Planta de beneficio: 1600 a 3,400 m s.n.m - Planta de tratamiento 3,200 m s.n.m - Áreas de depósito de desecho de roca: 2,850 y 3,040 m s.n.m - 4,000 m s.n.m túneles de extracción
Cuencas hidrográficas	Quebradas La Baja y Angosturas y Cuenca del río Suratá para infraestructura de apoyo como planta de beneficio y depósito de relaves.

Ecosistema	Orobioma alto de los Andes: 89% del área de influencia del proyecto
Superposición con el páramo Santurbán – Berlín	<ul style="list-style-type: none"> - El proyecto sector Soto Norte: No - El Proyecto sector Angostura: Si
Área de compensación	400 Ha
Precipitación anual promedio	700 a 1,200 mm
Evapotranspiración Anual	600 a 1,450 mm
Población	<ul style="list-style-type: none"> - Proyecto sector Soto Norte: 3,500 personas ubicadas en el área de influencia del proyecto.
Reservas probables (SRK Consulting, 2021)	28 Mton; 6.95 g/ton de Au equivalente o 5.5 Moz de Au equivalente.
Recursos Inferidos	22 Mt (3 g/t Au y 15,64 g/t Ag)
Recuperación promedio	Oro: 90%; plata: 88%
Dimensiones del yacimiento	<p>2.6 km de largo, 450 m a 1km de ancho y 800 m de profundidad.</p> <p>Ancho de las venas mineralizadas: 1 – 30 m (sub- verticales buzamiento de 70° a 80°), 30 – 100 m en el rumbo y 30 – 300 m en buzamiento.</p> <p>(Mas de 200 venas individuales y compuestas identificadas).</p>
Perforaciones exploratorias	Mayor a 300,000 metros en más de 900 pozos en 10 años
Túneles exploratorios	<p>Fase Exploratoria realizada en el sector de Angostura:</p> <p>Mas de 3,500 m de túneles exploratorios construidos en la fase exploratoria y muestras tomadas en más de 25 túneles existentes realizados por terceros.</p> <p>Túneles construidos en la fase exploratoria:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La Perezosa: 2.5 km (2,850 m s.n.m) - Veta Barro: 415 m (3,100 m s.n.m)
Producción anual estimada	<p>2.2 a 2.6 Mt/año y 2,7 Moz Au equivalente</p> <p>Si están condiciones de producción anual proyectadas se materializarán, la competencia en términos ambientales sería de la ANLA</p>
Niveles de extracción	Mas de 10 niveles
Túnel de acceso a la zona mineralizada	<ul style="list-style-type: none"> - Para el proyecto en el sector Soto Norte: Se proyecta construir un túnel de 7 km usando TBM lo cual conecta la trituradora subterránea a la planta de procesamiento en la superficie (transporte del material en banda transportadora), diámetro del túnel: 8 m. Su desarrollo se proyecta en 30 meses. - Para el proyecto planteado en el sector de Angostura <p>2-ñp—2-: Se contempla el acceso desde el túnel La Perezosa</p>

Nivel de agua subterránea en zona de producción	En general mayor a 100 m de la superficie en Gneiss. Niveles de agua subterránea en área de depósito de relaves: 22 a 30 m de la superficie.
Desecho de roca	Producción de 2 a 14 Mt durante la vida útil del proyecto. Aproximadamente el 60% del desecho de roca vuelve a la mina como retrolleado
Total de material a mover (útil +desecho de roca)	37Mt durante la vida útil del proyecto.
Excavaciones laterales subterráneas (excluyendo túnel de acceso TBM)	90,000 a 150,000 metros
Desarrollo vertical	7,000 a 17,000 metros
Vida útil de la mina	10 a 14 años
Personal requerido	Operación con dos turnos cada uno de 12 horas, 24 horas por día y 7 días a la semana. De 300 a 1000 personas. 60% mano de obra local, 20% mano de obra proveniente del departamento de Santander, 18% proveniente de otras regiones de Colombia y 2% extranjeros.
Demanda de agua	Requerimiento de agua en la mina durante su fase operacional = 41 l/s
Ventilación	Mínimo 1,400 m ³ /s al año
Planta de Beneficio	Capacidad de 7,000 ton/día. Trituración, molienda y flotación (no se usa mercurio ni cianuro)
Relaves	Producción de 22 Mt a 30 Mt de relaves filtrados (85% de contenido sólido) a lo largo de la vida útil del proyecto. Capacidad del depósito de relaves 40 Mt. Aprox. 10 Mt podrían a la mina a manera de retrolleado.
Planta de tratamiento de agua potable	Capacidad de 187 m ³ /año para un pico de 1,000 trabajadores
Planta de tratamiento de agua residual industrial	120 a 180 l/s a de agua contactada (drenaje ácido) a ser tratada, para posteriormente ser descargada al medio ambiente (88.5 l/s)
Caudal de descarga	Descarga requerida al río Surata 390.8 l/s Descarga requerida quebrada La Baja 384.8 l/s

Fuente: Datos tomados de Golder Associates (2012) y SRK Consulting (2021).

Tabla 2. Actividades y equipos principales, característicos de un proyecto de minería subterránea de metálicos a gran escala.

Actividad	Equipo	Descripción
Desarrollo de la mina	1 tuneladora TBM	Una tuneladora para acceso subterráneo entre la zona de beneficio y el área de producción.

		Productividad de 14 m de avance por día
	6 a 9 Perforadoras jumbo de doble brazo	Productividad de 17 metros de avance por día; pico máximo de 23 km por año. Avance total 1,524 metros en 5 años en secciones de los túneles 5 x 5 metros.
	Long Hole drill	285 perforaciones entre 15 a 30 m de longitud con un diámetro entre 2.5 a 3 pulgadas. 240 m de perforación al día (13 niveles de explotación).
Carga	10 a 20 Cargadoras subterránea	Capacidad 18 toneladas con una productividad de 88 ton/hora
	17 camiones	Capacidad de 65 toneladas para carga y transporte de material de desecho de roca a las áreas de producción.
Soporte	Pernado de la TBM y de la jumbo	
	Concreto lanzado	
Trituración	Trituradoras portables subterráneas	81 x 122 cm Capacidad de 4,000 toneladas/día
	Trituradoras permanentes subterráneas	112 x 160 cm
Transporte de material	Banda transportadora subterránea	A través del túnel a construir con TBM.
	30 camiones	Capacidad 26t
Tratamiento de agua	Planta de tratamiento de aguas residuales industriales	Agua proveniente del bombeo de la mina y depósito de relaves

Fuente: Datos tomados de Golder Associates (2012) y SRK Consulting (2021).

A partir de las características de los proyectos objeto de estudio, se evidencia que cuentan con un esquema general propio de infraestructura de minería subterránea a gran escala, como lo son pozos o “*shafts*” para el acceso al cuerpo mineralizado, así como para su ventilación; galerías ascendentes o subidas que conectan los niveles o subniveles de extracción; inclinados por donde se transporta el material minado; cámaras de explotación; galerías y pilares de soporte principalmente (Abzalov, 2016), los cuales pueden tener más de 10 niveles de explotación como se observa en las figuras a continuación.

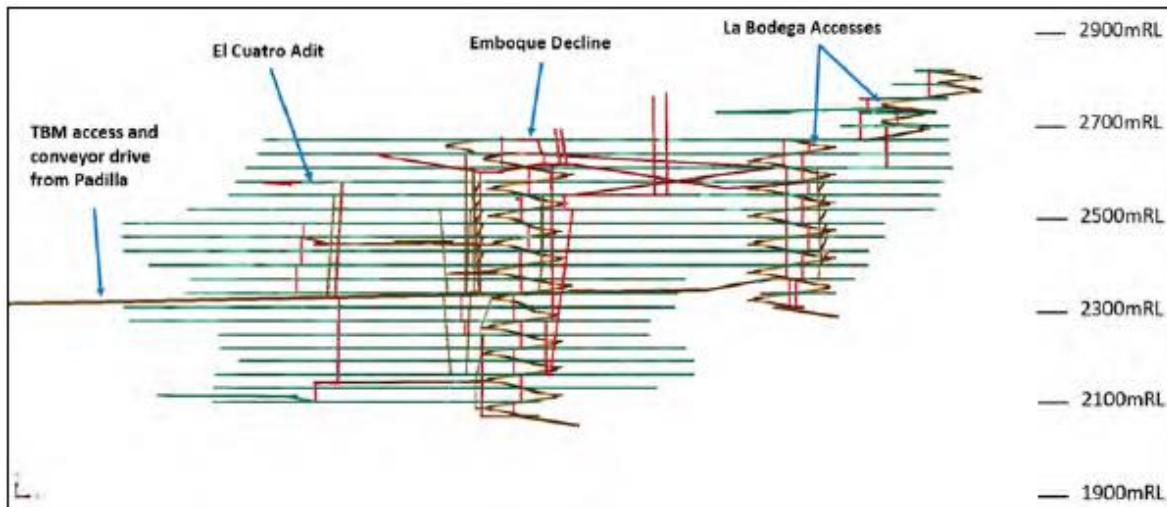


Figura 6. Esquema general proyectado para minería subterránea en la cuenca de la quebrada La Baja y Angostura.
Fuente: SRK Consulting, 2021.

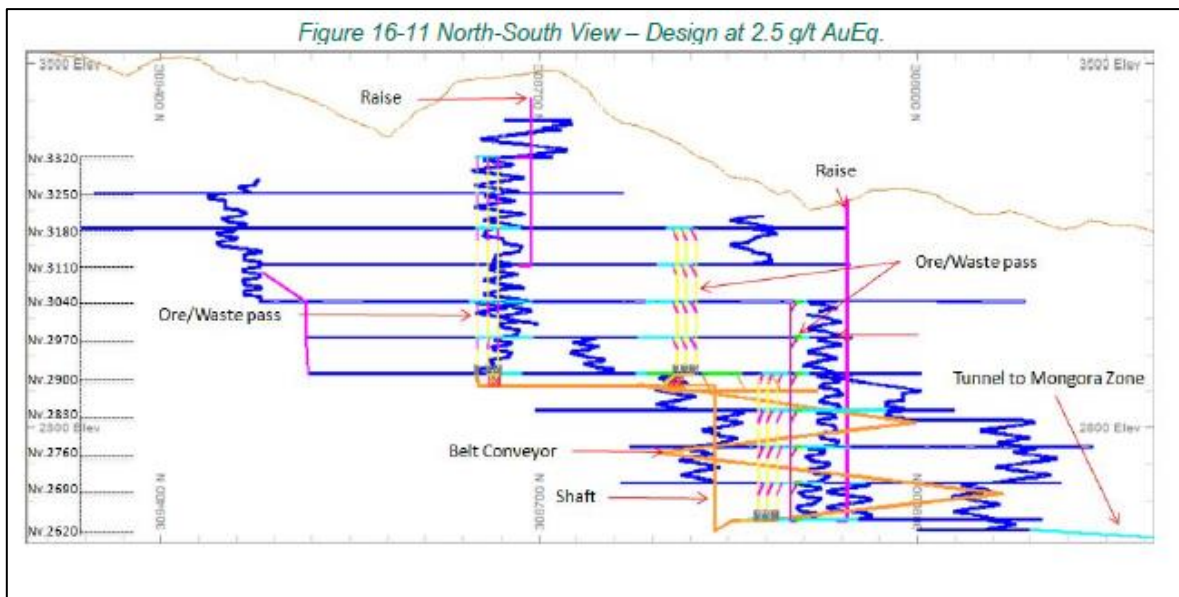


Figura 7. Esquema general proyectado para minería subterránea en el sector de Angostura.
Fuente: Golder Associates, 2012.

Asimismo, en los informes técnicos de prefactibilidad minera anteriormente citados, coinciden con que el tipo de extracción óptimo para el yacimiento que se encuentra en la cuenca de las quebradas La Baja y Angostura se basa en el método de explotación por cámaras abiertas combinado con corte y relleno como se observa en las figuras a continuación:

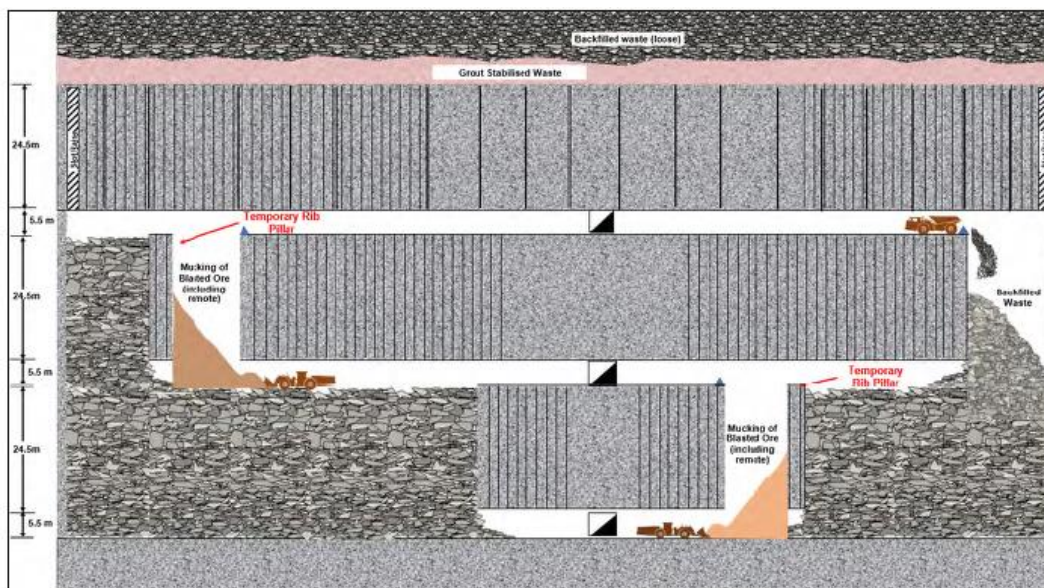


Figura 8. Esquema de extracción subterránea por corte y relleno proyectado en la cuenca de la quebrada La Baja y Angostura.
Fuente: SRK Consulting, 2021.

Fuente: SRK Consulting, 2021.

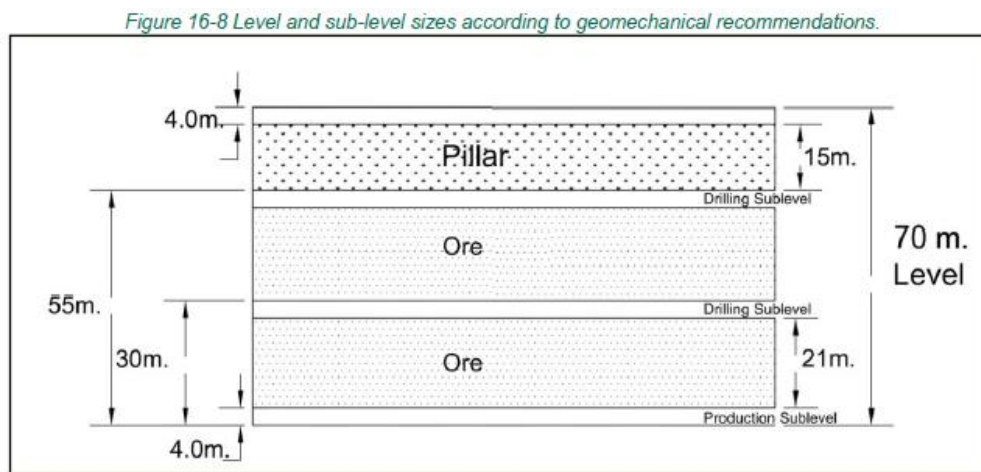


Figura 9. Esquema de extracción subterránea por corte y relleno proyectado en el sector de Angostura.

Fuente: Golder Associates, 2012.

Figure 16-2 Sub-Level Stopping.

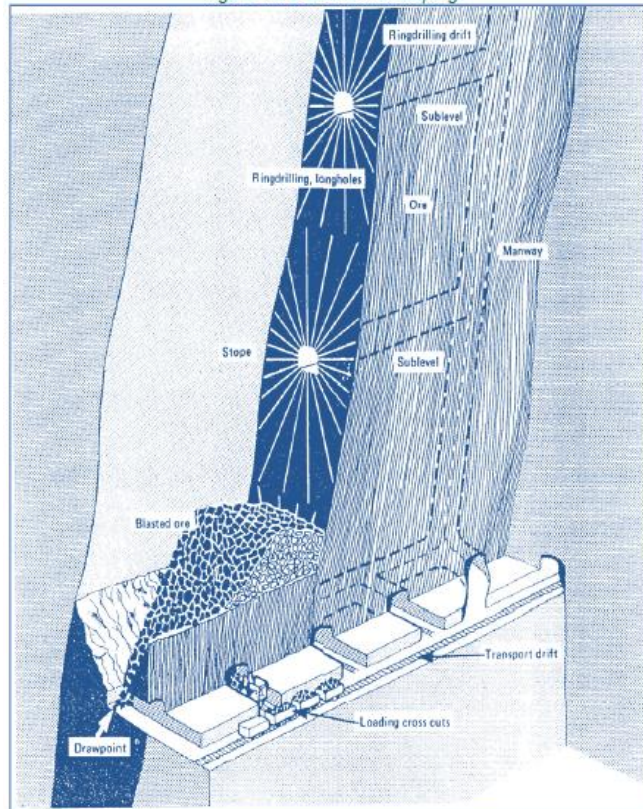


Figura 10. Esquema de extracción subterránea por cámaras abiertas proyectado en el sector de Angostura.

Fuente: Golder Associates, 2012.

El método de explotación por corte y relleno es utilizado en depósitos que requieren un tipo de minería selectiva para la extracción de venas mineralizadas estrechas y muy inclinadas, lo cual es el caso de la configuración del yacimiento polimetálico de la cuenca de las quebradas La Baja y Angostura, como se observa en la figura a continuación.

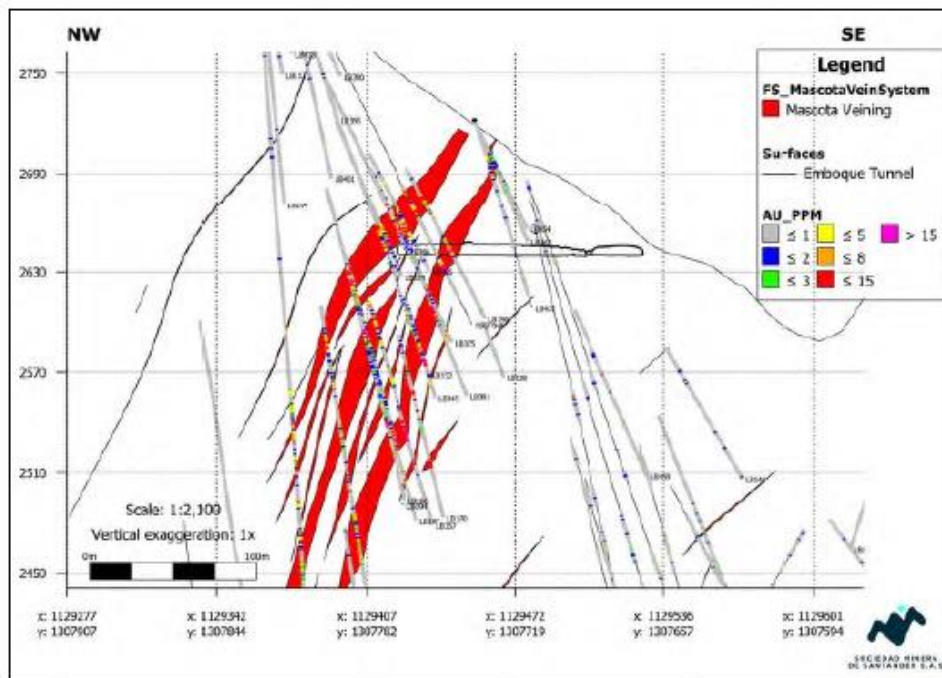


Figura 11. Venas mineralizadas (polígonos rojos) en la cuenca de la quebrada La Baja y Angostura.

Fuente: SRK Consulting, 2021.

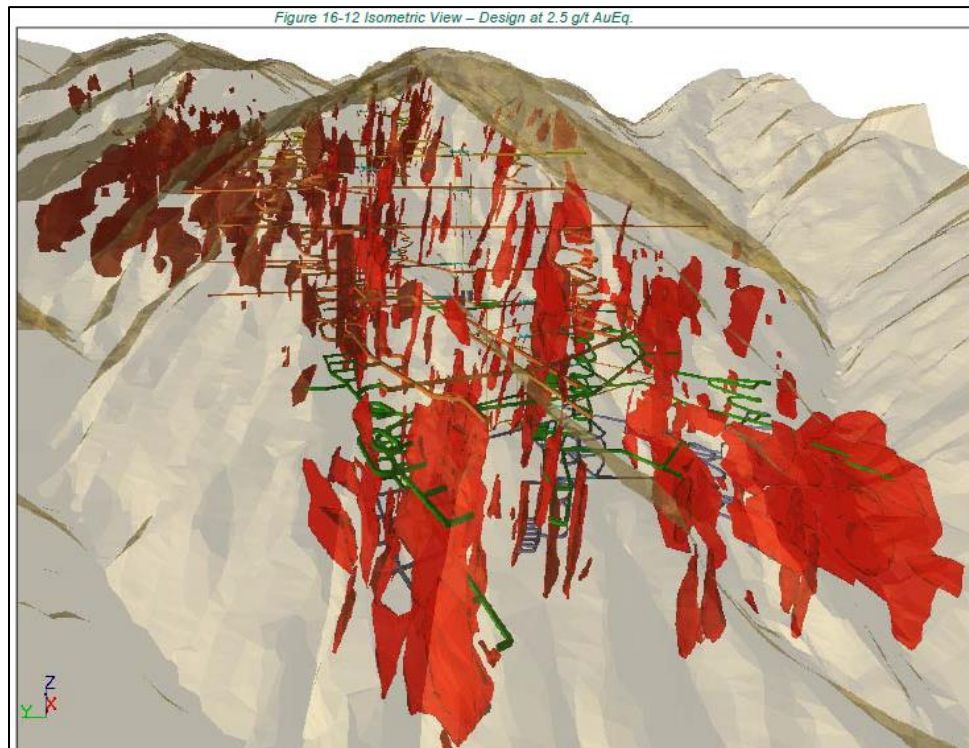


Figura 12. Modelo del yacimiento en el sector de Angostura.

Fuente: Golder Associates, 2012.

Con respecto al método de explotación por cámaras abiertas, también se emplea para minar yacimientos que tienen una alta inclinación y requiere que la roca caja y el muro de carga sean competentes, porque se generan cavidades que puedes superar los 30 metros de alto. Este método de extracción permite ampliar las dimensiones de los frentes de explotación en aquellas áreas donde el cuerpo mineralizado alcanza uniformidad y unas dimensiones que requieren una producción a mayor escala. Por lo general el método se aplica siguiendo el rumbo de la mineralización, dejando pilares verticales entre las cámaras para dar soporte a la infraestructura subterránea (Abzalov, 2016).

Tanto en la extracción por corte y relleno como cámaras abiertas se desarrollan los niveles y subniveles a partir de perforación y voladura que permite fragmentar el material para ser cargado por equipo como LHD hasta los inclinados que conectan con los “*shafts*” o bandas transportadoras. Cabe resaltar que en ambos métodos se requiere retrolleado, sobre todo en corte y llenado toda vez que el material de relleno constituye el piso soporte de la operación para avanzar al siguiente nivel, de ahí que en los informes técnicos de prefactibilidad para la minería de metales en la cuenca de las quebradas La Baja y Angostura, se haya proyectado que aproximadamente el 60% del material de desecho de roca, extraído durante el avance de la operación subterránea, vaya a ser devuelto a la mina.

Ahora bien, corresponde a mapeo y exploración de minería a gran escala pozos y galerías exploratorias, así como muestreo sistemático, con control de calidad, que permita delimitar el yacimiento y calcular las reservas asociadas. Los informes técnicos de prefactibilidad para la minería de metales en la cuenca de las quebradas La Baja y Angostura indicaron más de 1000 metros de perforación exploratoria, desde superficie, con perforación diamantina principalmente, la cual tiene la capacidad de perforar hasta 2000 m de profundidad (Abzalov, 2016). Para el sector de Angostura, adicional a las perforaciones, se llevaron a cabo por lo menos dos galerías exploratorias (Veta Barro= 415 m de longitud y La Perezosa = 2.5 km de longitud).

De otra parte, con respecto a la estimación de recursos, es preciso resaltar que este cálculo no demuestra viabilidad económica toda vez que puede estar condicionada a restricciones ambientales, permisos, esquema de impuestos, parámetros sociopolíticos, precios del mercado entre otros, por lo que los valores de recursos inferidos tienen un grado de incertidumbre y no todo el recurso llega a convertirse en reservas económicamente explotables. Por lo anterior se tomó el dato de reservas publicado por “SRK Consulting” (2021), considerando que un proyecto minero subterráneo a gran escala en la cuenca de las Quebradas La Baja y Angostura podría proyectar la extracción de aproximadamente 30 Mton ; 6.95 g/ton de Au equivalente o 5 Moz de Au equivalente en 10 a 14 años, para una producción anual aproximada de mayor a los 2 Mton/año lo cual, en términos ambientales, es competencia de la ANLA de acuerdo con lo establecido en el Decreto 1076 de 2015.

Con respecto al proceso de beneficio, en los informes técnicos de prefactibilidad para la minería de metales en la cuenca de las quebradas La Baja y Angostura se incluyen tanto procesos físicos como trituración, molienda y separación de sólidos-líquidos por hidrociclones, como procesos químicos en ciclos de flotación en sistemas recirculantes de celdas primarias, limpiadoras y agotativas, apoyados en el uso de diversos químicos como floculantes, depresores de ganga, colectores y modificadores de pH, o cianuración a partir de los cual se generan tanto los concentrados de metales objetivo (Au, Ag, Cu), aguas contactadas y se estima que podrían generar entre 20 a 30 Mton de relaves filtrados. Si bien, este tipo de material también puede ser empleado en los procesos de retrolleado de

mina durante lo operación y cierre, es preciso indicar que volúmenes considerables permanecerán en superficie a perpetuidad. De ahí que los proyectos mineros a gran escala, como los analizados para el sector de Angostura requieran áreas en donde puedan emplazar una infraestructura que permita contener entre 40 a 50 Mton de relaves filtrados lo cual podría ocupar hasta 200 Ha, como se observa en las figuras a continuación.

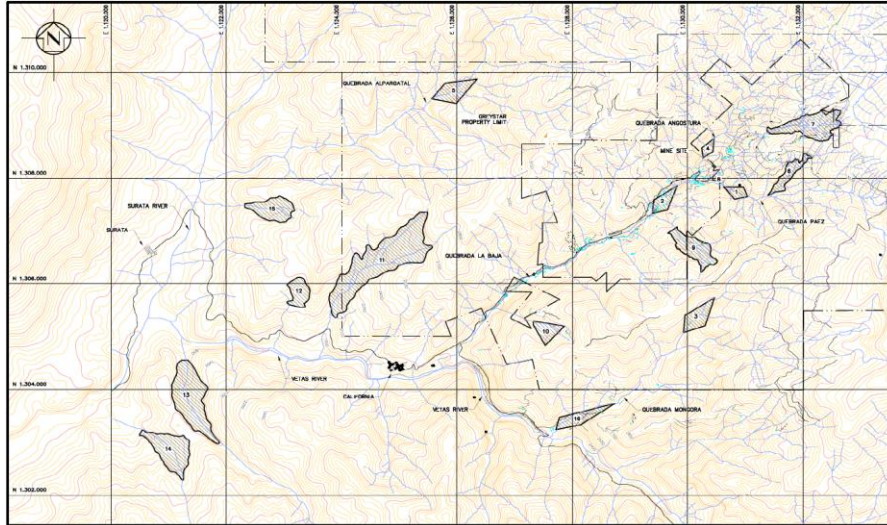


Figura 13. Alternativas para la ubicación de depósitos de relaves provenientes del beneficio de la minería subterránea en la cuenca de las quebradas La Baja y Angostura.

Fuente: Golder Associates, 2012.

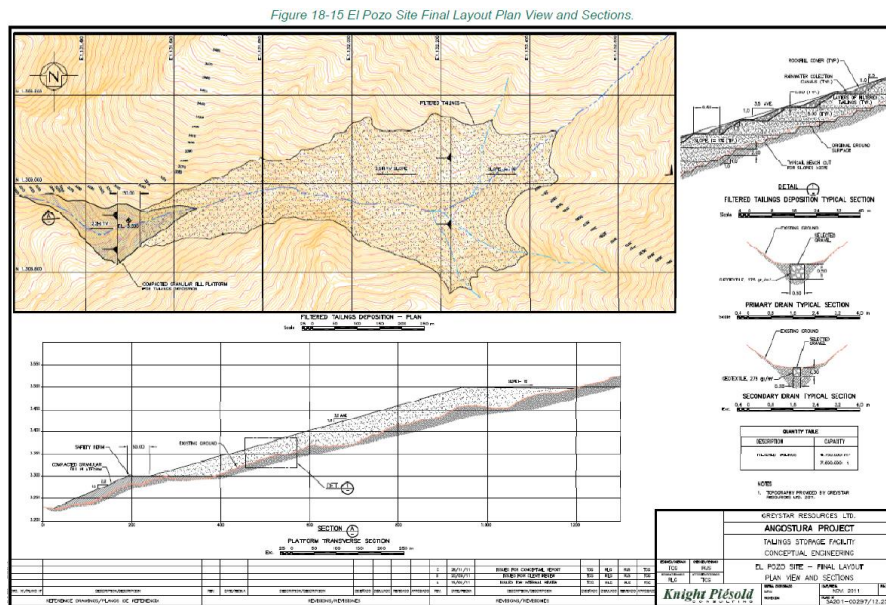


Figura 14. Perfil del depósito de relaves proyectado “El Pozo” para disponer relaves provenientes del beneficio de la minería subterránea en la cuenca de las quebradas La Baja y Angostura.

