

# ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL TÍTULO MINERO 6823



## CAPÍTULO 12. CONCLUSIONES

Rev. 0

Noviembre 2021



## TABLA DE CONTENIDO

<b>12. CONCLUSIONES</b>	5
12.1. CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL	5
12.1.1. Medio Abiótico	5
12.1.1.1. Geología	5
12.1.1.2. Geomorfología	6
12.1.1.2.1. Morfometría	8
12.1.1.2.2. Morfodinámica	8
12.1.1.3. Paisaje	9
12.1.1.1. Suelos y Usos del suelo	9
12.1.1.2. Hidrología	10
12.1.1.3. Calidad del agua.	11
12.1.1.4. Hidrogeología	12
12.1.1.4.1. Modelo Hidrogeológico Conceptual	12
12.1.1.4.2. Modelo Hidrogeológico Numérico	15
12.1.1.5. Geotecnia.	15
12.1.1.6. Atmósfera	17
Clima	17
Calidad de aire	17
Ruido	18
12.1.1.4.1. Vibraciones	19
12.1.2. Medio Biótico.	20
12.1.2.1. Ecosistemas terrestres.	20
Ecosistemas	20
Flora	20
Fauna	21
12.1.2.2. Ecosistemas acuáticos	22
12.1.2.3. Ecosistemas sensibles	23
12.1.3. Medio Socioeconómico	24
12.1.3.1 Participación y socialización con las comunidades	24
12.1.3.2 caracterización socioeconómica y cultural	24
12.2. DEMANDA, USO Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES	25
12.2.1. Aguas superficiales.	25
12.2.2. Aguas subterráneas.	25
12.2.3. Vertimientos.	25
12.2.4. Ocupación de cauce.	25
12.2.5. Aprovechamiento forestal.	25
12.2.6. Especies en veda.	26
12.2.8. Emisiones atmosféricas	26
12.2.9. Permiso de recolección de especímenes de la diversidad biológica.	26

---

12.2.10. Materiales de construcción	27
12.3. EVALUACIÓN AMBIENTAL	27
Medio Abiótico	27
Medio Biótico	27
Medio Socioeconómico	28
12.3.1. Evaluación Económica Ambiental.	28
12.4. PLAN DE GESTIÓN DEL RIESGO PARA EL MANEJO DEL VERTIMIENTO.	28
12.4.3. PLAN DE MANEJO	32
Medio Abiótico	29
Medio Biótico	29
Medio Socioeconómico	30
12.4.4. PLAN DE SEGUIMIENTO	30
12.4.5. PLAN DE CIERRE	32
12.4.6. PLAN DE GESTIÓN DEL RIESGO Y CONTINGENCIA	30
12.4.6.1. Para los escenarios de riesgo exógenos se permite concluir:	31
12.4.7. PLAN DE COMPENSACIÓN	32

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Caudales máximos en m<sup>3</sup>/s asociados a diferentes periodos de retorno en las subcuencas analizadas.

Tabla 2. Caudales mínimo del caudal medio mensual.

Tabla 3. Relación de inventario de puntos de agua subterránea asociada a piezómetros en el área de estudio mina La Esmeralda

Tabla 4. Profundidad de la columna de agua para el año 2017 y 2020 periodo estiaje y lluvias en el área del proyecto mina La Esmeralda con base en la red de piezómetros instalados

Tabla 5. Temperatura media mensual multianual. Periodo 1977 - 2017.



## 12. CONCLUSIONES

### 12.1. CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL

#### 12.1.1. Medio Abiótico

##### 12.1.1.1. Geología

En el marco geológico regional, el área de la mina La Esmeralda está localizada entre el flanco oriental de la Cordillera Central y el Valle del Rio Magdalena. Afloran unidades del triásico, jurásico, neógeno y sedimentos cuaternarios, en un piedemonte afectado por fallas inversas, las cuales se localizan en la transición del Flanco Oriental de la Cordillera Central, así como de los Valles Superior y Medio del Magdalena.

Las unidades litológicas aflorantes en el área de influencia del título minero 6823 estratigráficamente, incluye depósitos cuaternarios de origen aluvial, rocas de edad terciario de las formaciones Honda (Ngh) y de los depósitos de Caliche del paleógeno (Tsc), rocas de edad jurásico del Stock de Payandé (Jp) y rocas de edad triásico de las formaciones Saldaña (Trjs) y Payandé (Trsp); esta última unidad constituye el material de interés económico para la explotación de calizas. Estas unidades han sido corroboradas y verificadas en la visita de reconocimiento e inspección en campo. Se destacan coberturas de hasta 28 m de espesor en taludes de los depósitos de la mina de puzolanas de origen aluvial de morfología de terraza (Qt), caracterizados por sedimentos arenosos de grano medio a grueso de tonalidades amarillentas, con algunos segmentos delgados (1 a 3 cm de espesor) de gravas redondeadas de rocas volcánicas (pumitas, piroclastos) y