Fuente: Golder Associates, 2012.

Figure 18-20 Bucaré Site, Final Layout - Plan View and sections.

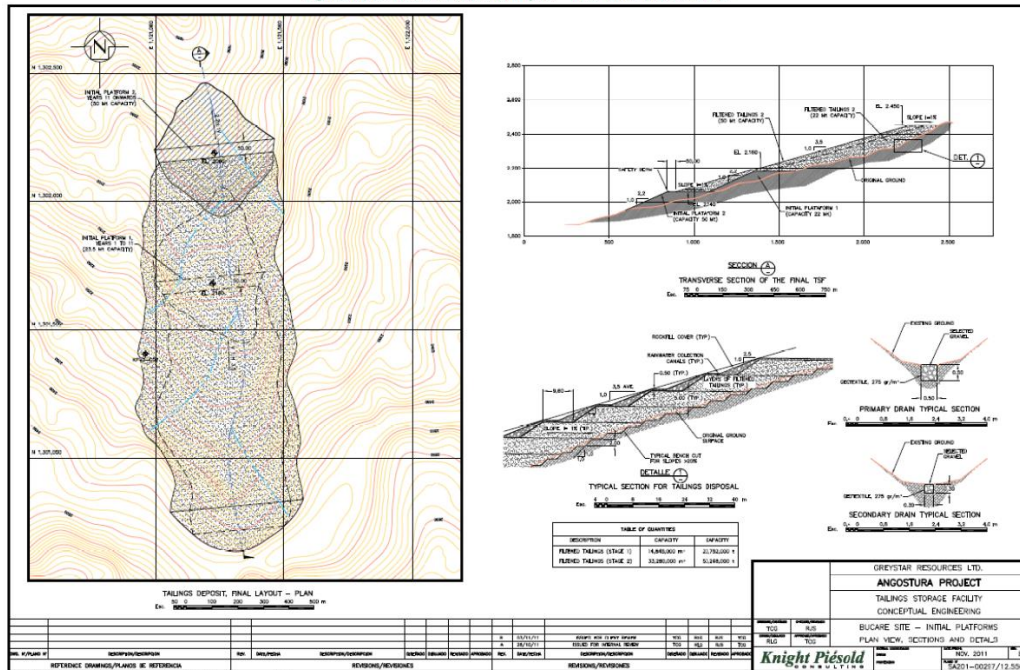


Figura 15. Perfil del depósito de relaves proyectado “Bucaré” para disponer relaves provenientes del beneficio de la minería subterránea en la cuenca de las quebradas La Baja y Angostura.

Fuente: Golder Associates, 2012.

2.2 MINERÍA A MEDIANA ESCALA

De acuerdo con un comunicado publicado en la página web de Aris Mining (2024), se informó sobre la adquisición del 51% de la participación del proyecto “Soto Norte”. Asimismo, fue anunciado que el proyecto contará con un nuevo plan de desarrollo a menor escala, lo cual incluye: el uso de una planta de procesamiento más pequeña con una vida operativa más amplia; adoptar un método minero más flexible que permita acceder a las zonas de mayor mineralización en menor tiempo; y la instalación de una planta de retrolleado para disminuir la cantidad de relaves a depositar en superficie.

Teniendo en cuenta lo anterior esta Autoridad Nacional verificó el nuevo planteamiento minero para determinar si podría corresponder a una explotación a mediana escala y en ese sentido tomar como referencia los datos para definir las características que podría tener una operación a mediana escala en la cuenca de las quebradas La Baja y Angostura.

Entre los cambios más significativos nombraron la disminución del **rendimiento de la planta de procesamiento que pasará de tener una capacidad proyectada de 7,000 ton/día a aproximadamente 3,000 ton/día para 1.1 Mton/año**. Asimismo, en los nuevos criterios para el desarrollo del proyecto, el acceso a los frentes de explotación se llevará a cabo a partir de portales existentes, por lo que no será construido un túnel de acceso de 7 km desde el sector Padilla con TBM, lo cual indica la disminución de material de desecho de roca a producir, así como la reducción del total de material a mover (útil +desecho de roca) y la aceleración de la etapa constructiva.

Es preciso resaltar que proyectos de minería subterránea de metales que exploten menos de 2,000,000 ton/año y más de 300,000 ton/año, no clasifican como minería a mediana escala, siguen siendo minería a gran escala de acuerdo con lo estipulado por el Decreto 1666 de 2016 del Ministerio de Minas y Energía, en competencia, en términos ambientales, de las corporaciones autónomas regionales, de acuerdo con lo establecido en el Decreto 1076 de 2015. Por lo anterior el nuevo formato para el proyecto de Soto Norte, propuesto por Aris Mining, si bien disminuye la producción anual, no llega a ser menor a 300,000 t/año, por lo que el nuevo desarrollo no permite ser referente de las características de minería subterránea de metales a mediana escala.

Es así como, para identificar las características de un proyecto minero de extracción subterránea de metales a mediana escala se procedió a verificar los títulos mineros que se superponen con la delimitación de la reserva temporal Santurbán propuesta por el MADS, a partir de la información cartográfica de contratos de concesión, suministrados por la Agencia Nacional de Minería- ANM y la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga- CDMB, como se observa en la figura a continuación.

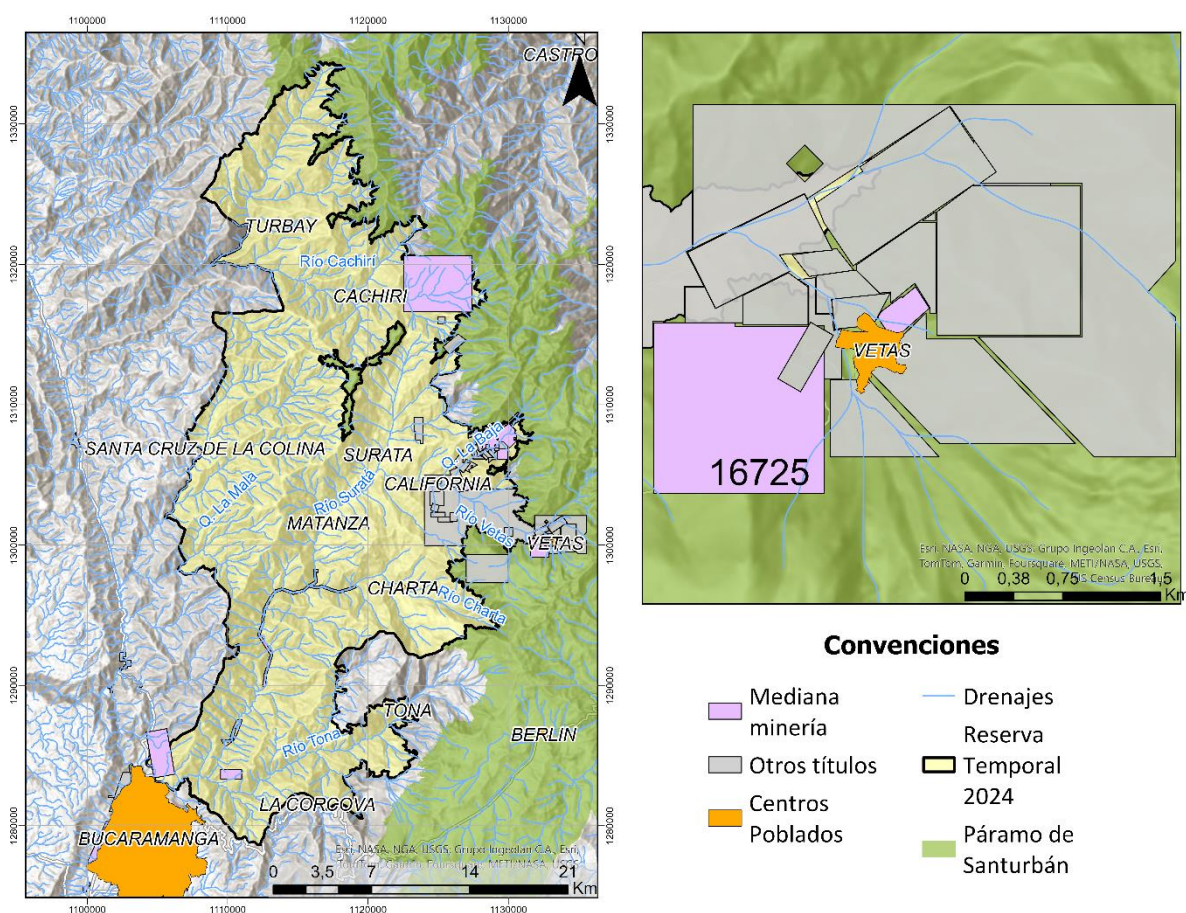


Figura 16. Cartografía de proyectos mineros a mediana escala.

Fuente: ANLA con base en la información de la Agencia Nacional de Minería- ANM y la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB).

Posteriormente, se seleccionaron los títulos mineros categorizados como minería a mediana escala y que iniciaron etapa de explotación para acceder a información del Plan de Trabajo y Obras, lo cual arrojó el título minero 16725, el cual se superpone con la

delimitación del páramo Santurbán – Berlín. No obstante, esta Autoridad Nacional no tuvo acceso a información relacionada con las características de su operación.

Ahora bien, si se toman los datos de reservas y producción de relaves de los informes técnicos de prefactibilidad para la minería de metales, en la cuenca de las quebradas La Baja y Angostura para una producción anual de 300,000 toneladas/año, se puede determinar de manera teórica lo consignado en la siguiente tabla:

Tabla 3. Características de un proyecto de minería subterránea de metálicos a mediana escala en el sector de Angostura.

Característica	Descripción
Reservas Probables (SRK Consulting, 2021).	28 Mton (se asume que para el límite máximo del rango que clasifica a la mediana escala, la ley de corte puede ser la misma que la minería a gran escala)
Producción anual (Tomado del límite máximo del rango de clasificación de minería a mediana escala según el Decreto 1666 de 2016 del MinMinas).	300,000 t/año
Vida útil del proyecto	28 Mt/300,000 t/año = 90 años
Reservas extraíbles en 10 a 14 años	300,000 * 10 = 3 Mton (10 años) 300,000 * 14 = 4.2 Mt (14 años)
Capacidad de planta de beneficio	800 t/día
Relaves proyectados	5 Mt (asumiendo la extracción de 4.1 Mt en 14 años y la relación relaves/útil de la minería a gran escala:)
Estimado de área requerida para depósito de relaves proyectados	20 Ha (Partiendo de la base de que para 40 Mt se podrían requerir hasta 200 Ha)

Fuente: Datos tomados de SRK Consulting (2021) y Decreto 1666 de 2016 del MinMinas

De lo anterior, de manera general se puede identificar que la minería subterránea de metálicos a mediana escala, de acuerdo con lo establecido en el Decreto 1666 de 2016 del Ministerio de Minas y Energía y Decreto 1076 de 2015 de MADS, corresponde en términos ambientales a la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional, que para el caso de las intervenciones que se puedan dar en la cuenca de la quebrada La Baja y Angostura estarían en competencia de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga- CDMB y no de la ANLA.

Con respecto a la vida útil del proyecto, tomando un depósito con 28 Mt de reservas probables y una producción de 300,000 t/año se tendría una etapa de operación de más de 90 años, lo cual seguramente no sería económicamente viable. Por lo anterior, se calculó cuánto de esas reservas se podrían extraer, bajo las condiciones de producción de minería a mediana escala determinados para este análisis, en una vida útil de 10 a 14 años que es la vida útil proyectada en los informes técnicos de prefactibilidad para la minería a gran escala de metales en la cuenca de las quebradas La Baja y Angostura.

En tal sentido, se estima entonces que para una vida útil de 14 años con una producción de 300,000 t/año se podrían extraer 4.2 Mt. Teniendo en cuenta que la capacidad de producción es menor y que en ese sentido la capacidad de la planta de beneficio no se espera que supere las 800 t/día, se proyecta que el esquema general del plan minero contemple una menor cantidad de niveles de extracción, entre 3 a 10, y en ese sentido

alcance profundidades más superficiales en comparación a la minería subterránea de metálicos a gran escala.

Asimismo, al tener menor cantidad de niveles de extracción se tendrá una menor cantidad de frentes de extracción por lo que el número de equipos como Jumbos, LHDs, perforadoras y equipos de pernado se reduciría. De igual manera debe decrecer la cantidad de producción de desecho de roca y relaves. Para este análisis se tuvo en cuenta que de acuerdo con los informes técnicos de prefactibilidad para la minería a gran escala de metales en la cuenca de las quebradas La Baja y Angostura, se estima que la extracción de aproximadamente 30 Mt podría generar entre 20 a 30 Mt de relaves. Teniendo en cuenta esa relación útil/desecho para el yacimiento del sector de Angostura, se estima que para la producción de 4 Mt se podrían generar 5 Mt de relaves, lo cual podría requerir 20 Ha. Lo anterior significa que la minería subterránea de metales a mediana escala podría requerir 10 veces menos área para disponer los relaves en comparación con la minería a gran escala.

Ahora bien, teniendo en cuenta que, a menor capacidad de producción, se requiere optimizar el acceso a las áreas con mayor mineralización es probable que para la extracción a mediana escala predomine el método de explotación por corte y relleno que es más selectivo. Si bien, requiere retrolleado, el volumen de material necesario para las cámaras es menor en comparación al método de explotación por cámaras abiertas.

2.3 MINERÍA A PEQUEÑA ESCALA

La información relacionada con las características de la minería a pequeña escala en el distrito minero Vetás – California, fue tomada de los Planes de Trabajo y Obras – PTO de los títulos mineros activos La Elsy, Providencia y Trompetero, los cuales se superponen con la delimitación de la reserva temporal de Santurbán propuesta por el MADS, como se observa en la figura a continuación.

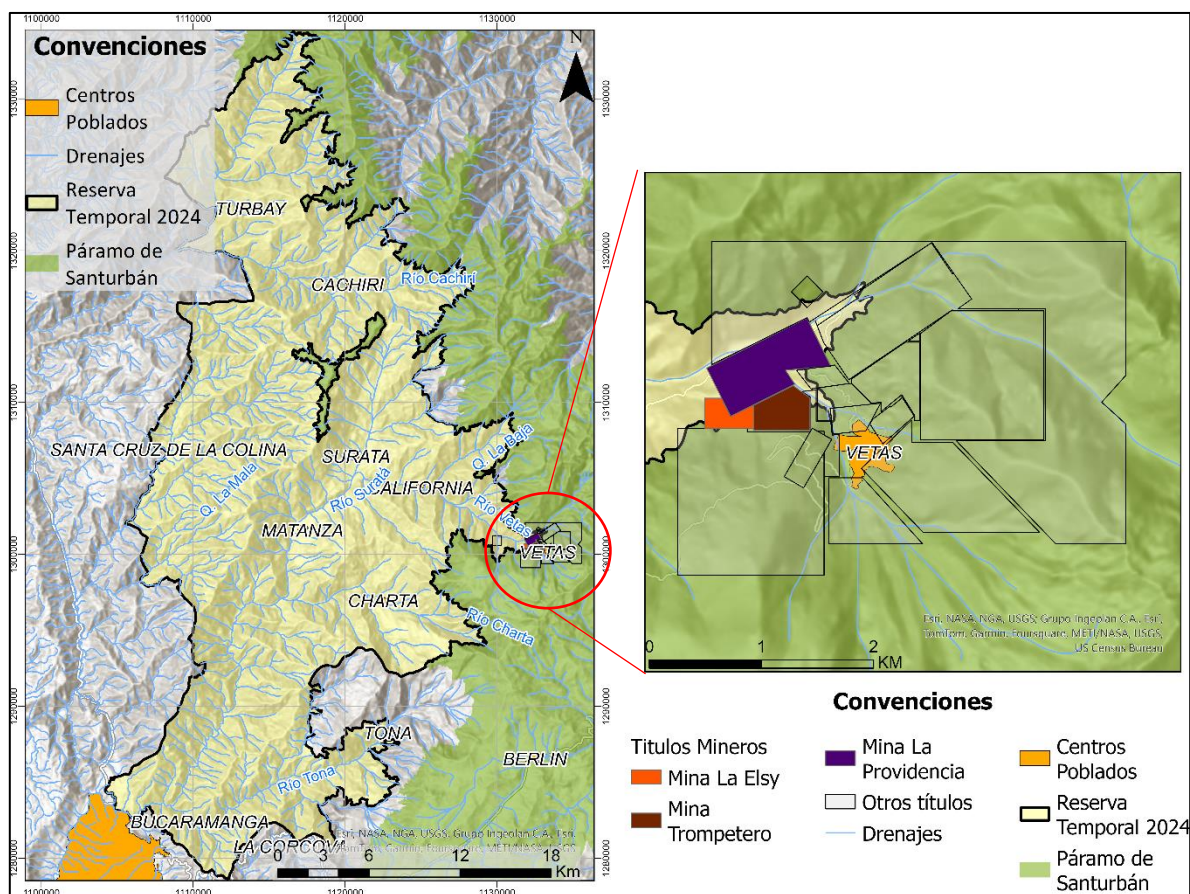


Figura 17. Cartografía de proyectos mineros a pequeña escala.

Fuente: Datos tomados de la Agencia Nacional de Minería- ANM.

Asimismo, se tomaron como insumo los datos obtenidos en visita técnica realizada por el Servicio Geológico Colombiano -SGC, consignados en el reporte de Londoño *et al.*, 2022. La información recopilada se relaciona a continuación:

Tabla 4. Características proyectos de minería subterránea de metálicos a pequeña escala en el distrito minero Vetás - California

Mina	Características	Descripción	Fuente
La Providencia (Desembocadura de la quebrada el Salado en el río Vetás).	Producción anual	Aprox. 8,500 toneladas - 10,000 gramos de Au Equivalente	Auto ANM 0213 del 18 de abril de 2017
	Diseño de voladura	Uso de: - INDUGEL PLUS 26X250 (138 cajas/año) - ANFO (207 sacos/año) - Mecha de seguridad (92 bobinas/año) - Detonadores (218 cajas/año)	
	Ecosistema	Superposición parcial con páramo Berlín – Santurbán	

	Huella de intervención del proyecto	45 Ha y 3,100 m ²	
	Método de explotación	Ensanche de tambores 10 x 10 m y conformación de cámaras vacías de 15 m en el rumbo x 26 metros en el buzamiento	
	Vida útil	17 años	
	Reservas Teóricas	8,500 t/año x 17 años (vida útil) = 144,000 toneladas Cantidad de plata: 119 gr/ton Cantidad de oro: 3,88 gr/ton	
	Niveles de desarrollo subterráneo	2 niveles	Londoño <i>et al.</i> , 2022
	Cota	2,980 m s.n.m	
Sociedad La Elsy LTDA	Producción anual	8,760 t/año. Aprox. 18,000 t/año (producción de La Elsy + Trompetero) 6,000 g/año Au	Auto ANM 1088 del 27 de noviembre de 2015.
	Diseño de voladura	Una quema por turno	
	Ecosistema	Se superpone con Páramo Santurbán- Berlín	
	Huella de intervención del proyecto	Aprox. 8 Ha y 9,249 m ²	
	Método de explotación	Ensanche de tambores y/o diagonales en el rumbo. Se avanzan tambores cada 10 m Avance total: 4,200 m	
	Vida útil	37.54	
	Reservas	125,000 toneladas Tenores Au: 5 – 10 g/ton	
	Mano de obra	20 personas directas	Concepto Técnico INGEOMINAS GTRB-391 del 26 de noviembre de 2010
	Niveles de desarrollo subterráneo	3 niveles	Londoño <i>et al.</i> , 2022
	Cota	3,050 m s.n.m	
Sociedad minera Trompetero	Producción anual	8,760 t/año. Aprox. 18,000 t/año (producción de La Elsy + Trompetero) 7,000 g/año de Au	Concepto Técnico INGEOMINAS GTRB-391 del 26 de noviembre de 2010
	Diseño de voladura	Voladura con barrenos (8 a 12) con profundidades que oscilan entre los 1,0 y 1,20 m Explosivos:	

		INDUGEL ANFO	
	Ecosistema	Páramo Santurbán - Berlín	
	Huella de intervención del proyecto	8 Ha	
	Método de explotación	Ensanche de tambores y/o diagonales en el rumbo Avance total de guías: 1,384 m Avance total de diagonales y tambores: 5,140 m	
	Reservas	218,000 ton	
	Mano de obra	Tenores Au: 5-10 g/ton 25 personas directas	
	Niveles de desarrollo subterráneo	2 niveles	Londoño <i>et al.</i> , 2022

Fuente: ANLA con base en la información contenida en los PTO de la Agencia Nacional de Minería-ANM y el Servicio Geológico Colombiano (SGC).

Tabla 5. Elementos utilizados en los proyectos activos de minería a pequeña escala, que se superponen con la delimitación de reserva temporal propuesta por el MADS.

Actividad	Equipo o Material	Descripción
Desarrollo de la mina	Martillos perforadores neumáticos	
	Madera	No utilizan pernado, las minas están fundamentalmente autosportadas con algunos elementos en madera para reforzar sectores donde consideran que el macizo rocoso está muy fracturado.
Ventilación	Ventiladores eléctricos	Principalmente la ventilación es natural por depresión. Los ventiladores eléctricos se utilizan en tambores o diagonales. Consisten en soplantes de tipo axial con motor de 5 Kw. Caudal total de aire requerido: 16 m³/s
Iluminación	Lámparas de batería alcalina	
Transporte	Vagonetas	Capacidad de 0.70 toneladas, posteriormente el material se baja por gravedad en canales de madera hasta el patio de acopio donde se ubica la planta de beneficio
Desagüe	Redes de drenaje	Se plantea tratamiento a partir de conducir las aguas por una tubería a unas tinas de sedimentación la cual es utilizada en el proceso de beneficio. La mina La Elsy reporta un Ph de 6.0 para esas aguas. Se plantea construir un tanque de neutralización con CaO.
Instalaciones Soporte	Campamento, cuarto de compresores, polvorín, tinas de cianuración, tanques de agitación, carrilera para vagones.	

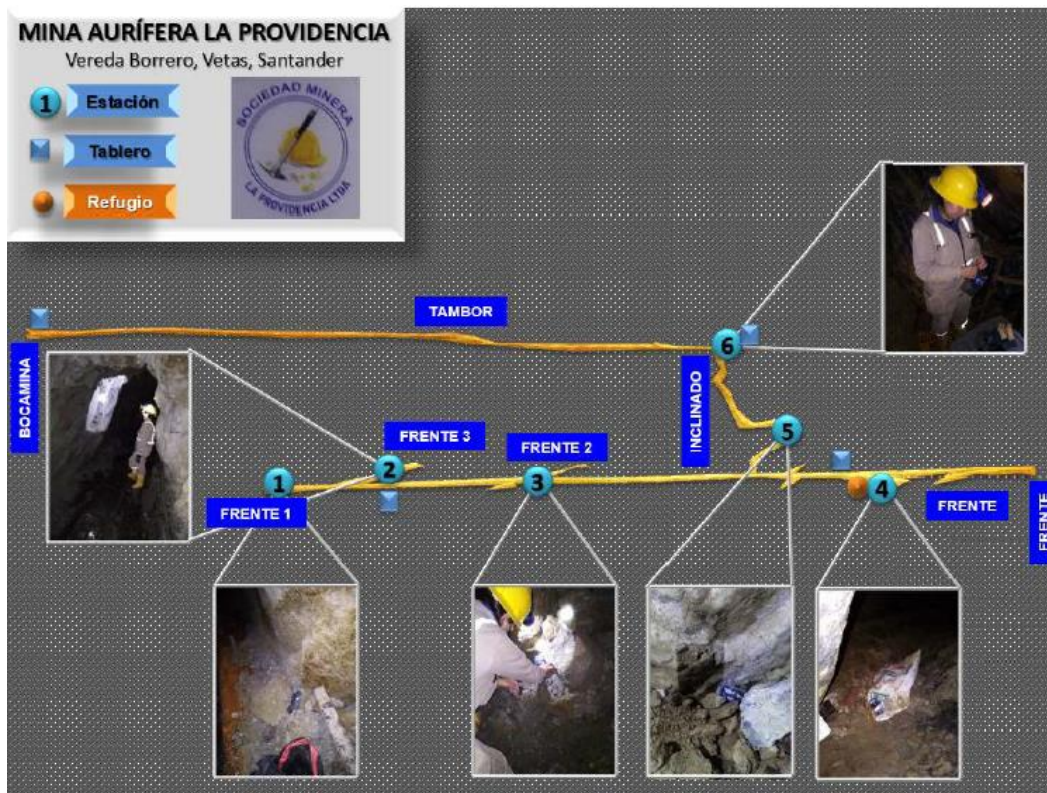
Consumo de energía	Planta generadora de energía	
Beneficio y transformación	Trituradora de mandíbulas, molino de bolas, molinos de californianos, molino remolador, mesas concentradoras	
	Planta de beneficio	Trituración, molienda, concentración por gravedad en mesas concentradoras, cianuración en tanques de agitación/percolación, precipitación en las cajas de zinc, quema de concentrados, purificación. Capacidad: de 10 a 20 toneladas día.

Fuente: ANLA con base en la información contenida en los PTO de la Agencia Nacional de Minería- ANM y el Servicio Geológico Colombiano (SGC).

A partir de la información obtenida de la licencia minera y PTOs de los proyectos mineros a pequeña escala activos en el distrito minero Vetás – California, y que se superponen con la delimitación del área de reserva temporal propuesta por el MADS, se identificó que se trata de proyectos con niveles de producción que no superan las 9,000 toneladas al año, en una huella de intervención total que varía entre 8 a 45 Ha, es decir aproximadamente 25 veces menos de lo que requiere solo el área para depósito de relaves de un proyectos mineros a gran escala.

El método de extracción empleado es ensanche de tambores y/o diagonales en el rumbo. Se avanzan tambores cada 10 m, los cuales por lo general no superan los tres niveles de extracción por lo que su capacidad para llegar a zonas profundas es reducida en comparación con la minería a mediana y gran escala. Cabe resaltar que la minería subterránea a pequeña escala en el distrito minero de Vetás – California suele desarrollarse hasta máximo los 60 metros de profundidad, principalmente se limita a los primeros 30 metros desde la superficie en donde se encuentra el nivel de oxidación del yacimiento (Golder Associates, 2012).

La explotación de la mina la Elsy se desarrolla en tres niveles, mientras que la mina Trompetero y Providencia en dos niveles (Londoño *et al.*, 2022). En las figuras a continuación se identifica que el acceso a la mina La Providencia se realiza por una bocamina que conduce por un tambor a un inclinado que conecta con el segundo nivel, donde se encuentran cuatro frentes de explotación.



Fuente: Londoño *et al.*, 2022

Si bien la minería subterránea de metales a pequeña escala, en el distrito minero de Vetas-California, es desarrollada con explosivos y martillo neumático, se pueden lograr cruzadas que oscilan entre los 100 metros y 3,000 metros de longitud, en donde se instalan rieles que permite el movimiento de los vagones que sacan el material de los frentes de explotación a superficie. En la figura a continuación se evidencia la bocamina de acceso a la mina Providencia, con sostenimiento natural y en madera, en la que se observa el vagón de transporte de material y los rieles que se extienden al interior de la cruzada,



Figura 19. Mina Providencia.

Fuente: Londoño *et al.*, 2022

De acuerdo con el Decreto 1666 de 2016 del Ministerio de Minas y Energía, para ser categorizado como mina subterránea de metálicos a pequeña escala puede extraer hasta 15,000 ton/año, es decir que este tipo de proyectos, en términos ambientales, siempre serán competencia de la Corporación Autónoma Regional en concordancia con lo definido en el Decreto 1076 de 2015.

La vida útil de los proyectos analizados para minería a pequeña escala se encuentra entre los 17 y 38 años. No obstante, cabe resaltar que de acuerdo con los Autos de la ANM relacionados con los PTOs de las minas La Elsy, Trompetero y Providencia, así como en las licencias mineras, se evidencia que la producción anual de la pequeña minería puede ser muy variable lo cual por lo general tiende a ampliar la vida útil de los proyectos.

De otra parte, se evidenció que las minas La Providencia, La Elsy y Trompetero cuentan con un sistema de beneficio que incluye un proceso que involucra cianuro, lo cual genera arenas cianuradas y relaves acuosos, al parecer estas minas no utilizan mercurio. La planta de beneficio de manera general funciona a partir de una trituradora de mandíbulas y un sistema de molienda realizado por un molino de bolas. Posteriormente, el material se conduce a la etapa de concentración equipada por un “JIG” y dos mesas concentradoras tipo “Wifley” y un canalón para ser remolido en 2 molinos de bolas adicionales, antes de pasar a los tanques de cianuración y precipitación para obtener el concentrado, como se observa en la figura a continuación.

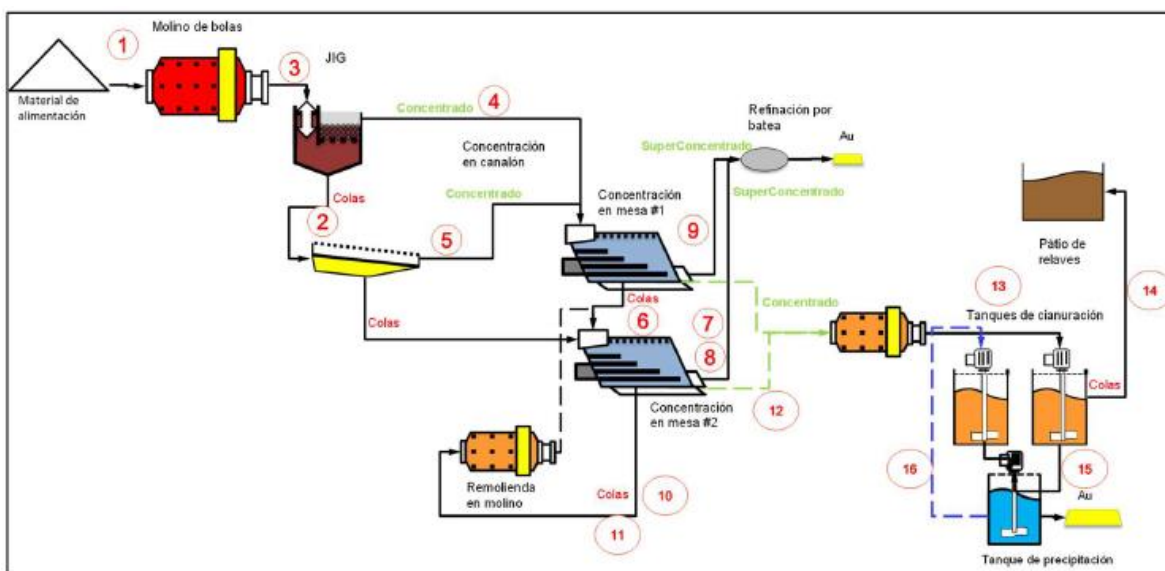


Figura 20. Diagrama de flujo de la planta de beneficio de la mina Trompetero.

Fuente: Londoño *et al.*, 2022

Cabe resaltar que la planta de beneficio de la mina Trompetero, puede tener una capacidad de 10 a 20 ton/día (Londoño *et al.*, 2022), esto indica un 0.30% de la capacidad de una planta de beneficio de los proyectos mineros a gran escala objeto de análisis para el presente documento técnico.

En concordancia con lo anterior se evidencia que la minería a pequeña escala genera relaves de los cuales se desconoce su volumen de producción y área requerida para su

disposición. Se podría inferir de manera teórica, que si la planta de beneficio de una mina a pequeña escala tiene una capacidad del 0.30% de una planta de beneficio a gran escala, entonces los relaves a producir podrían estar en esa magnitud. Es decir, las minas La Elsy, Trompetero y Providencia podrían producir, cada una, 90,000 toneladas de relaves a lo largo de la vida útil del proyecto.

Ahora bien, asumiendo a partir de los cálculos realizados para las características de minería a mediana escala, que para 5 Mt de relaves se estima un área de 20 Ha para su disposición, se podría entonces indicar de manera teórica y aproximada que para contener 90,000 toneladas de relaves se requiere cerca de 1 Ha.

Las características de los relaves generados son acuosos, no filtrados en comparación con la minería a gran escala, como se observa en las figuras a continuación, por lo que no son aptos para ser utilizados en labores de retrolleado de la mina en su etapa operativa y de cierre.



Figura 21. Relave acuoso proveniente de la planta de beneficio de la mina Monsalve del sector de Suratá.

Fuente: Londoño *et al.*, 2022



Figura 22. Relaves provenientes de la planta de beneficio de La Oquenda del sector de Suratá.

Fuente: Londoño *et al.*, 2022

3 IMPACTOS AMBIENTALES DE MINERÍA A GRAN, MEDIANA Y PEQUEÑA ESCALA

Una vez identificadas las características que podrían tener los proyectos mineros de extracción subterránea de metales en el distrito minero de Vetas - California, se procedió a analizar los impactos ambientales relacionados con la infraestructura, obras y actividades con énfasis en la escala minera.

Para determinar los impactos ambientales se empleó la herramienta de jerarquización de impactos de la ANLA, la cual tiene como objetivo la parametrización de información entregada por los usuarios durante el proceso de licenciamiento ambiental, específicamente frente a la identificación de categorías de impactos. La jerarquización y estandarización de impactos permite, desde una perspectiva regional, observar la ocurrencia de impactos que han sido identificados en los proyectos licenciados por la ANLA. Esta información permite aproximarse a la acumulación de impactos, medido en frecuencias, sobre una región y/o cuenca hídrica y se encuentra resumida en un tablero de control abierto al público.

La revisión y sistematización de los impactos significativos reportados por los proyectos seleccionados en la muestra estadística, en diferentes documentos técnicos y actos administrativos, permite a la ANLA desde el área de regionalización, generar reportes de alertas sobre el estado, presión sobre el uso y aprovechamiento de recursos naturales, ecosistemas y sensibilidad ambiental, para la toma de decisiones de la Entidad.

En ese sentido, la estandarización y jerarquización de impactos ambientales permite orientar a los diferentes usuarios externos e internos de la ANLA, frente a la definición de los impactos significativos mínimos a ser considerados de acuerdo con el sector, subsector, medio, componente y georreferenciación de cada impacto, estableciendo como unidad espacial significativa el Área Hidrográfica (AH) en que se desarrolle el proyecto.

Si bien, como se ha mencionado, la ANLA no cuenta con proyectos mineros licenciados en el área de reserva propuesta por el MADS, se verificó en el tablero de control la jerarquización de impactos total para el sector minería, como se observa en la imagen a continuación.

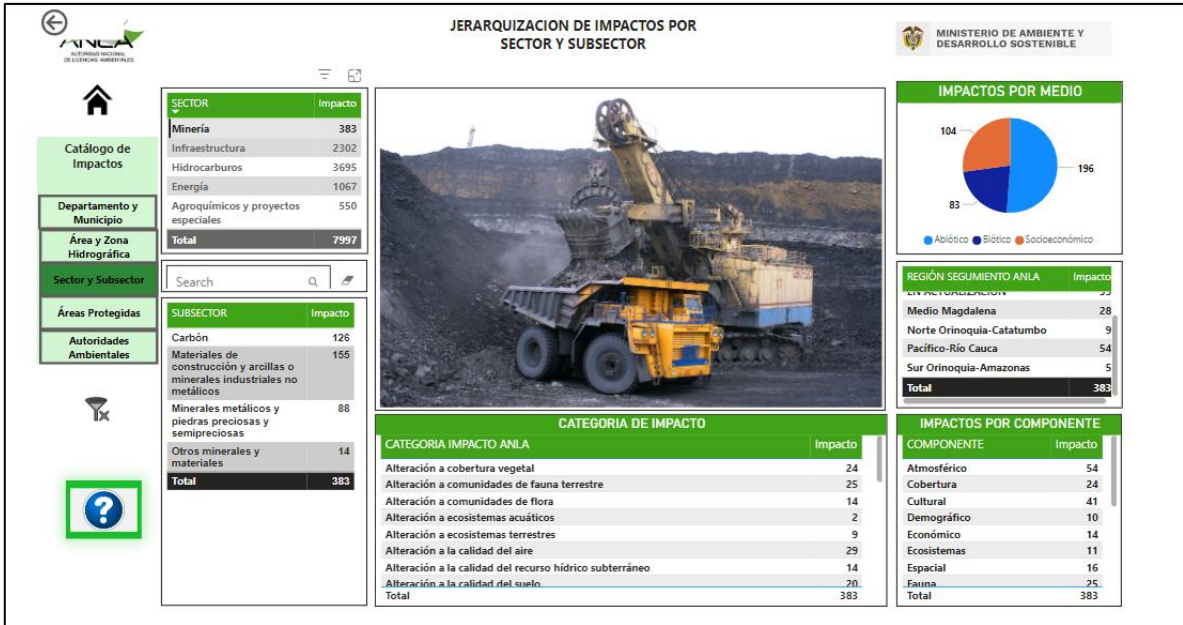


Figura 23. Impactos ambientales jerarquizados para los proyectos mineros que cuentan con instrumento ambiental en competencia de la ANLA.
Fuente: Tablero de control jerarquización de impactos, ANLA.

De los impactos ambientales arrojados por el tablero de control se seleccionaron aquellos que tienen mayor relación con el énfasis solicitado por el MADS para el análisis técnico objeto del presente documento. Lo anterior incluye el enfoque a los medios físico, biótico y socioeconómico desde una perspectiva relacionada con la presión al recurso hídrico superficial y subterráneo teniendo en cuenta infraestructura como túneles y depósitos de relaves en superficie.

En concordancia, a continuación, se presenta el análisis de los impactos ambientales potenciales, acotados para el alcance del presente documento técnico, por medio, componente y abordando las características relacionadas con las categorías de desarrollo minero.

3.1 MEDIO FÍSICO

3.1.1 Componente atmosférico

Respecto a este componente, esta Autoridad Nacional no cuenta con información de calidad del aire o ruido ambiental que presente el estado actual del área de interés. Por lo cual el siguiente análisis se realiza a partir de los equipos que se utilizan y las obras o actividades que se realizan en proyectos de minería subterránea.

3.1.1.1 *Alteración a la calidad del aire*

Proyectos de gran y mediana minería.

Con base en la información de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales sobre proyectos de minería a gran escala, se ha identificado que, en el componente atmosférico, los impactos a la alteración de la calidad del aire son originados principalmente por la combustión de combustibles fósiles, resuspensión de material particulado y manejo de material asociado a obras o actividades propias del proyecto. Estas fuentes de emisión se presentan tanto en la mediana como gran minería con la única diferencia de que la magnitud y frecuencia de las actividades y obras dependen del volumen de explotación que caracteriza cada categoría.

Respecto a la combustión, esta actividad está fuertemente relacionada con el uso de maquinaria especializada para la manipulación, perforación y transporte del material de interés y relaves. El conjunto de equipos usados para la minería subterránea se puede conformar por: tuneladora TBM, perforadoras jumbo de doble brazo, cargadoras subterráneas, camiones, pernado de la TBM y de la jumbo, trituradoras portables subterráneas, trituradoras permanentes subterráneas, banda transportadora subterránea, vehículos de carga de material y vehículos de transporte de personal. Estos equipos funcionan a combustible Diesel y por lo general por largos periodos de trabajo, lo que resulta en emisiones importantes de contaminantes criterio como: Óxidos de nitrógeno, material particulado (PM10 y PM2,5), monóxido de carbono, dióxido de azufre y derivados de hidrocarburos. La carga contaminante generada de manera subterránea se emite a través de los ductos de ventilación que se emplean para evacuar el aire en los frentes de desarrollo y producción.

Para las emisiones de material resuspendido, las variables que determinan la carga contaminante principalmente es el transporte de vehículos pesados por vías no pavimentadas, transporte de material sin cobertura o a altas velocidades, el acopio de material sin ningún tipo de cobertura y la manipulación del material (cargue y descargue) durante el proceso operativo. Para el área de reserva temporal se identificaron principalmente vías no pavimentadas que comunican los proyectos con los cascos urbanos, por ejemplo, para el municipio de California se estimaron 7,5 kilómetros de vías sin pavimentar desde el proyecto hasta el casco urbano. De igual manera, para el municipio de Vetás se cuantificaron 1,5 kilómetros de vías entre proyectos hasta el casco urbano, sugiriendo una cercanía entre fuentes de emisión y receptores.

Por último, las emisiones asociadas a las obras o actividades de la minería subterránea dependen de la cantidad de material que se pretenda extraer, repercutiendo en las áreas para desmonte, explanación y excavación necesarias para el desarrollo del proyecto.

Entendiendo que son áreas que deben ser adecuadas para la infraestructura del proyecto como oficinas, centros de acopio, adecuación o construcción de vías y obras temporales, entre otras. Ahora bien, durante la operación de este tipo de proyectos, se identifican actividades relacionadas al procesamiento de material mediante trituración y molienda, que resulta en emisiones de material particulado grueso en inmediaciones del proceso. Para el área de la reserva temporal no se cuentan con proyectos mineros que excedan las 300.000 ton/año, clasificándose como mediana minería

En conclusión, el contaminante criterio con más fuentes de emisión en los proyectos de explotación minera es el material particulado, sin embargo, todos los contaminantes criterio deben cumplir con los niveles de inmisión indicados en la resolución 2254 de 2017 (MADS), con el fin de garantizar un impacto mínimo a los receptores sensibles presentes en los municipios de Vetás, California, Cachirí y Surata. Resaltando la condición crítica del municipio de Vetás, el cual presenta un proyecto de mediana minería (16725) a menos de 100 metros del casco urbano.

Proyectos Pequeña Minería.

Debido a que la explotación de la minería subterránea a menor escala surte el mismo proceso que la minería a escalas mayores, las fuentes de emisiones son muy similares entendiendo que las principales emisiones de contaminantes atmosféricos se originan en los procesos de combustión y el transporte de material y personal.

Cabe resaltar que, de acuerdo con Calderón-Martínez (2020), la minería a pequeña escala de oro en el sector de Vetás- California desde la década de los 80s utiliza la planta de beneficio de la Zona Minera de Bucaramanga, pero principalmente el mineral es enviado a Medellín para su proceso de beneficio, por lo que las emisiones contaminantes por el beneficio del mineral no se liberan en el área del proyecto, disminuyendo el impacto a los municipios aledaños a los proyectos como Vetás, California, Surata y Cachirí.

Ahora bien, para actividades como obras temporales, construcción de oficinas, descapote, explanación o construcción y adecuación de vías, la minería a pequeña escala presenta un menor número de dichas intervenciones, dado la baja complejidad para su desarrollo y que el área del proyecto será menor en línea con el volumen de material a explotar, el cual no debe superar las 15,000 ton/año (útil + desecho de roca).

Por otro lado, la minería a pequeña escala podría presentar una condición de impactos acumulativos, teniendo en cuenta el número de proyectos y la cercanía de los mismos. Para el caso de la calidad del aire se suman las emisiones de los proyectos cercanos generando un posible aumento en los contaminantes criterio liberados a la atmósfera, lo que puede repercutir en la comunidad de Vetás, teniendo en cuenta que los proyectos que se encuentran actualmente con un instrumento de manejo ambiental se ubican en torno a este municipio.

Ahora bien, para el municipio de California es posible que se presente un impacto acumulativo por futuros proyectos de pequeña minería, ya que actualmente se presentan 26 proyectos, los cuales se ubican dentro del área de reserva temporal y en dado caso, se podría generar un deterioro al medio por el incremento de estos.

3.1.1.2 Alteración en los niveles de presión sonora en la atmósfera

Proyectos de gran y mediana minería.

Con respecto al ruido ambiental, los proyectos de minería a mediana y gran escala presentan impactos significativos en los niveles de presión sonora en la atmósfera. Estos impactos son causados principalmente por el uso de maquinaria pesada, explosiones controladas, construcción de infraestructura y el transporte de materiales.

El uso de maquinaria pesada es crucial para la manipulación, perforación y transporte de materiales y relaves en las operaciones mineras subterráneas. Como se mencionó previamente, los equipos utilizados incluyen perforadoras, cargadores subterráneos, camiones bajos, cargadores de explosivos, camiones grúa, generadores eléctricos, vehículos de carga y vehículos de transporte de personal, los cuales operan durante largos periodos y cubriendo grandes extensiones de terreno, generando altos niveles de ruido que, en espacios confinados como las minas subterráneas, se amplifican alcanzando altos niveles de presión sonora.

Las perforaciones y voladuras controladas, necesarias para fragmentar el material rocoso, son una fuente significativa de ruido. Las ondas sonoras de alta intensidad generadas por las detonaciones pueden propagarse a través de la roca y alcanzar la superficie, perturbando el entorno y afectando a la fauna y a los municipios de California y Vetás, toda vez que la mayoría de los títulos otorgados para pequeña minería se ubican alrededor del casco urbano de Vetás.

El transporte de material dentro de la mina y en la superficie también contribuye de manera importante al aumento de los niveles de presión sonora. El tránsito constante de vehículos pesados por caminos no pavimentados, la manipulación de material sin amortiguación adecuada y las altas velocidades de los vehículos incrementan el ruido ambiental. Además, las operaciones de carga y descarga de materiales, así como el uso de equipos de procesamiento como trituradoras y molinos, generan ruido adicional.

Las actividades de construcción relacionadas con la infraestructura de los proyectos mineros, como la edificación de oficinas, centros de acopio, vías y obras temporales, también aumentan los niveles de presión sonora.

Proyectos Pequeña Minería.

La minería subterránea a pequeña escala, aunque de menor envergadura que la minería a gran escala, aún tiene un impacto significativo en los niveles de presión sonora debido a la tecnología y equipos utilizados en sus operaciones. Esta modalidad de minería puede estar ubicada cerca de centros poblados, como el caso de los municipios de Vetás, California, Surata y Cachiri y áreas de interés ecosistémico, lo que aumenta la relevancia de sus impactos acústicos.

Las principales fuentes de ruido en la minería subterránea a pequeña escala incluyen la perforación, el uso de herramientas neumáticas, la trituración de materiales, el movimiento de tierra y los explosivos para voladuras. Estas actividades generan niveles de ruido elevados y constantes que pueden propagarse desde los túneles o desde la superficie a los receptores sensibles.

Aunque cada operación de minería a pequeña escala puede generar niveles de ruido manejables individualmente, los impactos acumulativos pueden ser significativos cuando hay múltiples proyectos en proximidad. La combinación de ruido de varias fuentes puede

resultar en un aumento considerable de los niveles de presión sonora y posiblemente en una excedencia a los límites máximos normativos, con posibles afectaciones en los municipios de California y Vetas, toda vez que la mayoría de los títulos otorgados para pequeña minería se ubican alrededor del casco urbano de Vetas.

3.1.2 Componente geológico

3.1.2.1 *Cambio en las características de estabilidad geoquímica con el medio natural*

El área propuesta de Reserva Temporal abarca diversas litologías enmarcadas al este de la Falla de Bucaramanga-Santa Marta en una zona estructuralmente compleja dentro de la cual se dispone el distrito minero Vetas-California localizado en el cinturón metalogénico Pórfido-Epitermal de Au, Ag y Cu del Mioceno (Gómez *et al.*, 2023), que abarca el este del área extendiéndose sobre los municipios de Vetas, California, Suratá, Cachirí y Charta. Geológicamente está definido por un basamento metamórfico, el Neis de Bucaramanga como roca encajante, que consiste en paraneises y ortoneises relacionados con migmatización y relaciones estructurales complejas. Posteriormente, asociado a los procesos de subducción, se presentaron eventos magmáticos intrusivos diferenciados desde rocas intermedias en el Paleozoico, Triásico Tardío y Jurásico Temprano hasta rocas ácidas hipoabisales en el Mioceno (López *et al.*, 2006). Finalmente, asociados a procesos hidrotermales complejos posteriores al Mioceno, se desarrolló la mineralización de oro y plata, estructuralmente controlada por el intenso fallamiento del área, correspondiente a la parte más profunda de un sistema epitermal de alta sulfuración, que se dispone en general con mayor o menor intensidad y ocurrencia.

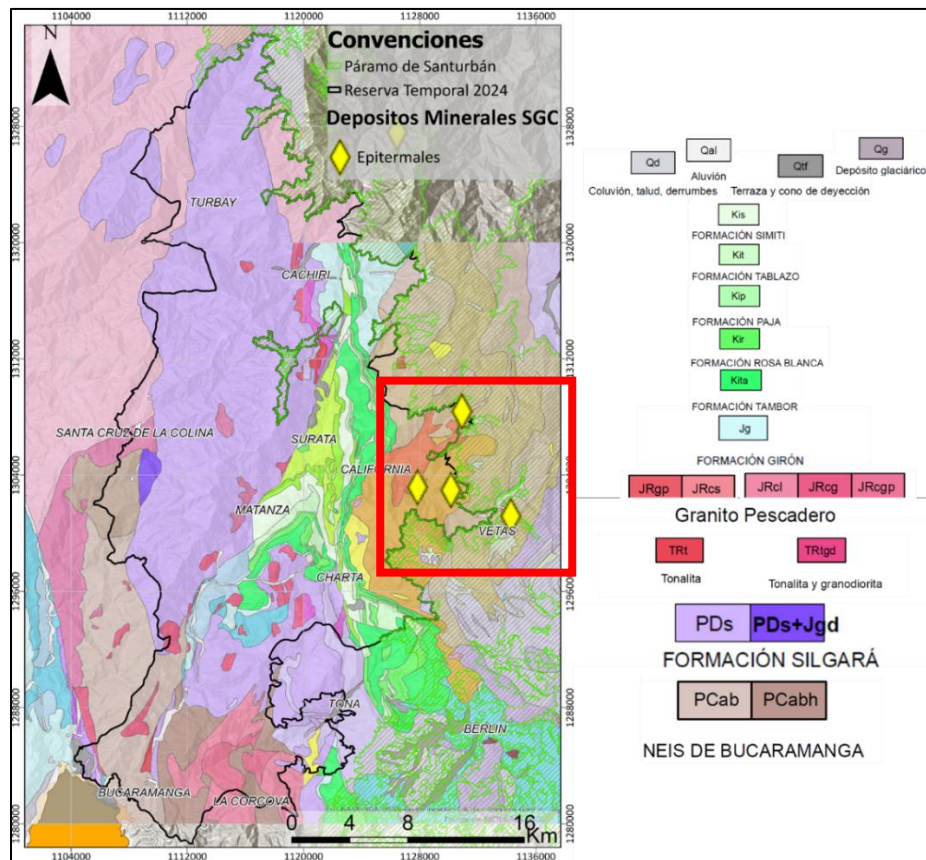


Figura 24. Geología del área de reserva temporal con depósitos minerales identificados.

Fuente: ANLA. Unificado de las unidades geológicas escala 1:100.000 de las planchas 109, 110 y 97 del SGC.

Específicamente para el área de análisis en California, las principales fallas como La Baja, Angosturas, La Perezosa y Páez tienen dirección NE y buzamiento 50-90° N, mientras que las fallas secundarias o complementarias tienden en dirección NNW y EW-NWW. Los conjugados estructurales que forman el sistema de fallas, controlan fuertemente tanto la disposición de mineralización en un patrón geométrico sistemático, en donde las estructuras de fallamiento, cizallamiento y desplazamiento de dilatación pueden ser trazadas por algunos centenares de metros hasta más de un kilómetro horizontalmente y entre 100-300 metros verticalmente; como la intensidad y alcance de la alteración hidrotermal característica de este tipo de depósito epitermal. No obstante, Rodríguez-Madrid, A. (2014) menciona que, a pesar del intenso fallamiento registrado en superficie, como se ve en la siguiente figura, no hay un desplazamiento significativo entre las formaciones rocosas, garantizando cierta estabilidad del macizo rocoso.

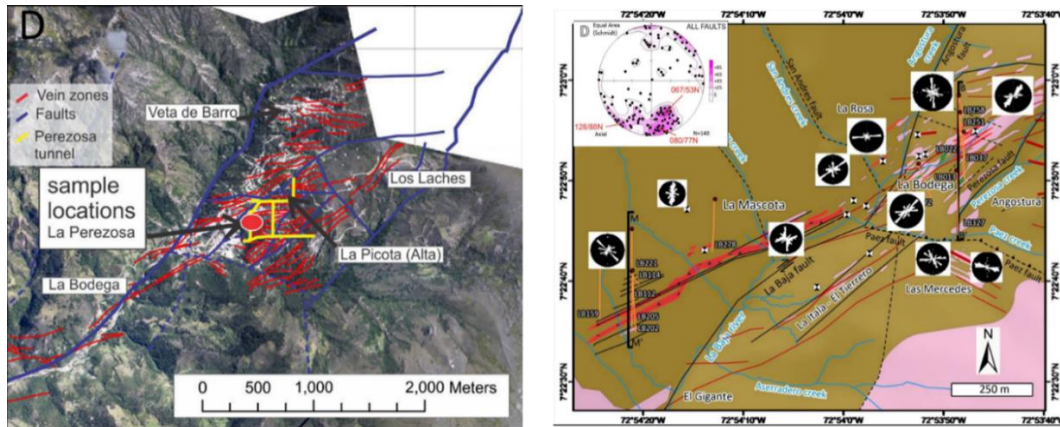


Figura 25. Geología estructural del área Angostura-La Baja.

Fuente: Rodríguez-Madrid, A. (2014).

La mineralización del cinturón metalógeno está caracterizada por la asociación de oro, plata, cobre, arsénico, bismuto, molibdeno y telurio. El oro está contenido en estructuras anastomosadas (*stockworks*) y zonas tabulares de brechas, además de algunos enclaves de alta ley preferencialmente depositados en áreas de unión de más de una estructura o en sectores con cambios de dirección de las estructuras (López *et al.*, 2006). La asociación de mineralización característica objetivo corresponde a sulfuros y sulfosales como pirita, calcopirita, tenantita-tetraedrita, esfalerita, calcosina, wolframita, enargita, con presencia puntual de oro y plata nativa, electrum, telururos de oro, sulfuros de antimonio, arsénico y plata, entre otros sulfuros de cobre (Rodríguez-Madrid, A., 2014).

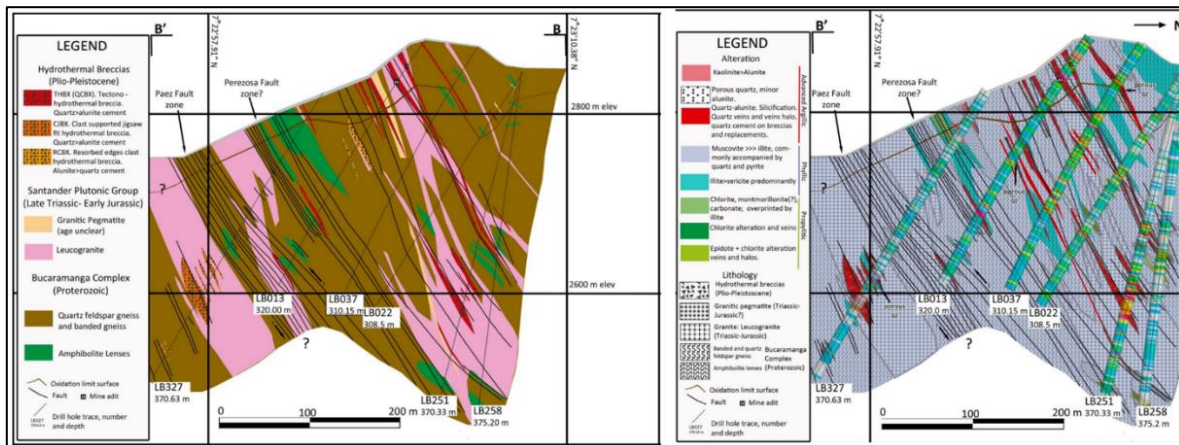


Figura 26. Modelo parcial de relación a profundidad entre geología-alteración hidrotermal-mineralización-estructuras en el área Angostura-La Baja.

Fuente: Rodríguez-Madrid, A. (2014).

Adicionalmente, la formación de depósitos epitermales está ligado con interacción de fluidos hidrotermales que generaron una alteración natural en la química de la roca caja. Para el distrito minero de Vetas-California, el hidrotermalismo fue tan intenso que permitió reactivación de fallas y la afectación natural por alteración supérgena en superficies, que permiten la división del macizo rocoso en zonas de oxidación, transición y de sulfuración, incidentes en las propiedades reológicas y químicas de los materiales (Golder, 2012; Rodríguez-Madrid, A., 2014); los modelos en profundidad representan las complejas relaciones litológicas, hidrotermales, estructurales y mineralógicas que se presentan en el área Angostura-La Baja, como zona muestral del cinturón metalógeno Pórfido-Epitermal

de Au, Ag y Cu del Mioceno ubicado a lo largo del área de reserva y que es el objetivo de actividades minera a cualquier escala.

Analizando en conjunto la geología del depósito epitermal presentado como un escenario que se puede extrapolar a las demás ocurrencias minerales que se presentan en el área, de reserva temporal y las características de los proyectos a mediana y gran escala propuestos en el área, se considera que los túneles realizados o proyectados en la actividad minera subterránea tienden a presentar una compleja litología con una gran cantidad de contactos difusos entre la roca caja hospedante, y los diferentes eventos magmático-hidrotermales, que resulta en zonas con variación química muy alta y deriva en diferentes potencialidades de inestabilidad geoquímica, al permitir la exposición a nuevas condiciones ambientales para los minerales formadores de roca y la mineralización.

El desarrollo proyectado de la infraestructura subterránea en gran y mediana minería puede alcanzar hasta 800m de profundidad en túneles, llegando a niveles donde los minerales estables en esas condiciones (zona de sulfuración), van a experimentar unas alteraciones de cambios fisicoquímicos (presión-temperatura más bajas) y ambientales como cambios de estado de oxidación-reducción y exposición a medios acuosos, ocasionando por ejemplo, cambios en los minerales sulfuros, que al entrar en contacto con oxígeno en agua o atmósfera, da lugar a la formación de ácido sulfúrico, el cual, disuelve otros minerales metálicos y libera iones de elementos metálicos, algunos elementos potencialmente peligrosos y sulfatos en el agua, lo que reduce su pH y conlleva a la generación de drenaje ácido de mina (Akcil y Koldas, 2016).

Igualmente, las aguas de mina que se proyectan dentro de los complejos túneles propuestos en gran y mediana minería, series de 21 o 13 niveles de túneles horizontales interconectados en SotoNorte o EcoOro, respectivamente, requieren de intervención antrópica de manera que se garantice la captación de aguas subterráneas, con el fin de permitir el flujo a través de ~21.000 metros de galerías propuestos a diferentes profundidades; longitud por donde se está generando una variación del estado pH-eH de los sistemas geológicos y es afectado por el potencial de generación de drenaje ácido de mina, reconocido en la mayoría de los estudios realizados en el área previamente (Golder, 2012; Aris Gold Corp., 2021). Para esto, las empresas proyectaron acciones como impermeabilización de fracturas para inhibir flujos subterráneos y captación continua de aguas subterráneas de manera que reduzca la interconexión entre porosidad secundaria y la liberación de iones de elementos metálicos y iones acidificantes, con su respectivo tratamiento de aguas; no obstante, esto tiene impactos en las direcciones de flujo y/o disponibilidad del recurso hídrico subterráneo y en los cambios hidrogeoquímicos a los que se ve expuesto, alterando la calidad del recurso hídrico subterráneo.

Por otra parte, la generación de drenaje ácido de mina no solo se restringe a la construcción-extracción del túnel sino también a los depósitos de material donde se disponen los escombros y/o los relaves tras el proceso de beneficio mineral, estos depósitos generalmente secos, con capacidad de 22.5Mt o 12.8Mt, respectivamente, (SRK Consulting, 2021), son susceptibles al paso de agua superficial que al contacto con la acumulación de algunos sulfuros remanentes pueden también generar drenaje ácido de mina. Adicionalmente, se puede generar liberación de materiales potencialmente contaminantes o generadores de drenaje ácido no reconocidos y/o cuantificados por lixiviación directa al suelo en áreas de hasta 200 Ha, en aguas superficiales o en aguas

subterráneas, teniendo en cuenta la cercanía de niveles freáticos en el área (22-30 m de profundidad).

Por ejemplo, el caso de la escombrera La Perezosa, con un área de 60Ha, localizada en el sector de Angosturas, es una infraestructura construida en un área empinada por la que confluyen la Quebrada La Perezosa y otros drenajes de primer orden que alimentan la quebrada Páez, y esta a su vez, la quebrada La Baja, escorrentía que arrastra iones en suspensión y acidez del agua al contacto con la escombrera, y que puede acrecentarse para la microcuenca del río Suratá alto, toda vez que los proyectos propuestos se focalizan hacia esta cuenca, comprometiendo la calidad hídrica aguas abajo, conforme se desarrollan los proyectos y no se garantiza un tratamiento adecuado.

Acorde al reporte de Schlumberger Water Services (2013), se clasifican geoquímica y ambientalmente por litología-alteración muestras de la zona Angosturas, llegando a diferenciar tanto sulfuros y sulfatos presentes en la mineralogía de las muestras analizadas, como también unidades geológicas con potencial neutralizante, confirmando que la mayoría de los grupos de litología-alteración con presencia de piritita (0.5-33%, sulfuro de hierro) son potencialmente generadores de acidificación, los cuales alcanzan valores de pH entre 1.4 – 3.3 (Schlumberger Water Services, 2013); el impacto se puede dimensionar toda vez que actualmente se presentan caudales entre 9.4-16.6 l/s para la planta de tratamiento de agua residuales industriales PTARI en la zona de Angosturas, no obstante, acorde a los informes de Golder (2012) se proponía una PTARI para un caudal de 120-180 l/s, identificando un caudal de drenaje ácido de mina proyectado que de no contar con tratamiento y captación adecuada puede infiltrarse en fracturas del macizo rocoso directamente en los túneles o llegar a escorrentía y suelo superficial que arrastren metales pesados y una acidez que impacta directamente en las propiedades orgánicas del suelo inmediatamente adyacente al área y los cuerpos de agua principales como quebrada Páez, La Baja, La Perezosa y Angosturas.

De igual manera, mediante el test Net Acid Generation Leachate Extract se evidencia que en reacciones de generación ácida se estima la movilización de elementos contaminantes traza como aluminio, arsénico, cadmio, cromo, cobre, hierro, plomo y níquel en el agua (Schlumberger Water Services, 2013), e indican que la litología-alteración con mayor potencialidad de afectación son los gneises alterados por sericitización, silicificación y argilización, parte de la litología predominante en el depósito. No obstante, estas pruebas miden una cinética de liberación y concentración disponible en un corto plazo, por tanto, revisando la información aportada por pruebas semanal y mensual de HTC, se evidencia que el impacto es progresivamente acumulativo, es decir, los metales pesados tienden a aumentar sus concentraciones con el tiempo, especialmente hierro, cobre y zinc (Schlumberger Water Services, 2013). En ese sentido, el impacto se puede encontrar en el ambiente inmediatamente adyacente, como en el suelo, en zonas de depósito de material que acumulan material rocoso extraído del túnel sin ningún tratamiento, y que se potencializa con escorrentía directa en las escombreras. Igualmente, pruebas llevadas a cabo con muestras de relaves tanto de flotación como de lixiviados en el proceso de beneficio proyectado por EcoOro (Golder, 2012; Schlumberger Water Services, 2013), demuestran que aguas contactadas en áreas de relave pueden llegar a ser generadoras de drenaje ácido de mina y contribuir a la contaminación de aguas superficiales de las quebradas cercanas como La Baja, Angosturas, Páez, Venaderos y el Pozo.

Por otro lado, como impacto al medio geológico se puede diferenciar que la inestabilidad geoquímica del macizo rocoso a través de los cambios generados por el desarrollo de infraestructura tiene potenciales afectaciones en el desarrollo de suelos y sus propiedades orgánicas, en relación con la acumulación de elementos potencialmente peligrosos (EPP) tales como mercurio, arsénico, uranio, cobre, plomo, zinc, cadmio, níquel y cromo.

Considerando la información dispuesta por el proyecto EcoOro en el “Reporte de Entrega de Información (REI)” del 16 de enero del 2023 que reposa como información en el Servicio Geológico Colombiano (SGC) y en los informes técnicos presentados por el SGC (Londoño *et al.*, 2021; Sierra *et al.*, 2023), en la tabla 6, se disponen elementos potencialmente peligrosos en la subcuenca del río Vetas contrastados con valores de referencia, en comparación con valores obtenidos en muestreo geoquímico dentro del túnel La Perezosa como se muestra a continuación:

Tabla 6. Abundancia de EPP en sedimentos para la cuenca Rio Vetas.

Elemento	Abundancia de referencia para el elemento AGC-2022 Servicio Geológico Colombiano -Atlas Geoquímico de Colombia, versión 2020** (Rudnick y Gao, 2003) ***				Muestras de roca en túnel
	Sedimento local	Sedimento nacional**	Rocas (SGC)**	Corteza superior***	
Pb	N: 82	Promedio 17 ppm	*N: 52	17 ppm	N: 2357
	Min: 11,7 – Máx: 1479 ppm	Mediana: 12 ppm	Min: 2,2 - Máx: 7744 ppm		Min: 10 - Máx: 3640 ppm
	Promedio 85 ppm		Promedio 660 ppm		Promedio 1040,6 ppm
Zn	N: 82	Promedio 9,3 ppm	*N: 46	4,8 ppm	N: 2357
	Min: 40,9 – Máx: 1491 ppm	Mediana: 3,6 ppm	Min: 0.17 – Máx: 1510 ppm		Min: 11 - Máx: 4970 ppm
	Promedio 149 ppm		Promedio: 135 ppm		Promedio 1246,3 ppm
Cd	N: 82	Promedio 38,7 ppm	*N: 46	0,1 ppm	*N: 2357
	Min: 0,03 – Máx: 14,8 ppm	Mediana: 22 ppm	Min: 0.17 – Máx: 1510 ppm		Min: 0,5 - Máx: 545 ppm
	Promedio 0,94 ppm		Promedio: 135 ppm		Promedio 31,8 ppm
Ni	N: 82	Promedio 38,7 ppm	*N: 46	47 ppm	*N: 2357
	Min: 2,8 – Máx: 99,6 ppm		Min: 0.9 – Máx:		Min: 1 - Máx: 304 ppm

	Promedio 27,9 ppm	Mediana: 22 ppm	104 ppm		
			Promedio: 25,6 ppm		Promedio: 30,2 ppm
Cr	N: 82	Promedio 103 ppm	*N: 56	92 ppm	*N: 2357
	Min: 14 – Máx: 273 ppm	Mediana: 69 ppm	Min: 3 – Máx: 283 ppm		Min: 2 - Máx: 604 ppm
	Promedio 100 ppm		Promedio: 15 ppm		Promedio: 78,1 ppm

Fuente: Adaptado y modificado por el Equipo de Seguimiento Ambiental a partir de Sierra *et al.* SGC, 2023.

En ese sentido, acorde a las conclusiones del informe realizado por Sierra *et al.* (2023), la presencia de EPP que se generan en la parte alta de la microcuenca de La Baja, puntualmente en la actividad minera, asociado a los cambios fisicoquímicos por construcción de infraestructura exploratoria y/o extractiva impacta directamente en la liberación de metales pesados y potencialmente peligrosos en valores muy altos comparados con el medio natural, implicando un riesgo alto de contaminación del suelo cercano; caracterizado y clasificado como inceptisoles o suelos jóvenes, susceptibles a la erosión, usualmente líticos y con horizontes orgánicos delgados, cubiertos de gramíneas, particularmente en uso de conservación, preservación, y con moderados a altos conflictos de uso de suelo por sobre o subutilización del potencial uso agrosilvopastoril que representan (CDMB, 2014).

Este impacto de contaminación de suelos por EPP se concentra en la acumulación de metales y metaloides pesados acorde a la capacidad de absorción y adsorción en los horizontes del suelo. Metales como el mercurio, arsénico, cromo, cadmio y plomo tienden a quedarse en el horizonte A, franja del suelo donde se concentra la actividad orgánica (Simon, 2014), debido a la facilidad con que los iones forman compuestos con la matriz orgánica del suelo y forman enlaces covalentes con el carbono disponible en el estado de oxidación al que están expuestos, sobre todo el mercurio (O'Connor *et al.*, 2019); por su parte, el cromo y el plomo afectan la actividad catalizadora de la descomposición de la materia orgánica, inhibiendo procesos bioquímicos del suelo (Vodyanitskii, 2016; Simon, 2014); finalmente, el arsénico y cadmio se ubican en la rizosfera, zona de absorción de nutrientes en las plantas, pasando a formar parte de estas e inhibiendo su crecimiento (Besedin *et al.*, 2023; Simon, 2014).

Por tanto, la acumulación de estas especies químicas en suelos juveniles, inceptisoles, como son los que reposan en el área de Santurbán, en zonas de conservación de especies endémicas de flora como el frailejón y el desarrollo de actividades agrosilvopastoriles en función de las comunidades cercanas como California, Vetás y Suratá, implica un grave riesgo ecotoxicológico, toda vez que los EPP se incorporan en cadenas cíclicas biogeoquímicas que inhiben procesos ecológicos como crecimiento de plantas, contaminación en redes tróficas y detrimento del potencial fértil del suelo a futuro, llevando a posibles escenarios de aridez.

Igualmente, se debe considerar que sin una caracterización constante de los materiales producto o residuales durante los procesos de beneficio se pueden estar depositando en

zonas de relaves concentraciones variables de elementos no abundantes en los suelos como cromo, arsénico, cobre y cobalto, tanto en gran como en pequeña minería (Londoño *et al.*, 2021).

Pequeña minería:

Considerando la información presentada en los PTO e informe metalúrgico aportado por la ANM y el SGC, se encuentra que la diferenciación de los impactos radica en el dimensionamiento de las obras e infraestructuras que se desarrollan como túneles, relaveras, escombreras y el uso de voladuras para la construcción del túnel; sin embargo, el proceso de beneficio está diferencialmente desarrollado entre las mismas pequeñas mineras, algunas más tradicionales aún, otras con cierta tecnificación, constituyendo un factor adicional a considerar en los impactos ambientales generados. Igualmente, la proximidad entre los títulos mineros y la interconectividad que tienen algunos túneles entre sí, permiten considerar algunos impactos de manera conjunta en áreas como Vetas y California.

El proceso de beneficio de las pequeñas mineras implica métodos convencionales como trituración, molienda, concentración por gravedad, cianuración en tanques de agitación o percolación, precipitación en cajas de zinc, quema de concentrados y purificación mediante fundición o concentrados de batea; estos métodos varían de conformidad con el tamaño de la partícula de oro en muestra de roca que se requiere conseguir por parte de la minera.

Una de las principales características del impacto ambiental por actividades y obras de la pequeña minería, es la alteración de la estabilidad química de los recursos naturales renovables por la presencia y diseminación de mercurio.

El mercurio es usado por la pequeña minería debido a su eficiencia en la extracción del oro al formar una amalgama, sus menores costos en el mercado (en comparación con el cianuro), fácil acceso y desconocimiento sobre tecnologías seguras y efectivas.

La particularidad de la presencia de mercurio en los sedimentos de la cuenca del río Suratá es analizada a partir del efecto “pepita”, es decir que este EPP se concentra en los sedimentos y no se transfiere a la solución acuosa en las condiciones de temperatura, eH y pH, por lo que se concluye que su principal afectación es a los suelos. Presente también en depósitos de relaves húmedos principalmente, impactando la vegetación y suelo subyacente a estas construcciones a través de lixiviación.

De igual manera, los procesos de beneficio en pequeña minería en el área de Vetas, utilizan gran cantidad de cianuro (Londoño *et al.*, 2021), que si bien pueden llegar a utilizarse metodologías para garantizar no haya vertimientos contaminados con cianuro, como en diversas minas; aquellos menos tecnificados disponen de las arenas cianuradas o de los residuos de tanques de cianuración en zonas de material estéril como escombreras o relaveras, impactando directamente el suelo, donde tiene una movilidad alta de manera libre o formando sales con compuestos inorgánicos del suelo, de manera que inhabilita funciones orgánicas y la oxigenación de los suelos y aguas, inmediatamente cercanos a la infraestructura minera, en este caso áreas circundantes a la cabecera municipal de Vetas, en ocasiones incluyendo zonas delimitados dentro del páramo de Santurbán.

Respecto a la presencia de EPP, acorde a la información regional y por el complejo contexto geológico se puede evidenciar que la liberación y movilidad de elementos contaminantes como arsénico, uranio, cobre, plomo, zinc, cadmio, níquel y cromo, está presente desde la

apertura de túneles como en las relaveras y escombreras que existen en la pequeña minería. No obstante, dimensionándolo a la escala de actividad minera, acorde a Londoño *et al.*, 2021, estos EPP se presentan como elementos traza en los relaves, garantizando un impacto de media relevancia, dado el alcance e impacto de lixiviación de metales pesados al suelo o baja solubilidad en agua.

En esta área pueden haber alrededor de 14 plantas de beneficio asociadas a pequeña minería, en algunas se emplea mercurio y esto se refleja en los datos obtenidos a partir del análisis geoquímico de muestras tomadas en los relaves. Es posible que anterior a que se retirara el mercurio del proceso de beneficio de las minas La Elsy, Providencia y Trompetero se hayan generado concentraciones en los relaves, lo cual se evidencia en los sedimentos activos muestreados y los resultados de la cuantificación de mercurio por espectrofotometría de absorción atómica con generación de hidruros (Londoño *et al.*, 2022).

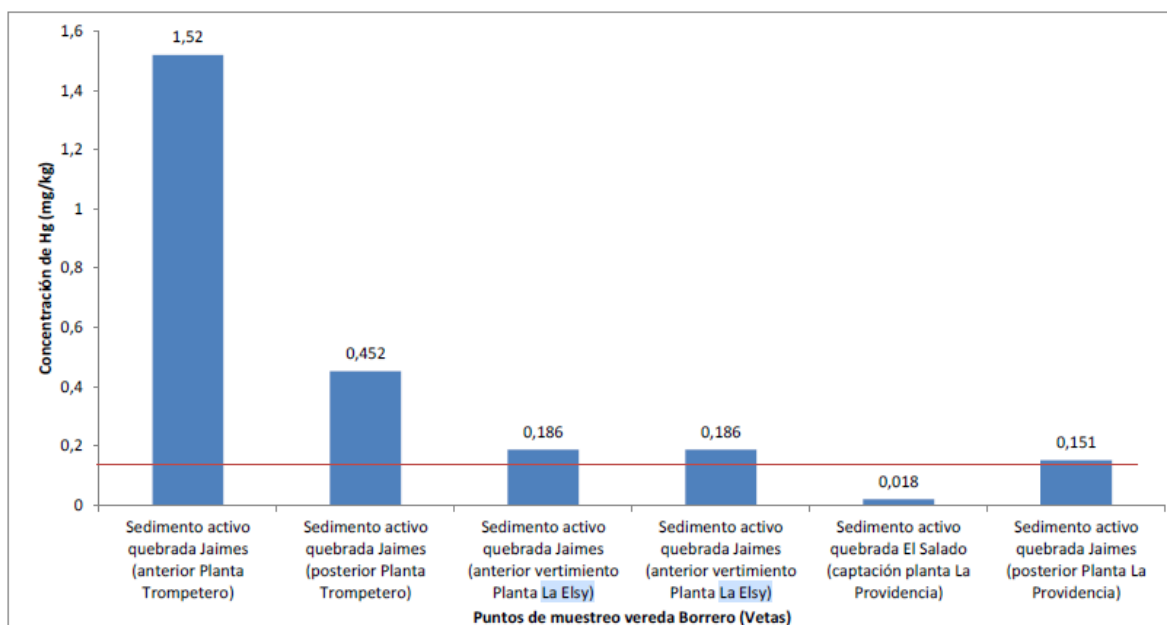


Figura 27. Concentración de mercurio en sedimentos activos.

Fuente: Londoño *et al.*, 2022

Por otro lado, la generación de drenaje ácido de mina es un proceso favorecido por actividad antrópica y en pequeña minería también se presenta acorde a Londoño *et al.*, 2021 y los PTO de títulos mineros del área. El impacto se agrava en la pequeña minería toda vez que muy pocas minas cuentan con planes de tratamiento de aguas de contacto y que algunos de los túneles más extensos (1900 m y 1400 m) se encuentran interconectados tanto en infraestructura como en fracturamiento, al estar usualmente ubicados en las partes más superficiales del macizo rocoso (zona de oxidación-transición, por tanto zona más inestable); en ese sentido, el impacto de este drenaje ácido de mina se maximiza al no contar con captación adecuada y una alta probabilidad de infiltración entre la red estructural de fallas, diaclasas y cizallamiento presente en el macizo, movilizand o elementos contaminantes hacia aguas subterráneas más profundas, como también lixivian do metales pesados residuales en las relaveras hacia el suelo y niveles piezométricos subsuperficiales (22-30m) de algunos acuíferos reportados en el área.

Este impacto de generación de drenaje ácido de mina presente en depósitos de relave es cuantificado en Londoño *et al.*, 2021, y se asocia a los procesos de beneficios de la pequeña minería en los que no se garantiza la completa transformación de sulfuros y quedan como residuos en el depósito de relave, que, sin la presencia de materiales potencialmente neutralizantes, pueden favorecer el potencial de acidez que presentan estos depósitos al contacto con aguas superficiales.

3.1.3 Componente geotécnico.

3.1.3.1 Cambio en condiciones y características geotécnicas.

Para el área de análisis, acorde al Sistema de Información de Movimientos en Masa del Servicio Geológico Colombiano -SGC, se presentan niveles de amenaza media y alta, hacia el sector de Vetás y también áreas con niveles de muy alta amenaza, que pueden asociarse a las altas pendientes del terreno mayor a 16° y que en algunos puntos llega hasta 55° , lo que determina una susceptibilidad natural ante procesos de remoción en masa, como se puede observar en la siguiente figura.

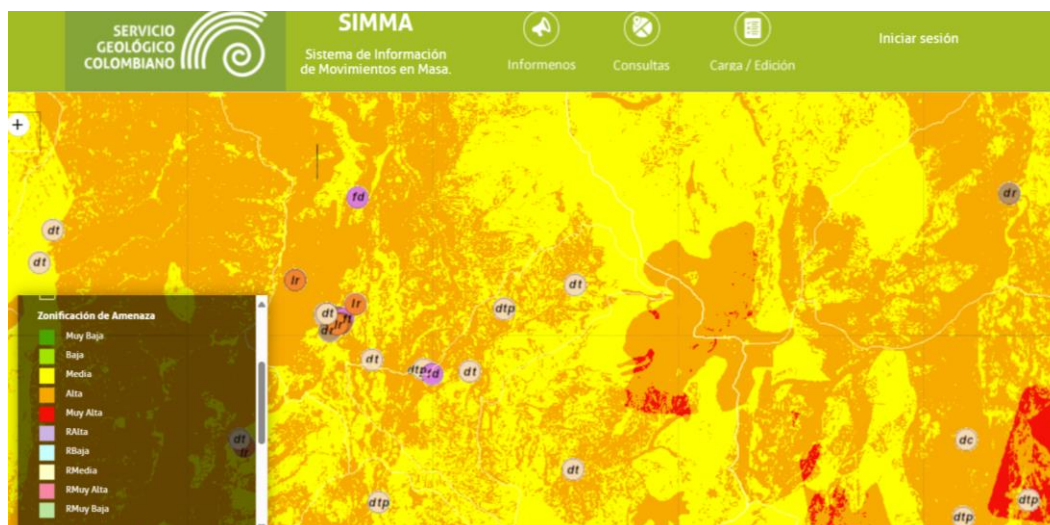


Figura 28. Sistema de información por movimientos en masa.

Fuente: SIMMA – SGC, 2024

Por otra parte, las características geológicas estructurales están asociadas a fallas normales e inversas que implican un intenso patrón de fracturamiento, lo que genera cambios y redistribución en las condiciones naturales de esfuerzos y una dinámica tensional del área.

De acuerdo con esto, debido a las condiciones topográficas y actividades antrópicas que de forma no autorizada se desarrollan en el área, se presenta pérdida de cobertura vegetal y condiciones de exposición natural de materiales geológicos (rocas y suelos) por agentes erosivos (agua, vientos), lo que define procesos de meteorización y pérdida gradual de las características de resistencia de los materiales.

Además, por el desarrollo de actividades de extracción no formal en el territorio, donde se presentan depósitos con desechos de roca y materiales sobrantes de los procesos de beneficio, los cuales generan sobrecargas en el terreno e inciden de forma negativa, que, sumado a factores detonantes como sismos y lluvias, aumenta la susceptibilidad y condiciones de amenaza ante procesos de remoción en el área de análisis.

Estas condiciones demandan para un proyecto de minería, que sus obras tanto superficiales como subterráneas, incluyan un análisis riguroso desde las diferentes disciplinas, para determinar de forma más acertada las características de las zonas de emplazamiento de la infraestructura propuesta.

A continuación, se presenta una descripción de las características de los proyectos de minería en general y valoración en los efectos al ambiente para el componente de geotecnia, de acuerdo con cada una de las actividades y procesos que comúnmente se presentan en dichos proyectos:

Proyectos de gran minería.

De acuerdo con el Decreto 1666 de 2016, en minería subterránea se explotarían más de 300.000 Ton/año, donde en general las características de infraestructura dependen del tipo de yacimiento geológico de interés, el método de explotación definido, la evaluación económica y las características ambientales del área.

Para el área de estudio y en general en Colombia, los métodos de explotación propuestos en minería de metales preciosos y/o polimetálicos se ha orientado a técnicas de extracción subterránea, con infraestructura de túneles, galerías de ventilación, rampas, pozos de ventilación, nichos y refugios, y obras en superficie destinadas para procesos complementarios y de apoyo en el ciclo minero.

En estas zonas superficiales, en la mayoría de los proyectos se encuentra la infraestructura de apoyo a la operación, zona de talleres y áreas de trituración, entre otros. Además, zonas para el beneficio y transformación de minerales, donde se tiene la molienda, flotación, espesamiento, cianuración y en algunos casos se realiza filtrado y secado de residuos no aprovechables.

Por otra parte, en zonas de manejo de sobrantes y relaves, se construyen obras de geotecnia para asegurar la estabilidad de los depósitos, que pueden ser contrafuertes, presas, muros de contención, asimismo, se conforman taludes y bancos, donde estas zonas pueden variar en superficie dependiendo de las condiciones técnicas del proyecto y pueden abarcar entre 20 a 50 ha.

Los residuos generados, de acuerdo con el tipo de técnica de metalurgia, establece las cantidades de materiales a disponer, donde también acorde al método de explotación se pueden definir actividades de retrolleado en las zonas intervenidas de la operación subterránea o en el caso que se defina alguna técnica a cielo abierto.

En cuanto a la operación subterránea, las características de soporte se determinan por las condiciones del macizo excavado, en general se establecen con sostenimiento en fortificación con arcos en terrenos de menor calidad, malla eslabonada y pernos, además se dejan pilares y machones de seguridad de materiales naturales sin explotar, de acuerdo con las condiciones y análisis de la geomecánica de la mina.

Las longitudes de túneles excavados en las zonas principales pueden tener desarrollos >10.000 m, con secciones de diferentes geometrías, principalmente de tipo circular en dimensiones con radio en 5 m en promedio para las rampas y galerías principales, donde se tienen labores verticales (pozos), inclinados, niveles, entre otras.

Asimismo, las zonas de explotación ya intervenidas en los proyectos tecnificados son retrollenados con materiales estériles de los túneles de desarrollo, también con materiales de pasta (mezcla cemento / relave filtrado), esto para reducir las zonas de intervención superficial y subterránea, y con esto asegurar la estabilidad de las zonas excavadas y minimizar la infiltración en el macizo rocoso.

Ahora bien, de manera conceptual para establecer las posibles afectaciones ambientales y en el componente de Geotecnia, se deben revisar los diferentes procesos que intervienen para la excavación, ya sea cielo abierto o de manera subterránea, las cuales estarían relacionadas con las siguientes actividades:

- Remoción de cobertura vegetal/Descapote.
- Movimientos de tierra.
- Construcción de obras civiles y montajes (zonas de beneficio y transformación de minerales).
- Excavación de túneles (acceso al yacimiento).
- Excavación de taludes (zonas de explotación / zonas de sobrantes).
- Perforación, voladura, remoción de estériles y extracción del mineral.
- Retrollenado.
- Almacenamiento de materiales sobrantes.
- Construcción y conformación de obras de contención, presas, muros enrocados, otras de carácter geotécnico.
- Disposición de materiales sobrantes.
- Restauración morfológica, revegetalización y reforestación.
- Mantenimiento y monitoreo de depósitos de sobrantes y áreas superficiales.
- Monitoreo de la estabilidad en zonas intervenidas.

Por otra parte, acorde al instrumento de Estandarización y jerarquización de impactos ambientales de proyectos licenciados (ANLA, 2023), se pueden presentar desde el componente de geotecnia los siguientes impactos:

- Alteración en la forma del terreno por fenómenos de subsidencia.

En los proyectos de minería con la excavación de túneles, por los vacíos generados durante las actividades extractivas, se generan cambios en las condiciones de esfuerzos naturales, donde se pueden generar fenómenos de subsidencia con hundimientos en el terreno, aunque es común que en las obras se dejen pilares o machones de respaldo a la excavación, donde también con la instalación de soporte se minimiza los efectos de alguna deformación en superficie.

- Alteración en las características físicas y mecánicas del terreno.

Por las actividades de los proyectos de minería, debido a las excavaciones donde se remueven los materiales naturales, se generan vacíos y vibraciones, que generan cambios y efectos en las condiciones del terreno y materiales, y en sus propiedades naturales, como en las características de resistencia de los elementos.

- Aumento/Disminución de fenómenos de movimientos en masa.

Debido a las variaciones del terreno por las actividades de los proyectos mineros, se establecen depósitos, zonas de corte de taludes y excavaciones, que propician cambios topográficos y variaciones en las características naturales, además de la influencia de agentes detonantes (agua y sismos), lo cual puede conllevar el incremento y/o la disminución de la ocurrencia de procesos de remoción en masa.

- Aumento/Disminución de la susceptibilidad a movimientos en masa.

Por el desarrollo de las actividades de minería en los proyectos, que podrían ser a cielo abierto o de forma subterránea, por los cambios topográficos y variaciones en las características naturales del terreno, los cambios en las propiedades de los materiales, además de factores externos como sismos y lluvia, pueden generar efectos en la susceptibilidad natural del terreno frente a movimientos en masa.

- Desestabilización de taludes.

Debido a la naturaleza de los proyectos mineros, con la extracción de materiales naturales, se generan cortes y rellenos, incorporando cambios en la topografía y morfología del terreno, lo que conlleva cambios en la estabilidad geotécnica de dichas áreas intervenidas y circundantes, conexas a los diferentes mecanismos de falla que se puedan desarrollar.

- Generación de vibraciones en el terreno.

Con el desarrollo de las actividades y procesos en minería, durante la extracción de materiales por los equipos y máquinas y también con las técnicas de voladuras, se generan efectos en el terreno por las vibraciones, lo cual implica cambios en las propiedades naturales de los materiales.

Frente a los anteriores apartados, debido a las características del área de análisis por la topografía, geología, susceptibilidad frente a remoción en masa, asimismo por factores detonantes asociados a la sismicidad y pluviosidad, se deben evaluar rigurosamente cada una de las acciones de un proyecto minero, por los efectos que se pueden derivar en el ambiente.

Consideraciones geotécnicas proyectos Mediana Minería.

Para este tipo de proyectos de acuerdo con el decreto 1666 de 2016, la explotación es superior a 15000 Ton/año en minería subterránea de metales preciosos, representa un nivel de tecnificación intermedio con maquinaria que permite un mayor avance en la extracción, las secciones de túneles son mayores a 4 m² y longitudes excavadas acumuladas mayores a 2000 metros.

En general los métodos de explotación se realizan siguiendo las zonas mineralizadas, con soporte en madera y por medio de arcos en sectores localizados del proyecto, también algunos implementan anclajes y malla.

El avance de la intervención es por medio de equipos mecánicos, que pueden tener maquinaria para el transporte, avance con técnicas de perforación y voladura durante estos procesos se generan vibraciones en el terreno. Asimismo, en este tipo de proyecto para las zonas explotadas es común que se apliquen técnicas de retrolleado con estériles y / o pasta de materiales procesados en planta de beneficio y otros materiales (cemento).

Para la intervención subterránea los impactos están asociados a posibles hundimientos por el colapso gradual de zonas excavadas, también los cambios físicos y mecánicos de los materiales del macizo y terrenos intervenidos. Estas condiciones conllevan en un aumento de la susceptibilidad natural a procesos de remoción en masa.

En la etapa de beneficio se realiza el procesamiento de los materiales extraídos de mina, por medio de equipos de trituración y molienda para la conminución de los materiales extraídos, también se realiza la concentración por equipos gravimétricos y procesos de flotación con reactivos de cianuro y otros.

Las colas y residuos generados pueden ser dispuestos en depósitos superficiales, en los cuales se realiza una preparación del terreno (explanaciones), además se pueden encontrar obras de contención como muros, presas, entre otros para asegurar la estabilidad de estos. También, se realiza el retrolleado con materiales neutralizantes de los materiales sobrantes en áreas ya intervenidas de la operación subterránea.

Tabla 7. Matriz de identificación de impactos actividades mediana y gran minería.

Actividades	Alteración de las condiciones geotécnicas						
	Alteración en la forma del terreno por fenómenos de subsidencia	Alteración en las características físicas del terreno	Alteración en las características mecánicas del terreno	Aumento/Disminución de fenómenos de movimientos en masa	Aumento/Disminución de la susceptibilidad a movimientos en masa	Desestabilización de taludes	Generación de vibraciones en el terreno
Remoción de cobertura vegetal/Descapote		X	X	X	X		
Movimientos de tierra		X	X	X	X	X	
Construcción de obras civiles y montajes (zonas de beneficio y transformación de minerales)		X	X				
Excavación de túneles (acceso al yacimiento)	X	X	X	X	X		X
Excavación de taludes (zonas de explotación / zonas de sobrantes).		X	X	X	X	X	X
Perforación, voladura, remoción de estériles y extracción del mineral	X	X	X				X
Retrollenado		X	X				
Almacenamiento de materiales sobrantes.		X	X	X	X	X	
Construcción y conformación obras de contención, presas, muros enrocados, otros.		X	X	X	X	X	
Disposición de materiales sobrantes		X	X	X	X	X	
Restauración morfológica, revegetalización y reforestación ***		X	X	X	X		
Mantenimiento y monitoreo de depósitos de sobrantes y áreas superficiales. ***		X	X	X	X	X	
Monitoreo de estabilidad de suelos ***		X	X	X	X	X	

Nota: * Actividades de naturaleza positiva.**

Fuente: Adaptado por el Equipo evaluador ambiental, a partir del instrumento de Estandarización y jerarquización de impactos ambientales de proyectos licenciados (ANLA, 2023).

Consideraciones geotecnia pequeña minería.

De acuerdo con el Decreto 1666 de 2016, que establece los rangos de producción hasta de 15.000 Ton/año para pequeña escala, donde se excavan túneles para el acceso a las zonas mineralizadas, el arranque se realiza por voladuras, para el transporte interno se tienen vagones que transportan el material de interés a superficie, los cuales generan vibraciones en el terreno y cambios en las condiciones geotécnicas.

En la etapa de beneficio, se tienen equipos como trituradoras y molinos, pozos de materiales, tanques agitadores, tanques para lixiviación de los materiales. Durante el proceso se genera la reducción de tamaños, clasificación de partículas y concentración de minerales, donde son mezclados con elementos químicos para la amalgamación.

Al final del proceso se generan residuos de materiales sobrantes del beneficio, en soluciones acuosas o semisólidas (colas), que son dispuestos en zonas adyacentes de la

infraestructura o son devueltas a las áreas de explotación internas de mina, las cuales pueden emplazarse en superficies promedio de 25 hectáreas.

Los materiales se conforman en depósitos de materiales en zonas de ladera y donde se generen explanaciones o plataformas, también en depresiones topográficas que facilitan la acumulación de materiales, lo que genera cambios en las condiciones físicas y mecánicas del terreno, y asimismo puede aumentar la susceptibilidad a movimientos en masa.

En los sectores donde se realiza la disposición de materiales se generan taludes, también cortes en el terreno, que pueden conllevar, sin el manejo adecuado, efectos en la estabilidad de este.

Internamente las actividades de explotación presentan secciones trapezoidales de 2,5 m de altura y 1,5 m de ancho en túneles en desarrollos a nivel, inclinados y verticales, que pueden tener longitudes de avance hasta 2000 m en promedio, con soporte en madera en puerta alemana y tacos en puntos definidos de la explotación; cabe mencionar que algunos sectores debido a las condiciones del macizo, requieren la instalación de soporte sistemático, lo cual genera efectos en la geoforma por la posibilidad de fenómenos de subsidencia, también cambios en las características físicas y mecánicas del terreno.

Tabla 8. Matriz de identificación de impactos actividades mediana y gran minería.

Actividades	Efectos Impactos						
	Impacto Alteración de las condiciones geotécnicas						
	Alteración en la forma del terreno por fenómenos de subsidencia	Alteración en las características físicas del terreno	Alteración en las características mecánicas del terreno	Aumento/Disminución de fenómenos de movimientos en masa	Aumento/Disminución de la susceptibilidad a movimientos en masa	Desestabilización de taludes	Generación de vibraciones en el terreno
Remoción de cobertura vegetal/Descapote		X	X	X	X		
Movimientos de tierra		X	X	X	X	X	
Excavación de túneles (acceso al yacimiento)	X	X	X	X	X		X
Perforación, voladura, remoción de estériles y extracción del mineral	X	X	X				X
Retrolleado		X	X				
Disposición de materiales sobrantes - manejo de colas.		X	X	X	X	X	
Revegetalización ***		X	X	X	X		

Fuente: Adaptado por el Equipo evaluador ambiental, a partir del instrumento de Estandarización y jerarquización de impactos ambientales de proyectos licenciados (ANLA, 2023).

En conclusión, desde el componente de geotecnia, el área de reserva propuesta es naturalmente susceptible a movimientos en masa, debido a las altas y medias pendientes en el terreno, las características geológicas y estructurales, además de las condiciones sismológicas y de saturación del terreno, las cuales pueden incrementar y afectar la amenaza natural por eventos de inestabilidad.

Por otra parte, las obras y actividades de los proyectos de minería donde se presentan impactos en el ambiente por los cambios en las características geotécnicas de los materiales, donde se tiene desde la pequeña hasta la gran minería, varían en su significancia, debido a la intensidad y magnitud de las actividades.

De acuerdo con esto, es posible afirmar que la susceptibilidad natural ante eventos de inestabilidad se puede afectar por el emplazamiento de proyectos con excavaciones mineras.

3.1.4 Componente hidrogeológico

Con el fin de identificar los impactos que podría causar el desarrollo de proyectos de minería a gran, mediana y pequeña escala a las aguas subterráneas presentes en el polígono que conforma la propuesta de Reserva Temporal de Santurbán generada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), se procedió a realizar una revisión conjunta con el Servicio Geológico Colombiano (SGC) de la información base de las características que tienen las aguas en la zona de interés, orientado a reconocer los impactos que se han manifestado por la ejecución de actividades en los municipios de California y Vetás y los que se podrían llegar a materializar en caso de ejecutarse proyectos escalas mayores.

Con relación a la información base que se tiene sobre el comportamiento de las aguas subterráneas en el área de la reserva, se tuvo en cuenta la información de los planes de ordenamiento y manejo de las cuencas de los ríos Alto Lebrija y Cáchira Sur, elaborados por la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), así como el estudio realizado por el SGC en el año 2022 sobre la cuenca de la Quebrada La Baja.

En este sentido, los estudios que se han realizado en la zona indican que los proyectos de pequeña minería que se han ejecutado sobre el municipio de California se han realizado en complejos de rocas cristalinas asociados principalmente al Neis de Bucaramanga, en una zona con influencia del sistema de deformación de la falla de Bucaramanga, con un alto grado de fracturamiento. Esta zona hace parte de lo que se denomina macizo de Santander.

Si bien materiales asociados a las rocas cristalinas que se presentan en la zona de interés suelen asociarse a un bajo potencial para el transporte de las aguas dado que cuentan con una porosidad primaria nula, en el trabajo realizado por el SGC se identificó que el alto grado de fracturamiento favorece la conformación de acuíferos por porosidad secundaria, lo cual pudo ser evidenciado dada la presencia de manantiales a lo largo de la zona, así como piezómetros cuya respuesta es acorde al comportamiento de la precipitación. Los análisis realizados por el SGC incluso indican que las rocas presentes en esta zona pueden tener una conductividad hidráulica predominantemente vertical y no horizontal, por lo que pueden presentarse flujos relativamente rápidos en dicha dirección.

Adicional a lo anterior, mediante una campaña de análisis isotópico, el SGC pudo confirmar que las aguas presentes en los túneles y manantiales de las zonas de explotación del municipio de California exhiben una relación de la concentración de sus isótopos de Oxígeno 18 y Deuterio equivalente a la observada en las aguas superficiales de lagunas del ecosistema de páramo, lo cual evidencia que los acuíferos de porosidad secundaria presentes en el área son recargados desde el páramo.

De igual forma, los análisis llevados a cabo por el SGC incluyeron los análisis de parámetros fisicoquímicos de las aguas subterráneas y superficiales presentes en la zona, lo cual permitió identificar que en las áreas asociadas a bocaminas de túneles de minería a pequeña escala, llamados El Tigre, Los Sapos, Veta Barro y La Perezosa, se presenta una acidificación de las aguas, así como la presencia de componentes como metales pesados

por encima de los valores permitidos por la normativa ambiental del Decreto 1076 de 2015 para cualquier tipo de uso de las aguas.

Finalmente, de la revisión realizada de los POMCA de los ríos Alto Lebrija y Cáchira Sur, también se observa que ambos instrumentos de manejo ambiental han reconocido la importancia ambiental de la zona en el sostenimiento del ciclo hidrológico, al incorporar como determinantes ambientales para el ordenamiento del territorio zonas de recarga que hacen parte de la categoría de áreas de importancia ambiental de las áreas de conservación y protección ambiental. De acuerdo con la revisión llevada a cabo junto con el SGC, se identificó que la extensión de estas zonas es de más de 11.000 hectáreas dentro del polígono propuesto para el área de Reserva Temporal por el MADS.

Con este contexto hidrogeológico, correspondiente a la presencia de acuíferos de porosidad secundaria con una conductividad hidráulica moderada en dirección vertical y aguas subterráneas que fluyen a través de ellos que son recargadas directamente desde el ecosistema de páramo, teniendo en cuenta lo anterior se procede a indicar los posibles impactos que podría generar la actividad minera en el área de reserva propuesta. Para lo anterior, tal como se ha planteado anteriormente, se tuvieron en cuenta las características de diseño de proyectos propuestos en el área, así como la influencia de la infraestructura que se haya podido desarrollar hasta el momento.

3.1.4.1 Alteración en la oferta y/o disponibilidad del recurso hídrico subterráneo.

El primer impacto que podrían provocar los proyectos mineros que se pudieran desarrollar sobre el macizo de Santander en el área de la reserva temporal es la afectación a la disponibilidad de las aguas subterráneas producto de la alteración en la dinámica de flujo de las aguas y la afectación de las zonas de recarga desde donde se alimentan los acuíferos presentes en la zona.

De acuerdo a los posibles diseños de los proyectos mineros Angosturas y Soto Norte, presentados en los informes técnicos de Golder y Aris Mining respectivamente, sobre el área del proyecto al desarrollar minería a gran escala, está implicaría la remoción de grandes volúmenes de material asociado a las rocas donde se encuentran los materiales de interés, así como la construcción de túneles, relaves y demás tipo de infraestructura requerida para el transporte y beneficio de los materiales que serían explotados.

La remoción de grandes cantidades de materiales que, como se expuso anteriormente, conforman acuíferos de porosidad secundaria con capacidad de almacenar y transportar aguas subterráneas implica la pérdida directa de aguas subterráneas al remover y eliminar las unidades geológicas en donde están se encuentran almacenadas. En algunos casos, dado que los acuíferos pueden aportar al caudal de las corrientes hídricas superficiales, como evidencia el SGC que ocurre con la quebrada La Baja a partir de estudios realizados en la zona, la remoción de estas unidades puede generar impactos acumulativos que se suman a la disminución de la disponibilidad de aguas superficiales.

Lo mismo ocurre para el caso de manantiales que puedan ser alimentados por las unidades acuíferas que serán removidas para realizar el aprovechamiento de materiales. Aquellos manantiales que sean descargas de aguas subterráneas de estos acuíferos podrían estar en riesgo de desaparecer cuando las actividades mineras de gran y mediana escala

realicen la remoción de los materiales que permiten la ocurrencia de aguas a través de ellos.

De acuerdo con la información técnica aportada por las empresas Aris Mining y Golder para el proyecto Angosturas de Eco Oro, se pudo corroborar que este es un impacto contemplado dentro de las actividades mineras, ya que en el informe elaborado se identifica que para el diseño de la propuesta de explotación minera se espera una remoción de entre 2 y 4 millones de metros cúbicos de agua cada año de explotación que operaría el proyecto. En este sentido es claro que un impacto que provocarían las actividades de minería a gran escala sería la remoción de unidades hidrogeológicas que se comportan como acuíferos y los recursos que estos pudieran aportar.

Para la minería a gran y mediana escala no solamente la remoción de materiales geológicos puede impactar la disponibilidad de aguas subterráneas en una zona. Dados los altos volúmenes de materiales que se generan producto de la explotación es necesario construir las zonas de relaves, donde se dispone el material sobrante que no cuenta con ningún interés comercial para operador de la explotación. De acuerdo con la información aportada por el SGC, el área de la zona de reserva temporal presenta la exposición de materiales fracturados que pueden favorecer la rápida infiltración de las aguas.

La acumulación de materiales sobrantes sobre estas áreas implicaría el enterramiento de zonas potenciales de recarga, lo cual se traduce en una pérdida directa de la capacidad de almacenamiento de aguas subterráneas en los acuíferos que se presentan en la zona. Al igual que la remoción directa de las unidades hidrogeológicas, la obstrucción del paso de aguas hacia las zonas de recarga podría desencadenar la desaparición de manantiales e incluso la disminución de los caudales de corrientes hídricas superficiales.

En el caso de la minería a pequeña escala, se identifica que está suele utilizar túneles de poca extensión y profundidad, por la que la remoción de materiales no suele ser tan alta como para generar la remoción completa de unidades hidrogeológicas, no obstante, la construcción de este tipo de infraestructuras sí puede causar la alteración de las direcciones de flujo de las aguas subterráneas, que también constituye un impacto.

Adicional a la pérdida de aguas subterráneas directamente por la remoción de los acuíferos que las almacenan o la obstrucción de las zonas de recarga que alimentan las aguas de estos, otra forma en la que se puede manifestar el impacto a la disponibilidad de las aguas subterráneas es el abatimiento de los niveles freáticos que provoca la infiltración de aguas que se da hacia las infraestructuras de explotación necesarias para realizar la extracción de materiales. Esto es algo que se considera un impacto significativo a todas las escalas de la minería, siendo lo que lo diferencia la magnitud de las aguas que se pueden verter hacia las infraestructuras construidas.

El cono de abatimiento que se genera alrededor de las áreas de explotación depende de las características hidráulicas de los materiales sobre los cuales se desarrolla el proyecto, así como la disponibilidad y oferta de aguas subterráneas en la zona y sus direcciones preferenciales de flujo. En este sentido, es importante conocer la relación entre aguas superficiales y subterráneas que pueda existir en las zonas de explotación para dimensionar la magnitud del impacto y hasta donde podría extenderse.

Para el caso de infraestructura asociada a minería de gran y mediana escala, como se ha expuesto anteriormente, no se tiene licenciado aún algún proyecto de estas características

en el área de la reserva temporal, pero se tiene de referencia los diseños aportados para los proyectos Soto Norte y Angosturas. De acuerdo con la información aportada por Golder y Aris Mining para estos proyectos se proyectan la infiltración de caudales del orden de 50 a 60 litros por segundo. En el caso del proyecto Soto Norte, el cual contempla varias zonas de explotación, el caudal acumulado de varias áreas operativas simultáneas podría alcanzar el orden de los 150 a 200 litros por segundo.

De acuerdo con lo anterior, la minería a gran y mediana escala podría generar la infiltración de grandes cantidades de volúmenes de aguas a las áreas de explotación. Estas aguas deben ser bombeadas para no interferir con la extracción del material, lo cual opera como un bombeo continuo de las aguas subterráneas, creando un efecto que podría ser equivalente al de bombear decenas o hasta cientos de pozos de aguas subterráneas. Al igual que el bombeo de un pozo, la infiltración de las aguas subterráneas y su posterior extracción implica que alrededor de toda la zona de explotación se generará un cono de abatimiento en donde descenderán los niveles piezométricos de las aguas.

No se tienen estimaciones claras de la extensión que podrían alcanzar los conos de abatimiento alrededor de las zonas de explotación de los proyectos Angosturas y Eco Oro, pero teniendo en cuenta los caudales de infiltración que deberán ser bombeados, y que de acuerdo a la información aportada por el SGC los acuíferos de la zona puede llegar a presentar una conductividad hidráulica moderada, los abatimientos podrían extenderse en cientos o hasta miles de metros alrededor del punto de explotación.

Para el caso de la minería a pequeña escala, se tiene como referente el comportamiento de las infiltraciones de aguas hacia los túneles de exploración que se han construido en el área de explotación de California, sobre la cuenca de la quebrada La Baja. Sobre esta zona, en informes técnicos de Schlumberger para Eco Oro en el año 2013, muestra que se midieron caudales del orden de 10 litros por segundo en los túneles La Perezosa y Veta Barro. En este sentido, la construcción de túneles de pequeña minería también provoca la infiltración de aguas subterráneas hacia ellos, lo cual puede alterar la dinámica de las aguas subterráneas, pero la magnitud de dichas infiltraciones es menor a las que podría provocar la minería a gran y mediana escala.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, igual a cómo podría ocurrir con la remoción de acuíferos y construcción de botaderos o relaves, los conos de abatimientos que provocan las infiltraciones y posterior bombeo de aguas subterráneas a las áreas de explotación de las aguas implican que aportes de aguas subterráneas a corrientes hídricas superficiales se vean afectadas ya que la aguas no se dirigen hacia ellas. De igual forma, las aguas recargadas desde los ecosistemas de páramos podrían cambiar sus recorridos, tendiendo hacia las áreas de explotación y no hacia manantiales o fuentes de agua subterránea naturales presentes en la zona.

Para el caso de la minería a pequeña escala, también se debe tener en cuenta otro factor que puede provocar la pérdida de oferta y/o disponibilidad de las aguas subterráneas adicional a los abatimientos generados la infiltración de aguas hacia los túneles, los procesos de subsidencia y socavación. En el caso de la zona minera de California, los túneles se encuentran construidos sobre materiales relativamente competentes y estables, no obstante, muchos de estos túneles son aprovechados para llevar a cabo actividades de minería informal a la cual no se realiza un seguimiento ni mantenimiento adecuado. La exposición de los túneles sin ningún tipo de sostenimiento o revisión frente a la meteorización podría generar inestabilidades en un mediano plazo y en caso de ocurrir la

subsistencia en algunos sectores, su efecto podría ser similar al de la remoción de acuíferos producto de la explotación de los materiales geológicos de interés.

Alternativas de explotación de proyectos a gran y median a escala como es el caso del “*Block Caving*”, también podría provocar subsidencias de grandes extensiones del terreno, no obstante, de acuerdo con la información aportada por los informes técnicos de los proyectos Angosturas y Soto Norte, de momento no se ha contemplado el uso de este tipo de técnicas en el área de la reserva temporal de Santurbán.

Como conclusión sobre el impacto a la oferta y disponibilidad de las aguas subterráneas, a partir del trabajo conjunto realizado con el SGC se identifica que este es un impacto de alta significancia todas las escalas de la minería. Para el caso de la reserva temporal de Santurbán, se observa que la ejecución de proyectos mineros podría desencadenar la pérdida de aguas presentes en acuíferos de porosidad secundaria y el desvío de aguas recargadas en ecosistemas de páramo hacia las zonas de explotación, lo cual podría derivar la reducción de caudales de fuentes hídricas superficiales y desaparición de descargas como manantiales.

3.1.4.2 Alteración en la calidad del recurso hídrico subterráneo

La alteración de la calidad de las aguas subterráneas es un impacto provocado por la interacción de las aguas subterráneas presentes naturalmente en el acuífero con materiales o aguas ricas en elementos potencialmente peligrosos (EPP). Para la identificación de este impacto se tiene de referencia el estudio hidrogeoquímico e isotópico llevado a cabo por el SGC en la cuenca de la quebrada La Baja, el cual incluyó el análisis de manantiales, piezómetros, aguas superficiales y bocaminas de túneles asociados a proyectos de exploración de minería a pequeña escala.

La ejecución de actividades mineras implica el uso de materiales potencialmente contaminantes como parte de los procesos de beneficio para extraer el oro de los minerales donde se encuentra almacenado. Si bien el uso de mercurio (Hg) está prohibido por la Ley 1658 de 2013, este se continúa utilizando extensamente en la minería a pequeña escala, generalmente informal. Adicionalmente, tal como se reconoce en los informes técnicos de los proyectos Soto Norte y Angosturas, a pesar de ser proyectos de gran y mediana escala bajo condiciones formales, estos proyectos no están exentos del uso de sustancias potencialmente peligrosas, como es el cianuro, en la extracción del oro.

En cuanto a los análisis realizados por el SGC, estos evidencian que los túneles de exploración que se han desarrollado alrededor del municipio de California exhiben unos pH muy ácidos, de hasta 3 unidades. Estos valores indican que las aguas que emanan de los túneles han presentado procesos de acidificación lo cual se explica como resultado de la interacción de las aguas naturales con ácido sulfhídrico generado por la interacción de la pirita (Sulfuro de Hierro – FeS_2) con condiciones atmosféricas bajo las cuales no es estable, algo que ya se expuso en el componente geoquímico del presente documento.

De acuerdo a la información aportada por el SGC, la acidificación de las aguas subterráneas que emanan en las bocaminas de túneles empleados para actividades de pequeña minería está acompañada por la presencia de aguas fuertemente mineralizadas. Se destaca el caso de los túneles Los Sapos, El Emboque y El Tigre, donde las muestras analizadas arrojaron valores por encima de lo permitido por la norma en Arsénico (As), Níquel (Ni), Cobre (Cu) y

Cadmio (Cd). El SGC destaca que, durante las campañas de muestreo realizadas a la zona de estudio, se evidencio que, en varios de estos túneles, asociados a actividades mineras de pequeña escala, no se cuenta con sistemas de tratamiento y las aguas acidificadas pasan a entrar en contacto directo con las aguas superficiales.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, es claro que en el área de reserva temporal ya se ha manifestado el impacto de alteración a la calidad de las aguas subterráneas producto de las actividades de minería a pequeña escala, las cuales han generado la acidificación de aguas subterráneas producto de la disolución de la piritita, mineral que contiene los metales de interés junto a otros elementos que resultan potencialmente peligroso para la salud y que se han estado liberando en las aguas subterráneas y superficiales en la zona, aumentando sus concentraciones por encima de los valores establecidos por la norma.

Para el caso de la minería a gran escala, si bien no se espera que exponga la misma cantidad de materiales peligrosos con las aguas subterráneas, ya que se plantean medidas de manejo frente a la infiltración de aguas subterráneas y los procesos de acidificación, sigue existiendo un riesgo asociado, por ejemplo, a la construcción y botaderos y relaves los cuales no presentan metales de interés comercial y económico pero sí pueden contar con la presencia de elementos potencialmente peligrosos que podrían entrar en contacto con los suelos e incluso permear en las aguas subterráneas si no se realiza un adecuado aislamiento de los depósitos.

Como conclusión respecto a este impacto, la información aportada por el SGC muestra que la pequeña minería ya ha provocado cambios definitivos en la calidad de las aguas subterráneas de la quebrada La Baja y en caso de desarrollarse proyectos de mediana y gran escala existe el riesgo de intensificación y acumulación del impacto por la interacción con nuevos elementos.

Igual como se plantea en el impacto sobre la disponibilidad de las aguas subterráneas, la conformación de una reserva temporal en el área de Santurbán podría no solamente prevenir la contaminación de nuevas fuentes hídricas, sino favorecer la implementación de estrategias para revertir y reducir la extensión de los impactos que ya se hayan podido generar por las actividades mineras que se desarrollan en la zona.

3.1.5 Componente hidrológico

A nivel regional la Cuenca del río Vetás es una subcuenca del Río Surata, la cual se encuentra ubicada en la parte alta de la vertiente. La subcuenca del río Vetás tiene un área estimada de 157,23 Km² y una elevación media de aproximadamente 3157,97 m.s.n.m (IDEAM, 2023).

A nivel general, según las características morfométricas de la cuenca del río Surata, casi todas las subcuencas tienen forma oval – oblonga. En ese sentido, sin tener en cuenta otros condicionantes de las dinámicas hidrológicas, como coberturas, suelos y rocas, esto significa que la cuenca del río Vetás, dada su ubicación en la cuenca alta del Surata, cuenta con mayor propensión a concentrar el agua de forma más rápida, por lo cual se podría decir que esta tiene una tendencia al comportamiento torrencial.

Las pendientes medias presentan valores altos en todas las subcuencas del río Surata, lo que se interpreta como cuencas con alta energía para procesos erosivos y de movimientos en masa y, en términos generales, cuencas con restricciones de uso para actividades

antrópicas. La elevación media da cuenta de subcuencas de alta montaña, con alta presencia de zonas de páramo y subpáramo

La densidad de drenaje presenta valores altos en todas las subcuencas, lo cual se puede explicar por la presencia de rocas altamente fracturadas que favorecen la formación de nacimientos, manantiales y cauces de primer orden. Además, una alta densidad de drenaje puede significar cuencas con mayor torrencialidad debido a tiempos de concentración menores con respecto a cuencas con menor densidad de drenaje.

Con respecto a la variación interanual de los caudales en la zona, se debe resaltar que todos los canales de la cuenca del Suratá presentan un ciclo bimodal con periodos altos en los meses de **abril-mayo y octubre-noviembre**. En algunos canales el veranillo de mitad de año es más marcado que en otras zonas, dicho veranillo en otras subcuencas no reduce su caudal drásticamente. (IDEAM 2023).

Conforme con los análisis realizados por el IDEAM, el Caudal anual multianual en la cuenca del río Vetás presenta un valor de 2,70 m³/s. Se estima en el análisis que la esorrentía media anual en la subcuenca del río Vetás puede ser de 547 mm.

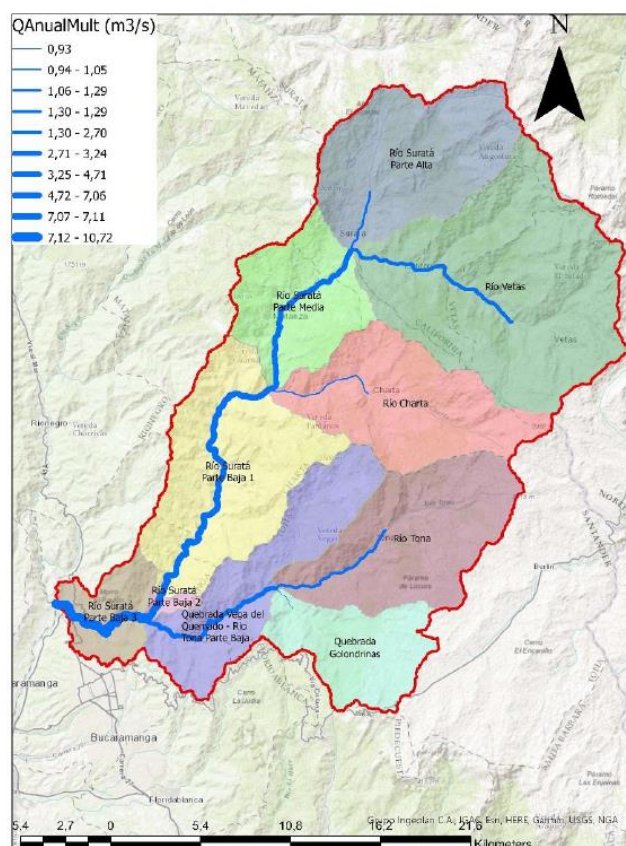


Figura 29. Caracterización hidrológica del agua superficial en términos de cantidad en la cuenca del río Suratá.

Fuente: IDEAM y MADS, 2023

Por otra parte, de acuerdo con lo caracterizado en el estudio se estima que el índice de regulación Hídrica para la subcuenca del río Vetás, presenta un valor aproximado de 0.73

lo cual lo clasifica, según los parámetros del ENA, como un IRH moderado y un índice de aridez con un valor de 0,26.

Según el estudio realizado por el IDEAM denominado “*Diagnóstico de la calidad del agua superficial en la Subcuenca del Surata*”, se identifica que las principales actividades en la subcuenca del río Vetás son la minería a pequeña escala y el sector pecuario.

Con relación a la medición de la calidad del recurso hídrico en la zona, el sector cuenta con el punto de monitoreo **Puente Panega (23197270)**, ubicado sobre el río vetas, a la altura del municipio Surata Santander, propuesta con el objetivo de evaluar condiciones de la calidad del agua teniendo en cuenta actividades como la explotación minera (oro), aguas residuales domésticas, y como principal afluente del río Surata, afluente del río Lebrija.

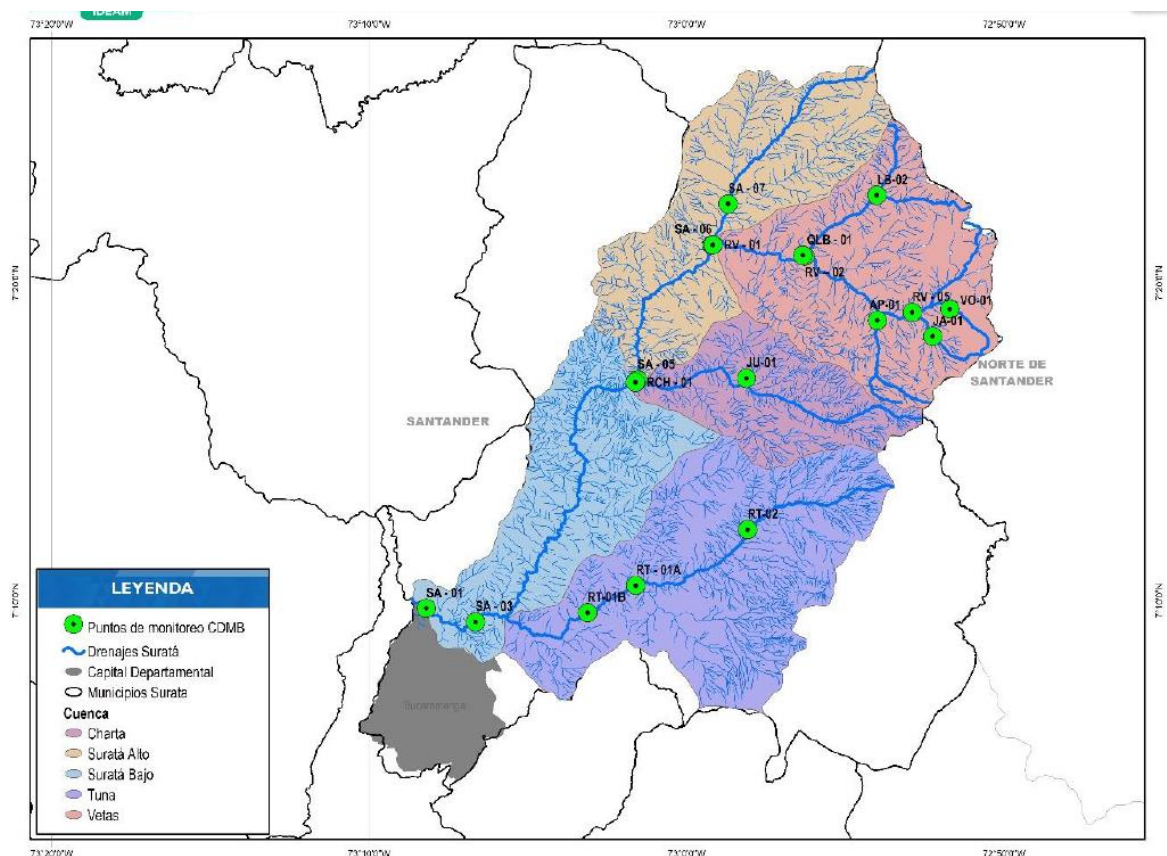


Figura 30. Puntos de monitoreo ubicados en la subcuenca del Surata, propuesta en el PIRMA de la CDMB.

Fuente: IDEAM y MADS, 2023

3.1.5.1 Alteración en la calidad del recurso hídrico superficial

Con el fin de identificar impactos asociados a la actividad minera de gran, mediana y pequeña escala, de acuerdo con las actividades que se ejecutan actualmente en la zona, es importante mencionar que la alteración en la calidad del recurso hídrico superficial en la zona de Vetás - California puede estar relacionado con el vertimiento de aguas contactadas

(drenaje ácido), proveniente de los túneles de explotación La Perezosa y Vetabarro, utilizados en la exploración por la empresa Eco Oro minerals Corp. Sucursal Colombia.

Es de destacarse que en la zona existen cuerpos de agua, como las quebradas La Baja y Angostura, las cuales drenan sus aguas finalmente al Río Vetaz, con una posible afectación por drenaje ácido de los túneles exploratorios intervenidos (La Perezosa y Vetabarro) y de las escombreras, producto de aguas de contacto, así como, un deficiente control y manejo de escorrentía superficial dado que no existen en la zona obras para el manejo eficiente del drenaje superficial. Esto incide en que existan posibles alteraciones en la calidad del recurso hídrico de las fuentes superficiales donde se direccionan las aguas de escorrentía de las escombreras dada su composición y falta de estabilidad del material dispuesto en estas escombreras. Lo anterior, incide en que el agua superficial tenga alto potencial de transportar agentes contaminantes producto de la actividad minera, y que por procesos de infiltración, posiblemente generen impactos negativos en la calidad del agua subterránea y superficial.

Eco Oro Minerals Corp. Sucursal Colombia estimó que requeriría una planta de tratamiento de aguas residuales industriales que en la actualidad se encuentra en operación, con un permiso de vertimiento de 30 l/s el cual se encuentra vigente

Dada la presencia de aguas con drenaje ácido como resultado de procesos de infiltración dentro de los túneles exploratorios que no están siendo dirigidas hacia la PTARI, dado que sólo drenan hacia esta planta los caudales de salida de los túneles Veta Barro y La Perezosa, esto puede significar posibles afectaciones al suelo debido a la infiltración y al escurrimiento de estas aguas ácidas en los cuerpos de agua de la cuenca donde se encuentran ubicados los túneles. Así mismo, se pueden generar afectaciones en la estabilidad de las escombreras por infiltraciones del agua lluvia no controlada.

Así mismo, de acuerdo con el estudio realizado por Aris Gold Corporation, relacionado con la Mina de Soto Norte, describen que el área de la mina se encuentra dentro de la cuenca de La Baja, con sus dos afluentes principales las quebradas Angostura y Páez. La quebrada La Baja es una afluente al río Vetaz, que finalmente desemboca en el Surató. El sitio de la planta de Padilla, incluyendo DSF y las instalaciones de tratamiento de agua asociadas, han sido planeados en afluentes menores del río Surató. Los caudales de los arroyos más grandes son sostenidos por el flujo de base descargado de agua subterránea, pero son muy variables en respuesta a los eventos de lluvia.

En consecuencia, de lo anterior, el hecho de contar con una cuenca en donde se pueden presentar comportamientos torrenciales, sumado a la explotación minera, la implementación de relaves, escombreras, etc, puede generar impactos negativos en el recurso hídrico superficial, principalmente modificando la dinámica del drenaje, lo que puede conllevar a detonar movimientos en masa, transporte de contaminantes que por infiltración pueden deteriorar el recurso hídrico subterráneo.

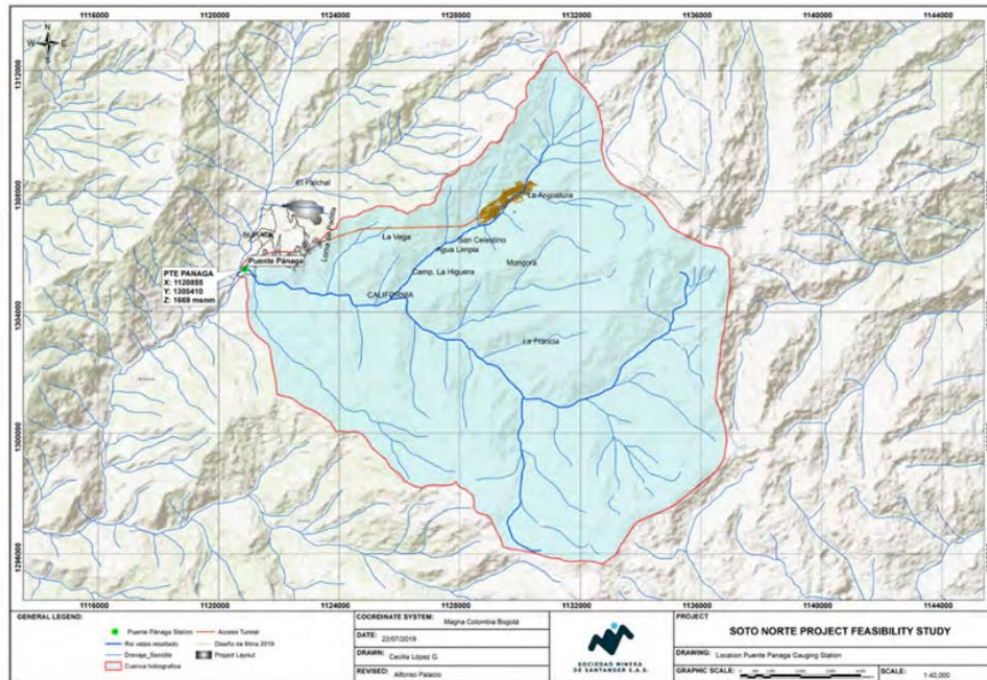


Figura 31. Ubicación de la estación Pte. Panaga, en el sistema de drenaje proyectado
Fuente: SRK Consulting, 2021

Así mismo en el estudio encuentran que las fuentes de agua de los arroyos locales en Soto Norte están clasificadas con un alto Índice de Regulación Hídrica, lo que significa que la combinación de clima, suelos, hidrogeología y uso del suelo proporcionan una alta producción de agua durante la estación seca como en la húmeda. Varios arroyos de la zona, sin embargo, están clasificados con un índice de uso bajo que indica estrés hídrico en la zona.

Lo anterior podría indicar que existen demandas de determinadas actividades, como puede ser la minería, que generan impactos en la disponibilidad del recurso en la zona.

De acuerdo con este análisis se menciona que la calidad del agua predominante en el área del proyecto es "Aceptable" con algunos arroyos locales de "Regular" y "Mala" calidad. El recurso hídrico también tiene un alto potencial de contaminación debido a la minería de origen informal especialmente en California y Vetas. Adicionalmente, en la parte alta de la quebrada La Baja, predominantemente cuenta con una mala calidad debido a las operaciones mineras a pequeña escala que descargan sus aguas residuales industriales sin tratamiento; mientras que la parte inferior de la quebrada La Baja muestra mejor calidad debido a la dilución por afluentes no afectados.

3.2 MEDIO BIÓTICO

3.2.1 Componente flora y fauna.

Coberturas de la tierra

De acuerdo con la información cartográfica generada por el IDEAM (2017) a partir de la metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia (escala 1:100.000), para el área del establecimiento de la reserva temporal se reporta la mayor asociación de territorios agrícolas lo cual ocupa el 60,3% del área total seguido de bosques y áreas seminaturales que ocupan el 39% del polígono. A continuación, se presenta la distribución de coberturas de la tierra asociadas al área de interés considerando el tercer nivel de análisis evidenciando la dominancia de las coberturas de pastos limpios, bosque denso y vegetación secundaria o en transición.

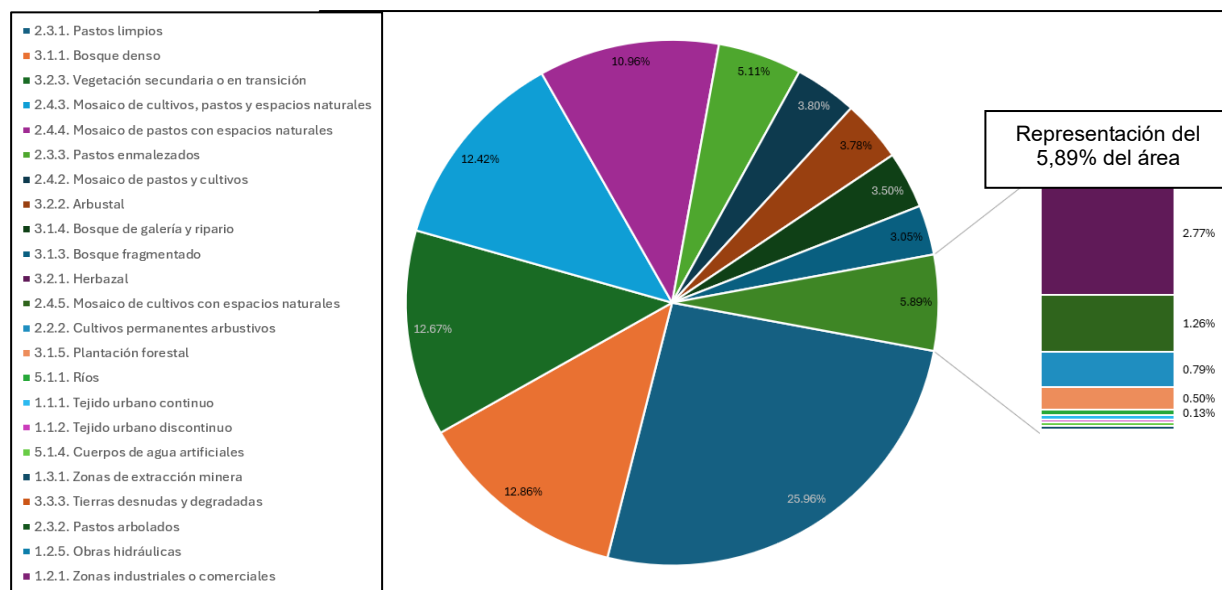


Figura 32. Relación de coberturas vegetales asociadas al área delimitada para la reserva temporal.

Fuente: ANLA. A partir de información cartográfica generada por el IDEAM (2017)

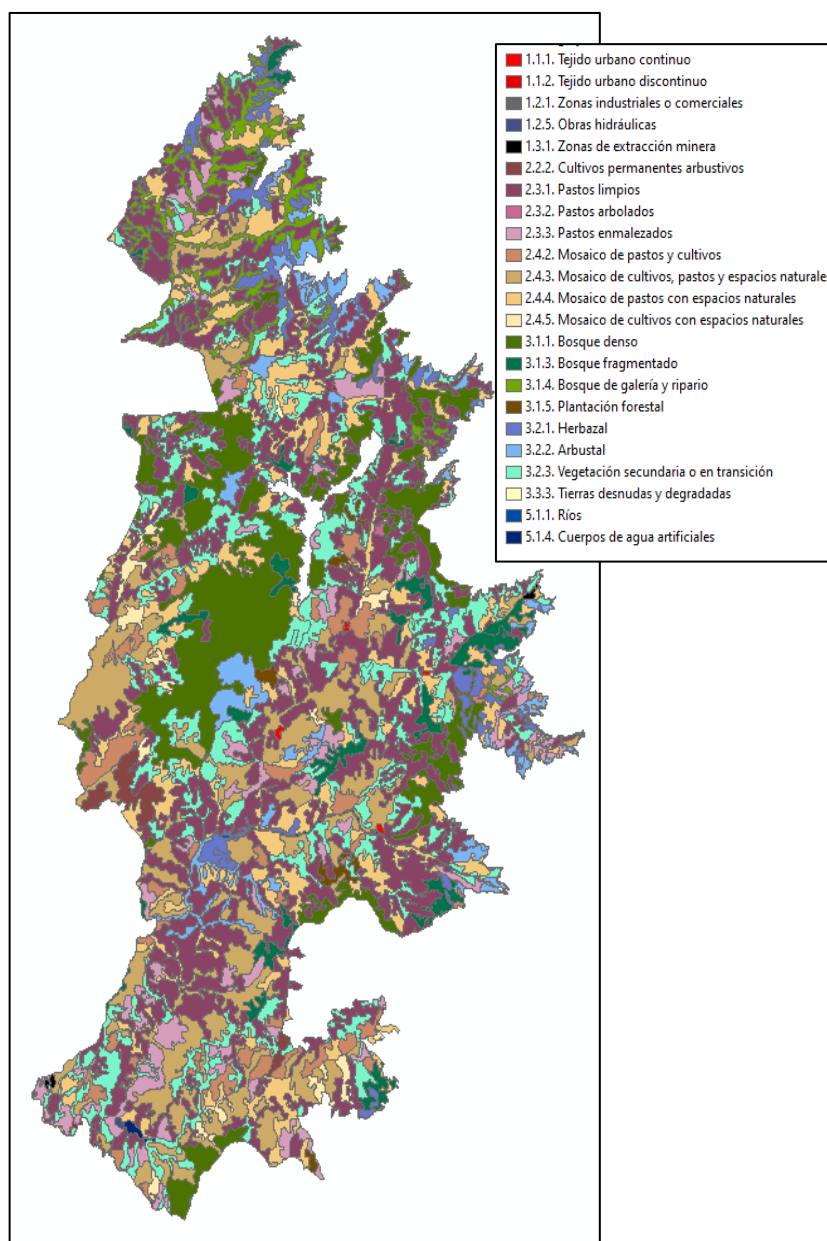


Figura 33. Delimitación de coberturas de la tierra asociadas al área preestablecida para la reserva temporal.

Fuente: ANLA. A partir de información cartográfica generada por el IDEAM (2017)

Considerando que como se evidencia a continuación, el área delimitada para la reserva temporal se traslapa con zonas que cuentan con plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica, que para el caso corresponden al POMCA Alto Lebrija y POMCA Cachira sur, se considera importante destacar que mediante dichos instrumentos se definieron y delimitaron las unidades de cobertura de la tierra utilizando la metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia (IDEAM, 2010), desarrollada en el periodo 2004-2007 por la alianza IDEAM-IGAC-CORMAGDALENA, reportando información a escala 1:25.000.

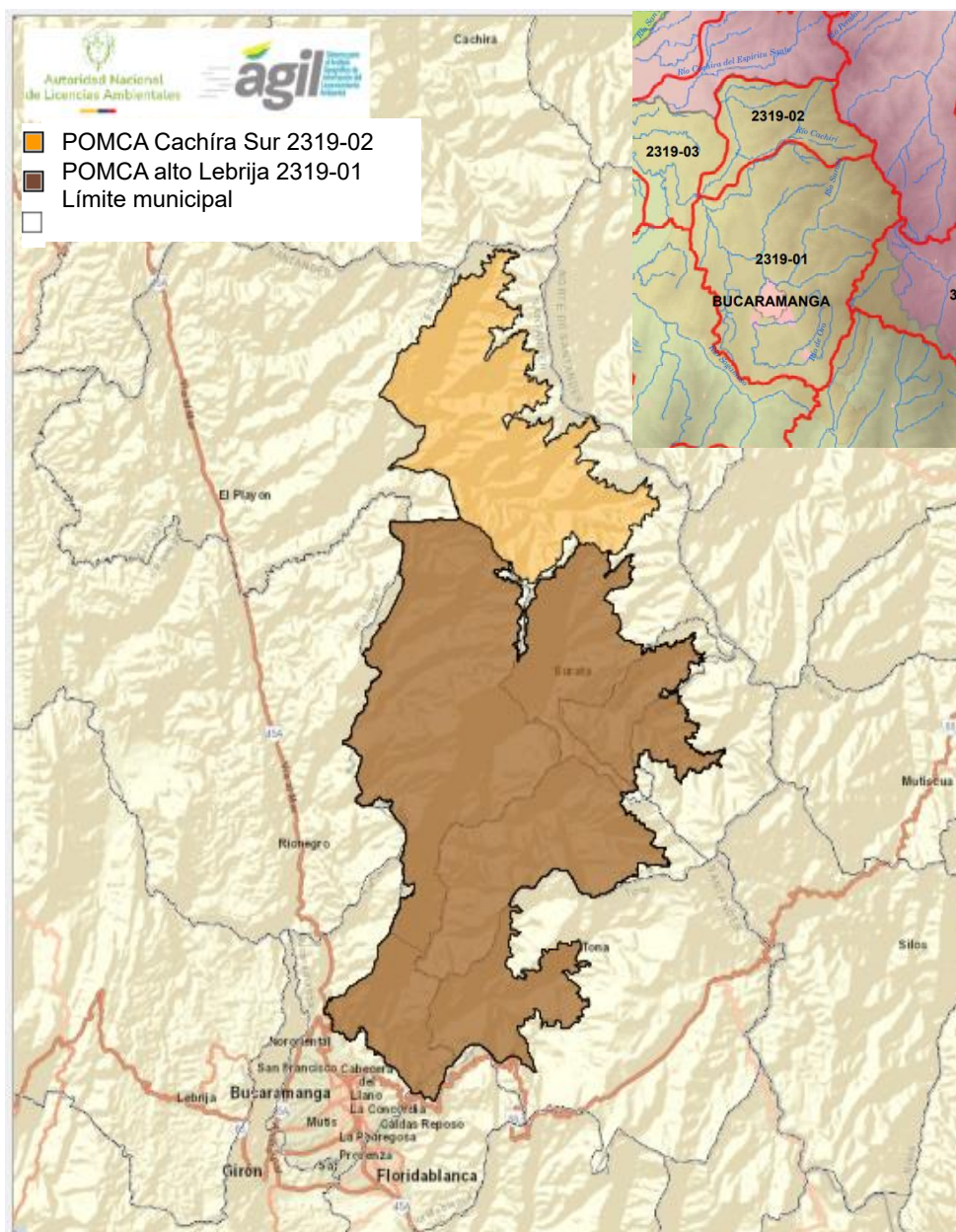


Figura 34. Delimitación de POMCAS asociados al área preestablecida para la reserva temporal.

Fuente: ANLA. A partir de información cartográfica generada por el POMCA Alto Lebrija y POMCA Cachira sur

De acuerdo con lo anterior, para la cuenca hidrográfica Alto Lebrija el correspondiente POMCA reporta que la cobertura de mayor representatividad corresponde a Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (16,98%) seguida de vegetación secundaria alta (10,92%), pastos limpios (9,67%) y bosque denso alto de tierra firme (9,6%), ahora bien, con respecto a la información reportada para la cuenca hidrográfica del río Cachira sur, se considera que la mayor representatividad de cobertura corresponde a Bosque fragmentado (23,05%), seguido de bosque denso bajo de tierra firme (16,88%), pastos limpios (16,8%),

con una importancia participación además de Arbustal denso (11,55%) y vegetación secundaria (10,52%).

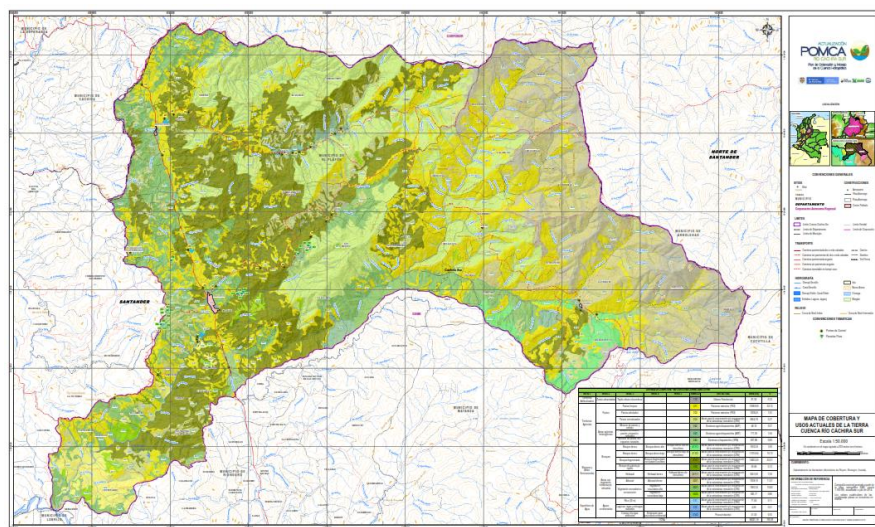


Figura 35. Unidades cartográficas de cobertura de la tierra de la cuenca hidrográfica Cachira Sur
Fuente: POMCA río Cachira sur

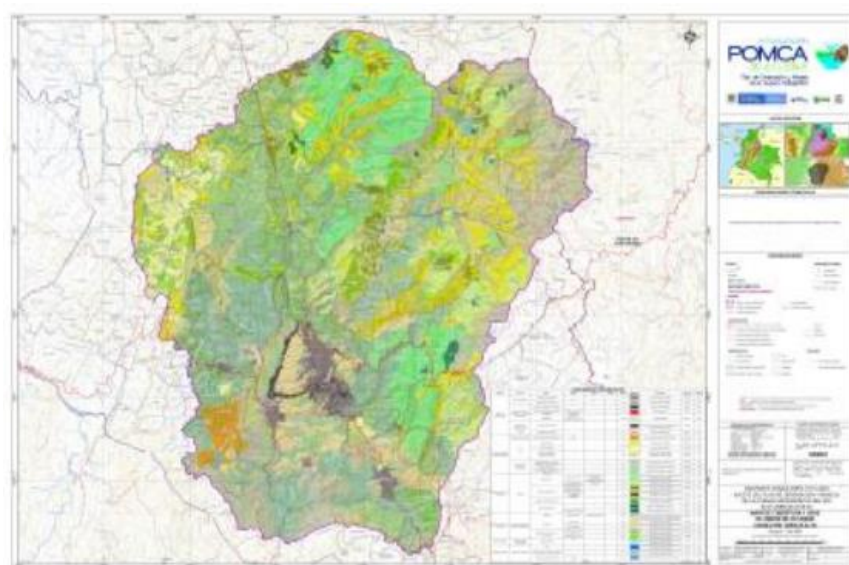


Figura 36. Unidades cartográficas de cobertura de la tierra de la cuenca hidrográfica Alto Lebrija
Fuente: POMCA río Alto Lebrija

De otro modo, como se plantea en la imagen que se presenta a continuación, es de destacar la asociación de parches de relictos de bosque seco tropical ecosistema que ha sufrido importantes procesos de conversión, siendo considerado en Colombia como uno de los ecosistemas más degradados, fragmentados y menos conocido (Etter, 1993), los cuales se encuentran asociados a los municipios de California, Tona, Matanza y en mayor proporción al municipio de Charta y Bucaramanga.

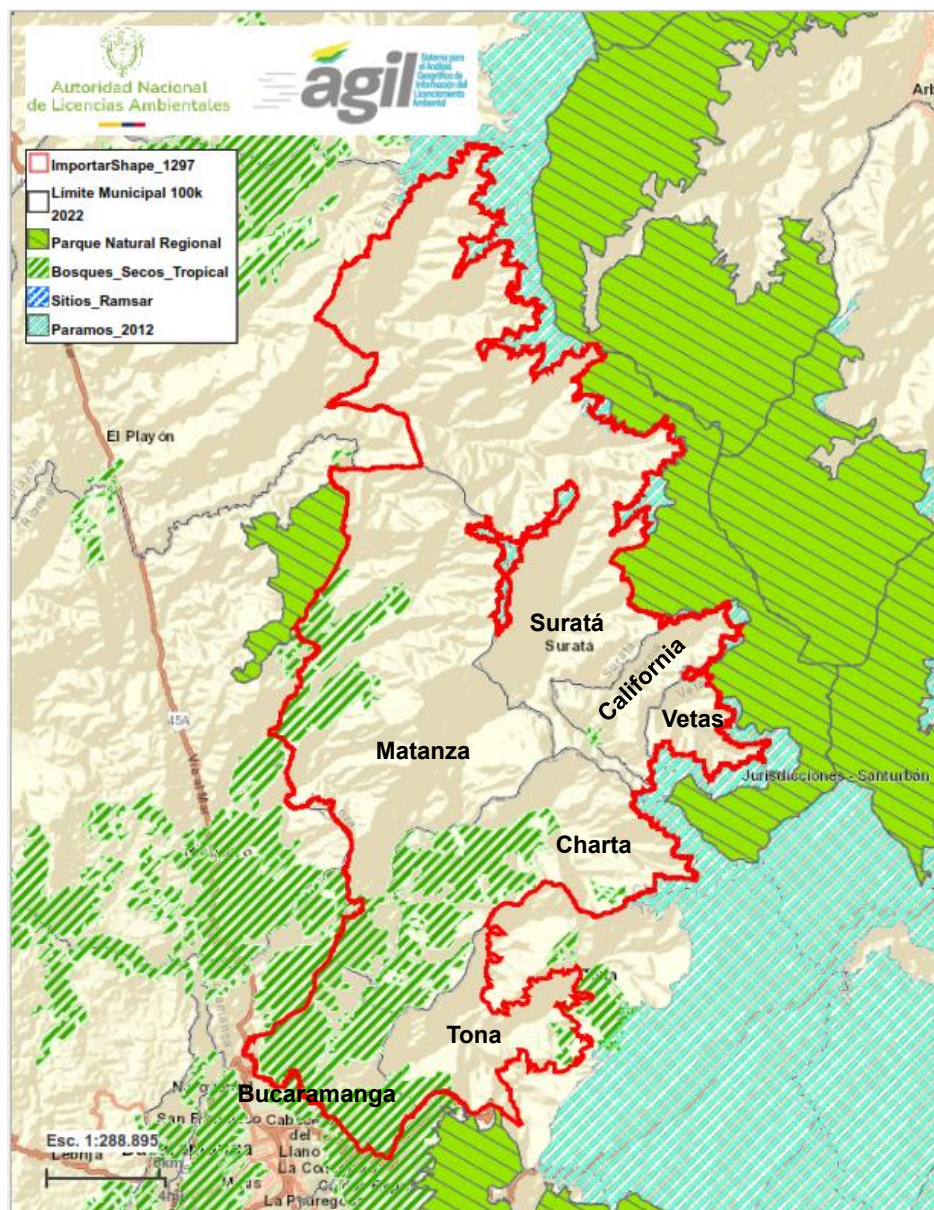


Figura 37. Relación de relictos de bosque seco tropical asociados al área delimitada para la reserva temporal

Fuente: Sistema de información geográfica – AGIL - ANLA

Flora

Con base en la información que reposa en el Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia (SiB Colombia), a partir de datos disponibles para la provincia de Soto Norte, en relación a las características particulares de las unidades de cobertura vegetal identificadas para el área de interés, para la cobertura de Bosque Denso de Tierra Firme es de destacar la presencia de Robledales entendida como una formación vegetal dominada por individuos de la especie Roble (*Quercus humboldtii*) -última especie del género *Quercus* casi endémica y en categoría de amenaza (MADS, 2024) y al estar asociados a la vertiente occidental de la Cordillera Oriental hacen parte de los llamados “Robledales Andinos”, los

cuales revisten alta importancia ecológica y contribuyen a la conservación de la diversidad biológica, ya que ofrecen una variedad de hábitats esenciales para muchas especies de flora y fauna.

Asociado a las coberturas boscosas y dadas las características del área en términos de humedad, se debe considerar la asociación de especies de briófitos, líquenes, bromelias, orquídeas y helechos, así como la relación de una abundante oferta alimenticia de frutos y semillas, así como refugio de especies silvestres.

Por otra parte, la vegetación secundaria presenta un alto grado de riqueza específica y asociación de especies de alta importancia ecológica como son el Roble (*Quercus humboldtii*), el Laurel (*Nectandra cuspidatata*), el cordoncillo (*Piper* sp.), las cuales dan a esta cobertura un valor natural clave para el mantenimiento de la biodiversidad y de la conservación de múltiples servicios ecosistémicos como la conservación del recurso hídrico, el control de erosión, la regeneración de suelos a largo plazo, la preservación de especies empleadas por las comunidades de la zona como alimento y medicina y el mantenimiento de bancos de semillas nativas entre otras.

Fauna

De acuerdo con los reportes de fauna registrados en el Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia (SiB Colombia, 2024), se considera la asociación de especies de venados (*Mazama Rufina* y *Odocoileus cariacou*) y del pecarí (*Pecari tajacu*) lo cual puede evidenciar el buen estado de las coberturas naturales. Adicional se registran siete especies de depredadores del orden Carnívora (2 canidos, 3 gatos, y 2 mustélidos), lo cual puede ser considerado un indicador de disponibilidad de presas de diferentes tamaños, lo que se debe asociar a la diversidad de hábitats. Es de aclarar que, de estas siete especies de depredadores, solo 2 (*Puma yagouarundi* y *Eira barbara*) se asocian a coberturas poco intervenidas, mientras que las restantes cinco especies (*Cerdocyon thous*, *Urocyon cinereoargenteus*, *Leopardus pardalis*, *Puma concolor*, y *Mustela frenata*) son de hábitos más generalistas y pueden estar tanto al interior del bosque como en bordes y aun en áreas abiertas.

Asimismo, se reporta la presencia de la guagua loba (*Dinomys branickii*) la cual se encuentra clasificada como Vulnerable (VU) en el listado de especies amenazadas para Colombia (MADS, 2024), y en listados internacionales como el de la IUCN (2023)¹ y CITES (2023)² se mencionan el venado (*Mazama rufina*) y el tigrillo (*Leopardus pardalis*). Dos de los ratones registrados (*Neomicroxus bogotensis* y *Nephelomys cf. Meridensis*) se consideran casi endémicos, al igual que el erizo (*Coendu pruinosus*).

3.2.1.1 Alteración al medio biótico

Los impactos que se puedan generar al medio biótico por el desarrollo de proyectos mineros se encuentran estrechamente relacionados con las características específicas del proyecto y en particular para el caso de minería subterránea tienen un componente importante que no tienen una relación directa con la localización de los títulos mineros toda vez que las áreas de mayor intervención e impacto están asociadas a la infraestructura de apoyo y a

las áreas de depósito de relaves, escombreras, bodegas, entre otras las cuales no necesariamente tienen que estar limitadas al área del título.

De acuerdo con lo anterior, a continuación, se presenta la relación de impactos de probable ocurrencia por el desarrollo de un proyecto de minería los cuales pueden ser subdivididos conforme a la categoría de impacto específico, basándose en las diferentes experiencias que tiene la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales.

Tabla 9. Impactos de probable ocurrencia por el desarrollo de proyectos de minería.

CATEGORÍA ESTANDARIZADA DE IMPACTOS	DEFINICIÓN
Alteración a la hidrobiota incluyendo la fauna acuática	Cambio en las comunidades hidrobiológicas que generan: Alteración de las poblaciones y/o comunidades acuáticas Cambios en la riqueza, composición, abundancia y diversidad de las especies, en la distribución, comportamiento, entre otras
Alteración a ecosistemas y hábitats acuáticos	Cambio en los ecosistemas y hábitats acuáticos que generan: Cambios en disponibilidad del hábitat, paisaje ecológico acuático o interacciones ecológicas Cambio en la conectividad ecosistémica, entre otras.
Alteración a ecosistemas y hábitats terrestres	Cambio en los ecosistemas y hábitats terrestres que generan: Cambios en disponibilidad de hábitats terrestres Alteración de procesos ecológicos (alimento, refugio, zonas de reproducción, corredores de movimiento, interacciones ecológicas, etc.), entre otros.
Alteración a comunidades de flora	Cambio en las comunidades de flora que generen: Disminución de individuos o ejemplares de una o más especies Modificación de poblaciones Cambio en su composición, estructura y función
Alteración a comunidades de fauna terrestre	Cambio en el comportamiento, distribución, supervivencia, habilidad reproductiva, composición y estructura, entre otros, de la fauna silvestre, como consecuencia de la interacción directa o indirecta con el ser humano en la ejecución de un proyecto, obra o actividad.
Alteración de la estructura ecológica del paisaje	Cambio en la extensión (área), forma (geometría) y distribución de las coberturas vegetales y función (según Corine Land Cover 2.3.2, 2.4, 3 y 4.1.3) como consecuencia de un POA que generan: i) Disminución de coberturas, ii) efectos de borde, iii) fragmentación de coberturas, iv) disminución de la conectividad estructural y funcional, entre otros

Fuente: Tomado del instrumento de Estandarización y jerarquización de impactos ambientales de proyectos licenciados por ANLA (ANLA, 2023)

Por último, respecto a los impactos que se pueden generar a partir de la minería a gran escala y mediana escala, se contempla que el mayor impacto ocurre principalmente en las áreas destinadas para apoyo minero en superficie, contemplando además las áreas de depósito de desecho de roca y relaves.

La alteración de las coberturas vegetales y remoción de la capa vegetal para ubicar la infraestructura mencionada tiende a degradar, dañar o destruir la composición, estructura y funcionamiento de los ecosistemas asociados a la infraestructura minera, así como interrumpir o transformar la funcionalidad de procesos ecológicos, modificar la estructura ecológica del paisaje, los hábitats y la asociación de fauna y flora local, tanto en ecosistemas terrestres como acuáticos.

Las obras y actividades de minería desarrolladas en la provincia de Soto Norte que pueden relacionarse con minería a gran y mediana escala, tienden a estar asociadas al establecimiento de las plataformas de perforación exploratoria, la construcción de vías, así como el establecimiento de escombreras y depósitos de relaves, entre otros, las cuales corresponden a actividades generadoras de impactos como son la alteración de la

estructura ecológica del paisaje, fragmentación, pérdida de conectividad, alteración de ecosistemas, pérdida de hábitat de fauna silvestre y alteración de las comunidades de flora.

Por otra parte, en la minería a pequeña escala la alteración a la cobertura vegetal de la escala está relacionada principalmente a la apertura de vías de acceso y con bulldozer, los cual genera deforestación y remoción de la capa vegetal.

Adicionalmente, se identifica la degradación del suelo por el uso de sustancias como mercurio y cianuro en el proceso de beneficio de oro, lo cual, además afecta directa o indirectamente los ecosistemas acuáticos y los recursos hidrobiológicos que puedan existir en un territorio, así como potencialmente la fauna terrestre por procesos de bioacumulación.

De acuerdo con lo anterior, si bien en la minería a pequeña escala el impacto puede ser percibido como de menor importancia, tiende a generar varios de los impactos identificados para la minería a gran escala, adicional, el medio biótico puede tener afectaciones significativas en sus condiciones naturales por el desarrollo de la infraestructura asociada a esta explotación y el manejo de sustancias contaminantes sin ningún tipo de control.

Por último, teniendo en cuenta los impactos potenciales identificados para el medio biótico y dado que de manera preliminar se considera que el área cuenta con diversos atributos que la conforman como una zona de alta importancia ambiental evidenciando la asociación de coberturas vegetales naturales y seminaturales, se considera que el desarrollo de actividades mineras en el área preestablecida para la delimitación de la reserva temporal, de acuerdo con las dimensiones de la intervención, podrá tender a generar cambios en la diversidad a nivel local y regional, alteración en la disponibilidad de servicios ecosistémicos, reducción de área importantes como fuente de hábitat, refugio y alimento para diferentes especies de fauna e incluso, cambios en las poblaciones de flora y fauna de especies de alta importancia por su distribución restringida y por su condición de amenaza las cuales enfrentan un riesgo de extinción.

3.3 MEDIO SOCIOECONÓMICO

3.3.1 Componente demográfico

Según el tipo de minería, el personal requerido para cada proyecto impacta directamente en la empleabilidad de un territorio, generando un aumento en la variación poblacional en los municipios donde se encuentren ubicados estos proyectos mineros, dadas las altas expectativas que generan los proyectos de alta envergadura; un proyecto de minería a gran escala proyecta dentro de su personal requerido un estimado de 300 a 700 personas, en comparación con un proyecto a pequeña escala en la cual se requiere un promedio de 20 personas directas, la tendencia a una explosión demográfica se puede presentar según la escala del tipo de minería.

3.3.1.1 Cambio en las variables demográficas

Los efectos que puede producir este aspecto, varían notablemente en magnitud y orientación dependiendo de las características del proyecto y de la región en la cual se localiza, aspecto importante en el cual hay que puntualizar dadas las condiciones mineras en donde se encuentran ubicados estos proyectos, pues la región Soto Norte (Surata,

California, Vetás, Tona, Matanza, Charta y Cachiri) son municipios con tradición minera, su población ha estado rodeada de minería, por lo cual es probable que el impacto asociado a explosión demográfica se presente específicamente con la contratación de mano de obra calificada.

Minería pequeña escala

La minería que tradicionalmente se ha desarrollado en Vetás y California ha sido principalmente de pequeña escala con bajo desarrollo tecnológico. Muestra de ello es que para el año 2014 el 0,48% de la producción de oro del país provino de estos dos municipios. Alrededor del 80% de la población tanto de Vetás como de California en conjunto dependía de la actividad minera, esto para el año 2013 de acuerdo con un estudio realizado por la Fundación Guayacanal. (Echavarría, 2013).

Las principales características de la minería en donde se constituyeron empresas es la de hacer explotación considerada dentro de la pequeña minería mediante la figura de asociaciones familiares con contratación de obreros provenientes de los municipios cercanos a las minas, en este caso de California y Vetás, y en menor grado Suratá. En el municipio de Vetás y en alguna medida en el de California existen relaciones de compadrazgo y complementariedad con otras actividades tales como la agricultura, la música y la capricultura, que no se presentan con las grandes empresas mineras (Buitrago, 2012).

Según Buitrago Hernández, (2012), la agricultura y la minería, como labores que sustentan los medios de vida siempre han estado presentes en estos municipios y ha habido momentos en que una es la principal actividad y otros en que es secundaria. La relevancia de una u otra ha dependido del auge o receso de la actividad minera. Hacia la década de 1970, se inició la migración de la minería como actividad principal, momento que coincide con la formación de las primeras empresas de minería a pequeña escala. Antes de ello, la actividad principal era la agricultura. Hecho similar ocurre en el caso del municipio de California, con la diferencia de que, dada una temporalidad más extensa por parte de las grandes empresas, la actividad secundaria en el sector agropecuario es mínima.

Minería a mediana y gran escala

La historia reciente de los municipios que conforman Soto Norte está marcada por al menos dos hitos importantes; un primer hito es el retorno y nuevo intento por establecer gran minería en la zona y el segundo hito hace referencia a la delimitación de la línea de páramo.

El primero de los hitos comprende un periodo desde 1997 hasta el 2009 que incluye la llegada y establecimiento de las primeras empresas, Greystar y otras empresas internacionales CVS, CALVISTA y GALWAY.

Según (Sabogal, 2011) para 2005, la empresa más grande contaba con 355 trabajadores empleados, 160 de ellos directos y 195 indirectos, de los cuales 78% eran oriundos del municipio siendo el máximo de empleados durante los estudios de factibilidad, y en donde alcanzaron la cifra de 451 empleados, un número importante de trabajadores en un municipio cuya población en 2005 era de 1.783 habitantes.

Los anteriores aspectos, dan cuenta de los procesos de explosión demográfica que se han dado en el territorio en especial con la minería a gran escala, en ese sentido, se presenta un aumento en la presión por la necesidad de cumplimiento de servicios básicos necesarios

como agua, energía, alimentación, educación, salud, entre otros; a su vez, cambios en las dinámicas e interacciones sociales, como cambios en la actividad económica principal de los hogares, tendencia al alza de precios por mayor disponibilidad económica, condiciones de inseguridad, migración social, diversidad cultural, aumento en los requerimientos de infraestructura de obras públicas como vías, colegios, etc. que llegan a ser insostenibles durante todas las etapas de un proyecto minero a gran escala.

La siguiente gráfica ubica espacialmente la zona de reserva temporal y la delimitación de los municipios involucrados, así como los datos poblacionales fuente Censo DANE 2018 que tiene cada uno de estos municipios.

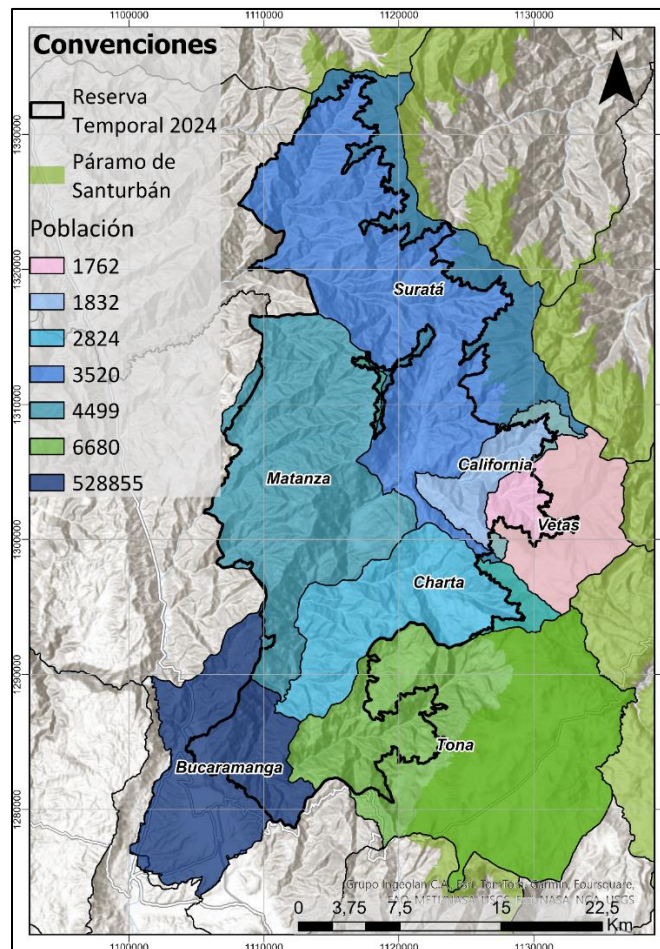


Figura 38. Delimitación político – administrativa zona de reserva temporal y número de habitantes por territorio.

Fuente: Sistema de información geográfica – AGIL - ANLA

La mayoría de los municipios donde está concentrada la actividad minera a pequeña escala se destacan por pertenecer a categoría sexta³, municipios con población inferior a 10.000 habitantes que responden a una limitada capacidad de inversión social que solo les permite efectuar mantenimientos y mejoramientos puntuales en la infraestructura y en la calidad de los servicios, manteniendo paulatinos procesos de deterioro y dificultades para atender nuevos usuarios.

Como evidencia de estos fenómenos poblacionales en el municipio de California entre el 2005 y 2018 fue de 1783 a 2182 personas, siendo el único municipio del sector (Suratá, Charta y Vetás) con un aumento en la población; adicionalmente, sobresale que la actividad económica principal en 2005 era la comercialización de servicios y productos (solamente un 16,8%), mientras que en 2018 un 53,4% de la población se dedica a la actividad minera. (Buitrago, 2012)

³ Ley 617 de 2000. Sexta categoría. Todos aquellos distritos o municipios con población igual o inferior a diez mil habitantes (10.000) habitantes y con ingresos corrientes de libre destinación anuales no superior a quince mil (15.000) SMLV.

La minería a mediana escala se localiza en zona rural donde la actividad minera tradicional informal ha sido desarrollada por generaciones, las comunidades de esta zona saben de minería y se han dedicado a esto de generación en generación, por lo cual la contratación laboral tendría que beneficiar en primera instancia a comunidad de la zona por sus antecedentes.

Sin embargo, para proyectos mineros a mediana y gran escala, la gran demanda de mano de obra atrae a población foránea, la cual en algunos casos predomina sobre la que está asentada en la región, la llegada de población incrementa considerablemente la demanda de bienes y servicios, lo cual hace que el costo de vida aumente y que la infraestructura de servicios muchas veces no sea suficiente.

Además, la llegada de población produce choques socio – culturales con la población residente, pudiéndose presentar otros problemas sociales.

3.3.1.2 Modificación de la infraestructura física y social, y de los servicios públicos sociales

La construcción de nuevas obras para proyectos mineros implica una serie de actividades que pueden afectar a los residentes de la zona, dentro de estas se pueden señalar el aumento considerable del tránsito, el transporte de materiales, los botaderos de material, apertura de túneles, actividades que ocasionan daño en las vías de acceso de las comunidades, contaminación por ruido y polvo, se podrían presentar afectaciones a la infraestructura física y social y alteración en la prestación de servicios públicos y sociales por la llegada de población foránea.

Minería a pequeña escala

Según la información incluida en la tabla 4 para este tipo de minería los elementos utilizados para cada una de las actividades son equipos o materiales que no generan movimientos significativos por vías de la zona, debido a el método de extracción que es ensanche de tambores y/o diagonales en el rumbo.

La planta de beneficio, las instalaciones de soporte y el transporte no representa desplazamientos significativos en vías, ni la ocupación espacial de estos elementos es grande dado la huella de intervención aprox 8 Ha y 9.249 m².

Minería a mediana y gran escala.

El impacto de afectación a la infraestructura de uso comunitario está relacionado con el conjunto de obras construidas (tanques, redes de suministro de agua, escuelas, canchas, puestos de salud, capillas) que será necesario retirar y reponer para poder construir las obras de un proyecto a gran escala dado que es posible que se ubique en predios que requiere el proyecto para su ejecución. Por otro lado, se encuentran las redes de suministro de agua o de riego que posiblemente puedan presentar algún tipo de reducción de caudal de abastecimiento.

En cuanto a las vías, estas podrían resultar afectados como consecuencia de su interrupción en tramos o sectores intervenidos por el proyecto.

3.3.1.3 Generación de expectativas y potenciación de conflictos.

La generación de expectativas puede surgir en los municipios donde se encuentren proyectos mineros asociados a su funcionamiento y desarrollo.

Minería a pequeña escala

Teniendo en cuenta las características de un proyecto minero a pequeña escala es poco probable que un proyecto minero de estas condiciones genere expectativas en cuanto a temas por ejemplo laborales o de apoyo comunitario, en cuanto a la potenciación de conflictos si es susceptible de presentarse dado los impactos que genera desde los medios abiótico y biótico.

Minería a mediana y gran escala.

Un proyecto minero a mediana y gran escala puede generar expectativas, percepciones, incertidumbres, temores y especulaciones, lo cual conlleva a la generación y potenciación de conflictos en las dimensiones culturales, políticas y económicas a nivel local que afectarían la instalación de un Proyecto en el territorio y obstaculizarían los procesos de interlocución con los grupos de interés.

3.4 ANÁLISIS DE RIESGOS

Contexto regional de escenarios de amenaza y riesgo del área de reserva temporal

Para el análisis regional de los escenarios de amenaza y riesgo del área de reserva temporal delimitada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, se parte de la información cartográfica de gestión del riesgo de Planes de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas de la parte alta del río Lebrija y el río Cachira Sur. Para lo anterior, se realizó análisis espacial de superposición cartográfica entre el área de reserva temporal y la cartografía de escenarios de amenaza por movimientos en masa, avenida torrencial e inundaciones, obteniendo los siguientes resultados:

- **Amenaza por movimientos en masa**

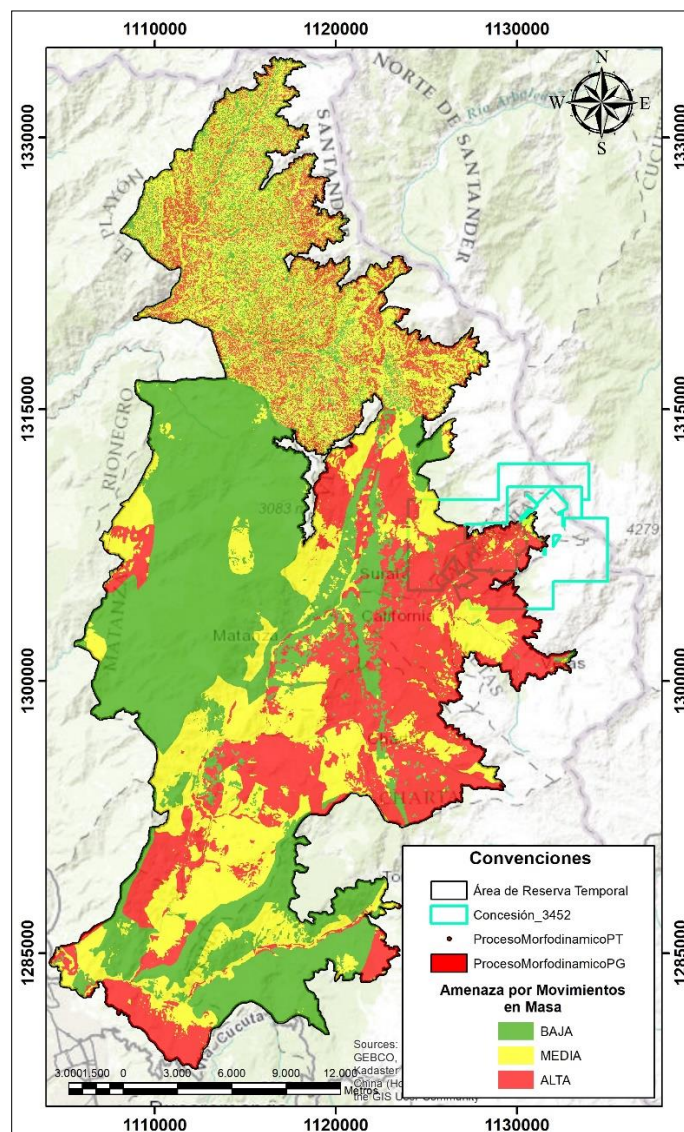


Figura 39. Amenaza por movimientos en masa del área de reserva de temporal.

Fuente: Cartografía de gestión del riesgo POMCA alto río Lebrija y río Cachira Sur - CDMB.

Tabla 10. Distribución de las categorías de amenaza por movimientos en masa.

Categoría	Área (Ha)	Porcentaje (%)
Alta	22256,5	29,2
Media	29675,6	38,9
Baja	24227,0	31,8

Fuente: Cartografía de gestión del riesgo POMCA alto río Lebrija y río Cachira Sur – CDMB.

Como se evidencia, si bien hay diferencias marcadas en la escala de análisis de la amenaza por movimientos en masa entre la zona norte y sur del área de reserva temporal, la categoría de amenaza alta se encuentra hacia el sector oriental, concentrada principalmente en los municipios de Suratá, California, Charta y Vetás, correspondiente a la parte alta y media de las microcuencas del río Cuchirí, quebrada La Baja y río Charta, en

zonas con pendientes fuertemente inclinadas sobre suelos y rocas de la Formación Silgará, Neis de Bucaramanga, Formación Simití y Formación Girón principalmente y ocupa el 29,2% del área total.

Cabe resaltar que la zona donde actualmente se desarrolla actividad minera en el municipio de California, se encuentra en categoría de amenaza alta por movimientos en masa.

- **Amenaza por avenida torrencial**

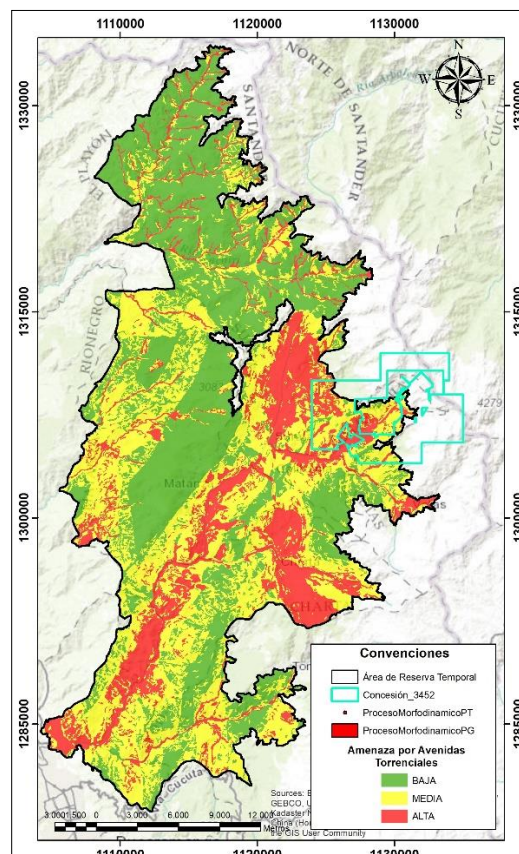


Figura 40. Amenaza por avenida torrencial del área de reserva de temporal.

Fuente: Cartografía de gestión del riesgo POMCA alto río Lebrija y río Cachira Sur - CDMB.

Tabla 11. Distribución de las categorías de amenaza por avenida torrencial.

Categoría	Área (Ha)	Porcentaje (%)
Alta	15392,9	20,2
Media	31863,5	41,8
Baja	28902,7	37,9

Fuente: Cartografía de gestión del riesgo POMCA alto río Lebrija y río Cachira Sur – CDMB.

Como se observa, la categoría de amenaza alta ocupa el 20,2% del área de reserva temporal y corresponde al cauce principal y tributarios directos al río Romeritos, quebradas Escatala, Peñón grande, Hoya Fría, Trincheras, río Cachirí y río Suratá del municipio de Suratá, quebrada La Baja del municipio de California, río Vetas del municipio de Vetas, quebrada Nevada, Agua Caliente y Agua Fría del municipio de Matanza y quebrada La Rinconada, El Juncal, Cristalina y río Charta del municipio de Charta.

Se precisa que la cuenca de la quebrada La Baja del municipio de California, donde actualmente se desarrolla actividad minera, se encuentra en categoría de amenaza alta por avenida torrencial.

- **Amenaza por inundaciones**

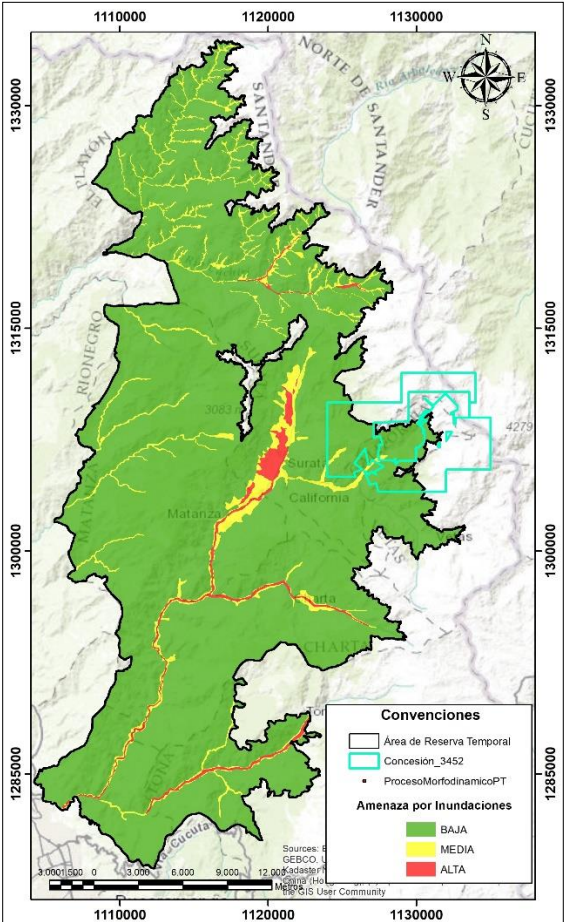


Figura 41. Amenaza por inundaciones del área de reserva de temporal.

Fuente: Cartografía de gestión del riesgo POMCA alto río Lebrija y río Cachira Sur - CDMB.

Tabla 12. Distribución de las categorías de amenaza por inundaciones.

Categoría	Área (Ha)	Porcentaje (%)
Alta	1378,08	1,8
Media	4355,8	5,7
Baja	70425,2	92,4

Fuente: Cartografía de gestión del riesgo POMCA alto río Lebrija y río Cachira Sur – CDMB.

De los resultados se observa que, la categoría de amenaza alta corresponde al cauce de la quebrada La Carbonera, río Cachirí y río Suratá del municipio de Suratá, río Charta del municipio de Charta y río Tona del municipio de Tona. La categoría de amenaza media se asocia al cauce del río Romeritos, quebrada Escatala, Peñon grande, Honda, Patiecitos, Nevada, Mala y río Cachirí del municipio de Suratá.

Escenarios de riesgo exógeno y endógeno de la minería a gran, mediana y pequeña escala

Minería a gran escala

Desde el punto de vista de gestión del riesgo de desastres, con base en la información que reposa en el archivo de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales sobre proyectos de minería a gran escala en el área delimitada para el establecimiento de la reserva temporal, se ha podido evidenciar que la identificación, evaluación y análisis de las amenazas por movimientos en masa, inundaciones y avenida torrencial, toma especial relevancia en la determinación de la viabilidad técnica de los proyectos de exploración y explotación minera sea esta subterránea o a cielo abierto, dadas las condiciones geoambientales de la zona caracterizada por relieves muy abruptos a escarpados de la orogenia Andina, la prevalencia de rocas metamórficas altamente fracturadas de la Formación Silgará y el Neis de Bucaramanga que desarrollan suelos residuales de espesores variables, así como la presencia de depósitos coluviales y unidades de cobertura fuertemente antropizadas, que en su conjunto y conjugación configuran terrenos muy susceptibles a la ocurrencia de movimientos en masa y avenidas torrenciales, cuya materialización puede representar una potencial afectación a la infraestructura de los proyectos mineros, que es ubicada por lo general a media ladera o sobre las planicies de terraza aluvial.

Lo anterior cobra mayor importancia si la ocurrencia de estos fenómenos en su interacción con la infraestructura del proyecto, desencadena la manifestación de un evento con afectación de mayor escala; es decir, la ocurrencia de dichos eventos socio naturales, pueden desencadenar una afectación mayor a los medios abiótico, biótico y social, si encuentran condiciones apremiantes de exposición de infraestructura destinada para el almacenamiento de sustancias peligrosas o zonas de acopio temporal, depósitos de relaves o Zodmes en las zonas de tránsito de flujos torrenciales o movimientos en masa, así como condiciones de vulnerabilidad de los elementos expuestos del entorno, configurándose lo que se conoce como un evento Natech (eventos de origen natural que desencadenan accidentes tecnológicos).

En la experiencia de la Autoridad Nacional en la evaluación de proyectos de minería de gran escala, se ha podido recabar información concerniente a los diversos escenarios de amenaza y riesgo asociados al desarrollo de la actividad minera en la etapa de construcción y operación; así, de la evaluación de proyectos de exploración y explotación minera de minerales auroargentíferos en el municipio de California del departamento de Santander, inmersos en el área delimitada como reserva temporal, se listan los siguientes escenarios:

- **Endógenos**

- Avenidas torrenciales por falla en depósitos de relaves secos o ruptura de presa de relaves implantados de manera adyacente a cauces superficiales.
- Movimientos en masa por apertura de vías, rampas, bocaminas o explanaciones para implantación de infraestructura de apoyo como talleres, campamentos, áreas para trituración o acopio de materiales, entre otras.
- Movimientos en masa subterráneos por desconfinamiento del macizo rocoso o colapso de obras de sostenimiento.
- Subsistencia en superficie por insuficiencia o carencia de actividades de retrolleado en galerías de exploración, explotación o ventilación, socavones, entre otros.
- Incendios por pérdida de contención de sustancias peligrosas almacenadas
- Almacenamiento de explosivos en polvorín.

- **Natech**

- Incendio y explosiones por afectación de movimientos en masa o avenidas torrenciales a la infraestructura destinada para el almacenamiento de sustancias peligrosas.

Minería de Mediana y pequeña escala

De los proyectos de explotación minera que han surtido trámite de licenciamiento ambiental ante la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), se revisó la información asociada al SUBCONTRATO DE FORMALIZACIÓN MINERA 0125-68-001 – CALIMINEROS S.A.S., y a la licencia de explotación No. 14947 PROYECTO SAN CELESTINO, con desarrollo de actividades en la vereda La Angostura y La Baja del municipio de California – Santander, respectivamente, en lo referente a descripción del proyecto, línea base ambiental y plan de gestión del riesgo.

De dicha información, se identificaron las actividades e infraestructura que comprende el desarrollo de proyectos de minería a mediana y pequeña escala, que se relacionan en la tabla a continuación.

Tabla 13. Infraestructura en la mediana y pequeña minería.

MEDIANA ESCALA	PEQUEÑA ESCALA
INFRAESTRUCTURA	
Áreas de beneficio y transformación de minerales	-
Áreas para manejo de estériles o escombreras	Áreas para manejo de estériles
Instalaciones de soporte minero: - Vías de acceso - Campamento - Oficinas - Unidades Sanitarias - Almacén - Cuarto taller - Tolvas - Breque (sistema de transporte aéreo) - Acopio - Cuarto de Compresor - Cuarto Ventilador - Polvorín - Red Eléctrica	Área de beneficio y transformación de minerales: - Breque - Molino californiano - Mesa rayada - tanque de almacenamiento - mesa concentradora tipo wifley - Mesa de sacudidas tipo wifley - Tanques de agitación - Tinas de percolación - Zona de campamento / Administrativa
MÉTODO DE EXPLOTACIÓN SUBTERRÁNEA	
Corte con almacenamiento dinámico ascendente	Avance de niveles mediante la extracción de bloques en escalones descendentes

Fuente: A partir de información de la CDMB.

Como se observa, en los proyectos de mediana y pequeña minería subterránea con trámite de licenciamiento ambiental ante la CDMB, el tipo, magnitud y cantidad de las instalaciones requeridas para la explotación de minerales, varía en función de los volúmenes de material

proyectados para extraer y procesar; de esta manera, la minería de mediana escala requiere de mayor infraestructura de soporte minero al requerir de más personal, equipos, vehículos e insumos. De la identificación de escenarios de riesgo endógeno asociados tanto a las actividades como infraestructura de estos tipos de minería, se encontraron los que se presentan a continuación:

Tabla 14. Escenarios de riesgo endógeno asociados a la actividad e infraestructura de minería de mediana y pequeña escala.

MEDIANA ESCALA	PEQUEÑA ESCALA
ESCENARIOS DE RIESGO	
<ul style="list-style-type: none"> - Falla o inestabilidad geotécnica de escombreras - Incendios y explosiones por almacenamiento de explosivos - Colapso de Tolvas 	<ul style="list-style-type: none"> - Falla o inestabilidad geotécnica de escombreras

Fuente: A partir de información de la CDMB.

En contraste con los escenarios de riesgo endógeno identificados en la minería de gran escala, se puede apreciar que en la minería a mediana y pequeña escala se configuran escenarios de riesgo similares, asociados al depósito de material estéril, almacenamiento de explosivos y colapso de estructuras; adicionalmente, en este tipo de minería que se desarrolla en la cuenca de la quebrada La Baja, las escombreras se sitúan por lo general sobre planicies de terraza aluvial adyacentes al cauce de ríos y quebradas, por la disponibilidad de espacio y las facilidades de maniobra, lo que podría dar origen al desarrollo de avenidas torrenciales si dicha infraestructura no cuenta con las obras de protección pertinentes y medidas de monitoreo adicionales para la prevención y reducción del riesgo.

Bajo el contexto anterior, a continuación, se muestra a manera de ejemplo la configuración de dichos escenarios, partiendo de la información cartográfica del archivo de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales.

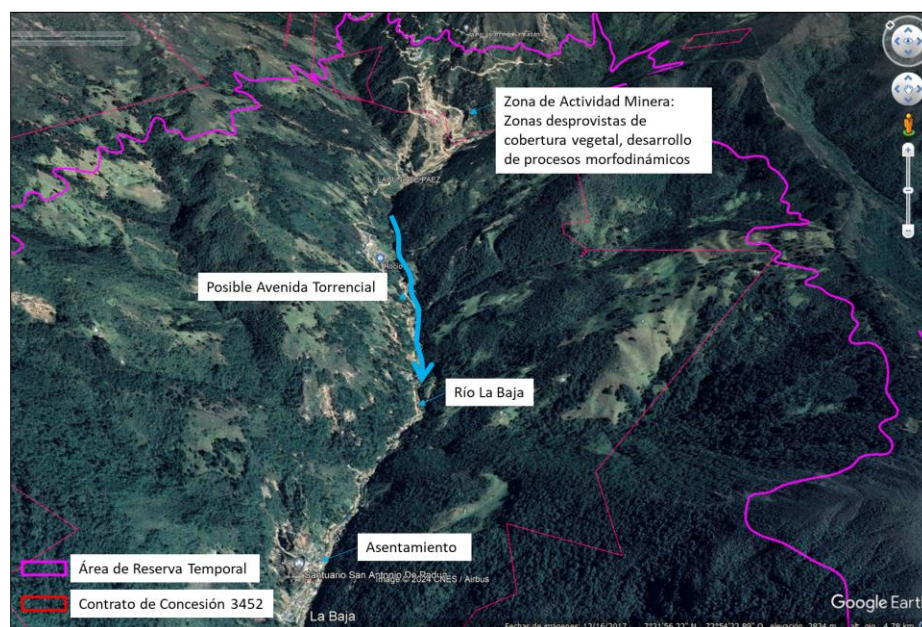


Figura 42. Configuración de posible escenario de avenida torrencial por desarrollo de movimientos en masa en la ladera contigua a la quebrada La Baja entre la quebrada Angosturas y quebrada Páez, municipio de California – Departamento de Santander.
Fuente: ANLA, a partir de imagen satelital de Google Earth.

Realizando un recorrido por el área delimitada como reserva temporal a través de las imágenes satelitales de Google Earth, en búsqueda de áreas de similar comportamiento al presentado en el ejemplo anterior, se identificó que en el municipio de Suratá, la microcuenca de la quebrada Tablanca es susceptible a la ocurrencia de avenidas torrenciales, puesto que hacia la parte alta de esta, en las laderas aledañas, se desarrollan movimientos en masa con aporte directo de sedimentos al cauce de la quebrada, las condiciones topográficas son propicias para el desarrollo de flujos rápidos y se evidencia la carga de sedimentos que históricamente han transitado por el cauce principal de la microcuenca; este evento, puede verse exacerbado por el desarrollo de la actividad minera a media ladera en esta zona; así, cultivos y viviendas ubicados en cercanías a las márgenes de la quebrada Tablanca y río Cachirí, y la zona urbana de este corregimiento podrían sufrir afectaciones, como se observa en la siguiente figura:

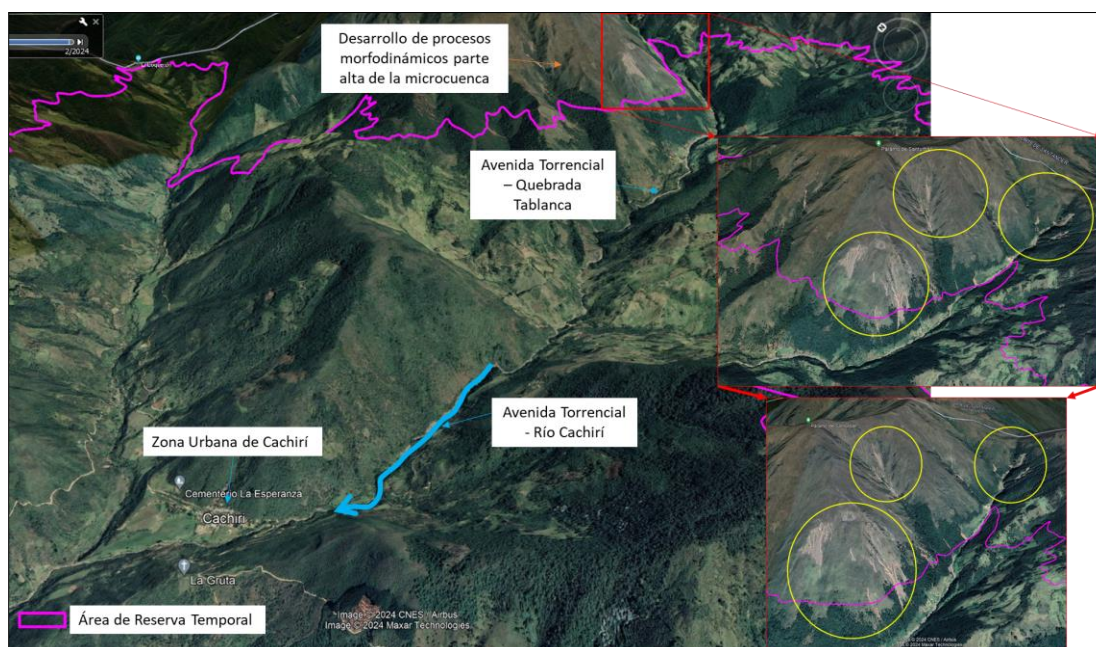


Figura 4343. Configuración de posible escenario de avenida torrencial por desarrollo de movimientos en masa en laderas parte alta de la microcuenca de la quebrada Tablanca del Municipio de Suratá– Departamento de Santander.
Fuente: ANLA, a partir de imagen satelital de Google Earth.

De igual manera, el escenario anterior se replica hacia el sector suroriental del área de reserva temporal, en el municipio de Charta en el departamento de Santander. En este caso, en la microcuenca del río Charta y la quebrada La Coreana, las afectaciones por el desarrollo de flujos torrenciales se concentrarían en la zona urbana del municipio Charta, como se observa en la siguiente figura.

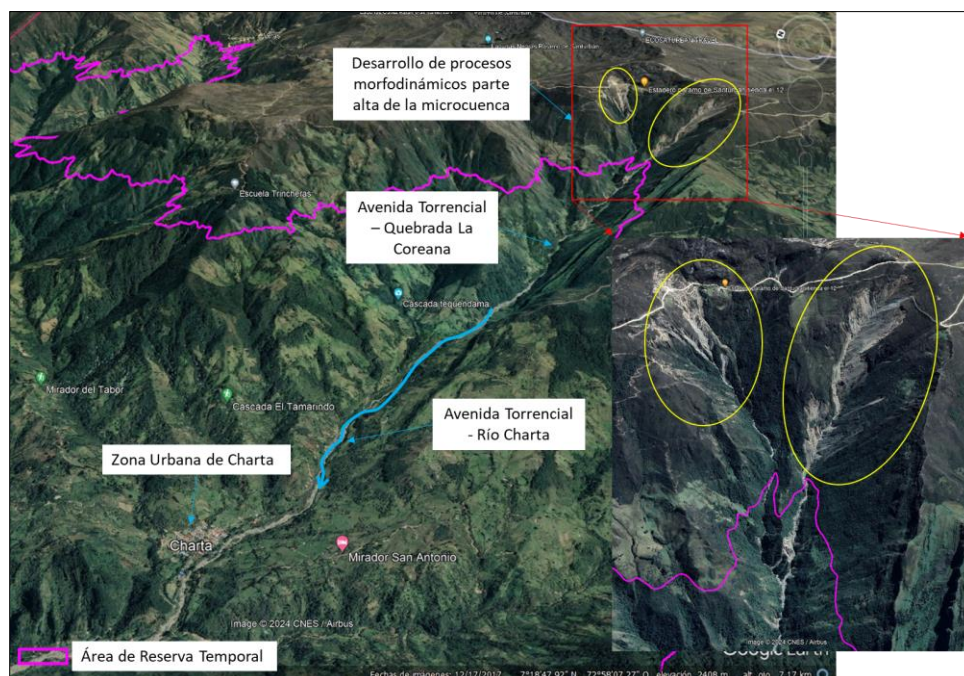


Figura 4444. Configuración de posible escenario de avenida torrencial por desarrollo de movimientos en masa en laderas parte alta de la microcuenca de la quebrada La Coreana del Municipio de Charta – Departamento de Santander.

Fuente: ANLA, a partir de imagen satelital de Google Earth.

Es importante resaltar que, la minería a pequeña escala no está exenta a la afectación por la ocurrencia de movimientos en masa o avenidas torrenciales, toda vez que, si bien se trata de infraestructura de menor magnitud o dimensión, el potencial de daño de los eventos naturales no cambia, pero para el proyecto o empresa minera, si representa pérdidas importantes en términos de financiamiento y por ende en capacidad de respuesta, rehabilitación y recuperación.

Por otra parte, las afectaciones a los medios abiótico, biótico y socioeconómico no solo pueden ocurrir a partir de la materialización de escenarios de amenazas socio naturales exacerbados por la actividad minera, sino que también se presentan con origen en las actividades propias del proyecto minero, como se ha mostrado y mencionado previamente; así, a continuación, se presenta a manera de ejemplo evidencia de la materialización de escenarios de amenaza derivados de la actividad minera.



Figura 4545. Falla en escombrera y desarrollo de procesos erosivos en ZODME, Sector quebrada La Perezosa, Municipio de California – Departamento de Santander. La falla de estas estructuras genera una afectación al entorno.
Fuente: ANLA, a partir de información del archivo de ANLA.

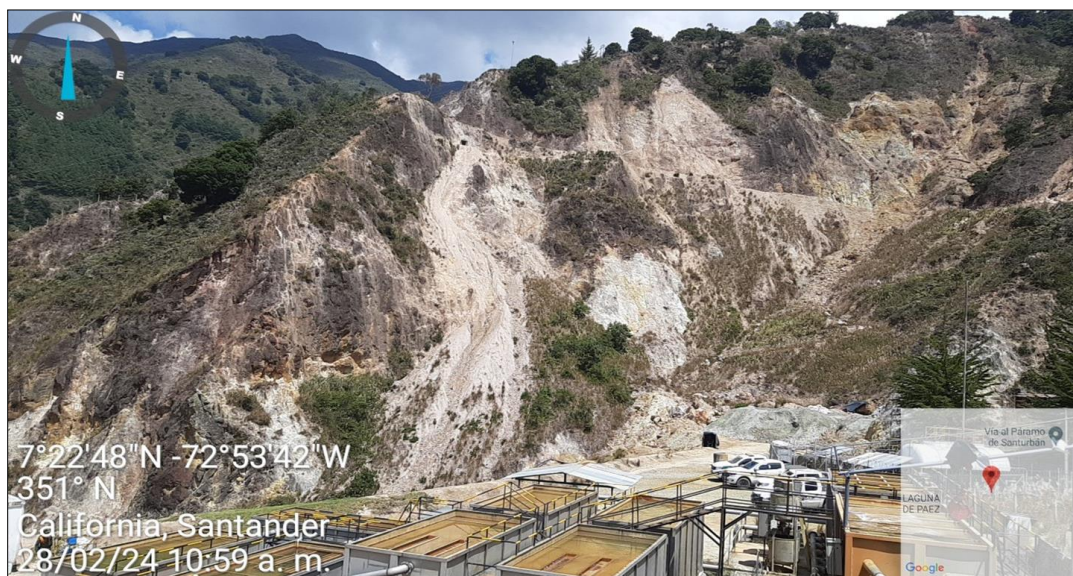


Figura 4646. Potenciación de la ocurrencia de movimientos en masa en laderas intervenidas para construcción de vías de acceso. Municipio de California – Departamento de Santander. La ocurrencia de estos movimientos en masa genera una afectación al entorno y el posible desarrollo de flujos torrenciales aguas debajo de los cauces superficiales.
Fuente: ANLA, a partir de información del archivo de ANLA.

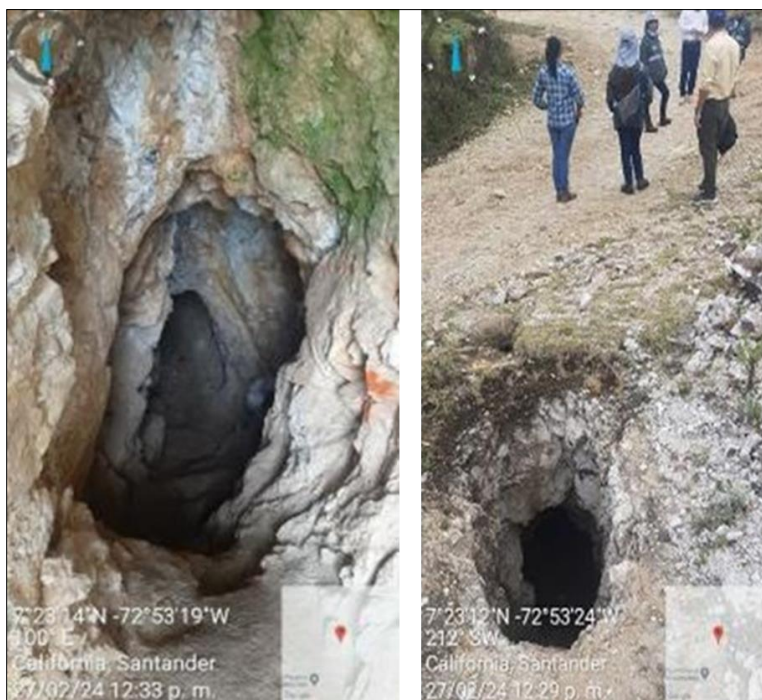


Figura 4747. Desarrollo de procesos de subsidencia en superficie. Municipio de California – Departamento de Santander. La excavación de túneles y el abandono de los mismos, sin rigor técnico e ingenieril, genera procesos de subsidencia en superficie que pueden afectar la infraestructura del proyecto como vías e instalaciones de apoyo y aquella de orden social, así como generar colapsos internos y ocasionar pérdida de vidas humanas por atrapamiento.

Fuente: ANLA, visita técnica de seguimiento al sector de Angostura año 2024. .

Se precisa que, las amenazas de origen endógeno identificadas en la minería a gran escala son homologables a la minería de mediana y pequeña escala desde la naturaleza del evento asociado a la actividad minera, con divergencias en la magnitud de la afectación y el tipo de infraestructura contemplada, pero con la misma consecuencia final, reflejada en las afectaciones a los medios abiótico, biótico y socioeconómico.

En virtud de lo anterior, esta Autoridad Nacional considera que la zona definida por la cuenca de la quebrada La Baja, así como la cuenca del río Cachirí y el río Charta que en su conjunto hacen parte del área de reserva temporal, son áreas muy sensibles frente a la afectación por materialización de escenarios de riesgo asociados a la ocurrencia de amenaza naturales exacerbadas por la actividad minera; por tanto, es importante la definición del área de reserva temporal hasta tanto la coordinación y articulación del sector de minas y el sector ambiental del país en materia de ordenamiento minero ambiental, surta efecto administrativo en la determinación específica de áreas para desarrollo minero que no vulnere los derechos colectivos de gozar de un ambiente sano y la protección de áreas de especial importancia ecológica, entre otros derechos bajo el amparo del Consejo de Estado.

4 BIBLIOGRAFÍA

Abzalov, M. (2016). *Geology Applied to Mining*. Springer.

Akcil, A., & Koldas, S. (2006). *Acid mine drainage (AMD): Causes, treatment and case studies*. Journal of Cleaner Production, 14(12–13), 1139-1145.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2004.09.006>

Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA (2023). *Estandarización y jerarquización de impactos ambientales de proyectos licenciados por ANLA*.

Aris Mining. 2024. Aris Mining to increase ownership in soto norte project to 51% and commences study to assess new development plan. (URL: <https://wp-arismining-2023.s3.ca-central-1.amazonaws.com/media/2024/05/Aris-Mining-news-release-PSN-FINAL-SEDAR.pdf>)

Besedin, J. A., Khudur, L. S., Netherway, P., & Ball, A. S. (2023). *Remediation opportunities for arsenic-contaminated gold mine waste*. Applied Sciences, 13(18), 10208.
<https://doi.org/10.3390/app131810208>

Buitrago, H. (2012). Entre el agua y el oro: tensiones y reconfiguraciones territoriales en el Municipio de Vetás, Santander, Colombia.
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/11612>: Universidad Nacional de Colombia.

Calderón Martínez, W. (2020). *La minería en Vetas y California (Santander) en el siglo XX: Ciclos de producción, transformaciones tecnológicas y preocupaciones ambientalistas*. Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ciencias Humanas, Escuela de Historia. Bucaramanga.

Cañas, H., Herrera, W., Ruiz, D., Manotas, D., Galvis, M., Viana, F., Ocampo, E., Becerra, J., Sotelo, A. y Porras, A. (2022). *Generación de conocimiento hidrogeológico que permita establecer la ocurrencia, origen y conexión entre los flujos de agua subterránea de la cuenca alta de las quebradas La Baja y Angosturas con el Páramo de Santurbán mediante técnicas hidrogeoquímicas e isotópicas*. Bogotá D.C.: Servicio Geológico Colombiano. <https://doi.org/10.32685/10.14.2022.1028>

Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres - CITES. (2023). *CITES Country Profiles: Colombia*. Recuperado de <https://cites.org/esp/parties/country-profiles/co>

Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB. (2014). *Plan de Ordenación y Manejo de Cuenca (POMCA) del Río Alto Lebrija*. Informe final. Adoptado mediante Resolución 0392 del 17 de julio de 2020.

Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB. (2019). *Plan de Ordenación y Manejo de Cuenca (POMCA) del Río Cachira Sur*. Informe final. Adoptado mediante Resolución 1689 del 23 de diciembre de 2019.

Echavarría, E. (2013). La formalización de la pequeña minería en Colombia. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/<https://www.responsiblemines.org/wp-content/uploads/2017/06/Publicacion-Formalizacion-Somos-Tesoro.pdf>: Fundación Guayacanal.

Etter, A. (1993). *Diversidad ecosistémica en Colombia hoy*. En Nuestra diversidad biótica. CEREC y Fundación Alejandro Ángel Escobar. P. 43-61

Golder Associates Perú S.A. (2012). *Updated Preliminary Economic Assessment on the Angostura Gold-Silver Underground Project, Santander Department, Colombia* (Golder Report Number: 12-03-27_026_119-415-5030_IF). Lima, Perú: Golder Associates Perú S.A.

Gómez, J., Montes, N.E. y Marín, E. (2023). *Mapa Geológico de Colombia 2023. Escala 1:1 500 000*. Servicio Geológico Colombiano. Bogotá.

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (2024). *Portal de Permisos de Acceso a los Recursos Genéticos y Productos Derivados*. Recuperado de <https://ipt.biodiversidad.co/permisos/?search=soto+norte>

IDEAM. (2010). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra: Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia, escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D.C.

IDEAM. (2017). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra: Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia, escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D.C.

IDEAM y MADS. (2023). *Caracterización hidrológica del agua superficial en términos de cantidad en la cuenca del río Suratá con información disponible* (Convenio Interadministrativo MADS-IDEAM-INS No. 1240 de 2023, No. 645 de 2023 IDEAM).

Londoño, J., Mojica, J., Abueta, Y., Pérez V., Ramírez, F., Franco, L., González, O., Duarte, P., (2021). *Caracterización mineralógica de depósitos auríferos en Veta, California y Suratá. Departamento de Santander– Colombia*. Bogotá. Servicio Geológico Colombiano.

López, J. L., Velandia, F., Silva, A., Cano, H., & Felder, F. (2006). *Geología y estructura del proyecto Angostura. Algunas consideraciones genéticas*. Eco Oro Minerals Corp., Universidad Industrial de Santander, y Felder Mineral Exploration Services Ltd.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2011). Decreto 3573 de 2011. *Por el cual se crea la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales –ANLA– y se dictan otras disposiciones*

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). Resolución 2090 de 2014. *Por medio de la cual se delimita el Páramo Jurisdicciones – Santurbán – Berlín, y se adoptan otras determinaciones*.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Decreto 1076 de 2015. *Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible*. [<https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/30019960>]

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). Resolución 2254 de 2017. *Por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones*.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2023). Resolución 1293 del 28 de noviembre de 2023. *Por la cual se asume la competencia del proyecto de seguimiento ambiental de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB relacionado con el título liquidado de concesión minera No. 3452 y se toman otras determinaciones*.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2024). Resolución 126 del 6 de febrero de 2024 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. *Por la cual se establece el listado oficial de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana continental y marino costera, se actualiza el Comité Coordinador de Categorización de las Especies Silvestres Amenazadas en el territorio nacional y se dictan otras disposiciones*.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2024). Decreto 044 de 2024. *Por el cual se establecen criterios para declarar y delimitar reservas de recursos naturales de carácter temporal en el marco del ordenamiento minero-ambiental y se dictan otras disposiciones*

Ministerio de Minas y Energía. (2016). Decreto 1666 de 2016. *Por el cual se adiciona el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, 1073 de 2015, relacionado con la clasificación minera*. [https://www.anm.gov.co/sites/default/files/decreto_1666_de_2016.pdf]

Ngole-Jeme VM, Fantke P (2017) *Ecological and human health risks associated with abandoned gold mine tailings contaminated soil*. PLoS ONE 12(2): e0172517. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172517>

O'Connor David, Deyi Hou, Yong Sik Ok, Jan Mulder, Lei Duan, Qingru Wu, Shuxiao Wang, Filip M.G. Tack, Jörg Rinklebe (2019) *Mercury speciation, transformation, and transportation in soils, atmospheric flux, and implications for risk management: A critical review*, *Environment International*, Volume 126, Pages 747-761, ISSN 0160-4120, <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.03.019>.

Prieto R., G., Guatame, C. L. y Cárdenas, S. (2019). *Recursos minerales de Colombia*, vol. 2. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.

Rodríguez Madrid, A. L. (2014). *Geology, alteration, mineralization and hydrothermal evolution of the La Bodega-La Mascota deposits, California-Vetas Mining District, Eastern Cordillera of Colombia, Northern Andes* (Tesis de maestría, Universidad de British Columbia).

Sabogal, R. H. (2011). *La contienda política alrededor de la licencia ambiental para el proyecto minero Angostura en el páramo de Santurbán*. Pontificia Universidad Javeriana.

Schlumberger Water Services (2013) *Angostura Underground Mine Project Prefeasibility: Water Management and Geoenvironmental Studies*. Prepared for Eco Oro Minerals Corporation, April 2013, Report No. 51203/R3. The Pump House, Chester Street, Coton Hill, Shrewsbury, SY1 2DP, United Kingdom.

Servicio Geológico Colombiano – SGC (2022). *Caracterización Geometalúrgica y Geoambiental de depósitos auríferos en Vetas, California y Surata*. Departamento de Santander – Colombia. Versión 1.

Servicio Geológico Colombiano – SGC (2024). **SIMMA** - Sistema de Información de Movimientos en Masa

Sierra, J., Tabares, L. M., Mendoza, O., Dorado, L. F, Acevedo, M. P., Gonzáles, L. J. y Umaña, J. (2023). *Diagnóstico geoquímico ambiental de la cuenca del río Surata*. Bogotá. Servicio Geológico Colombiano.

Simon, L. (2014). *Potentially Harmful Elements in Agricultural Soils. PHEs, Environment and Human Health*, 85–150. doi:10.1007/978-94-017-8965-3_3

SRK Consulting (2021). *NI 43-101 Technical Report: Feasibility Study of the Soto Norte Gold Project, Santander, Colombia*. Vancouver, British Columbia: Aris Gold Corporation. Recuperado en línea de <https://aris-mining.com/operation/soto-norte/technical-report/>

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza - UICN. (2023). *The IUCN Red List of Threatened Species*. Recuperado de <https://www.iucnredlist.org/>

Vodyanitskii Yu (2016) *Standards for the contents of heavy metals in soils of some states*, *Annals of Agrarian Science*, Volume 14, Issue 3, Pages 257-263, ISSN 1512-188. <https://doi.org/10.1016/j.aasci.2016.08.011>.

Wang, Jianxu, Xinbin Feng, Christopher W.N. Anderson, Ying Xing, Lihai Shang (2012) *Remediation of mercury contaminated sites – A review*, *Journal of Hazardous Materials*, Volumes 221–222, pages 1-18, ISSN 0304-3894, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2012.04.035>.

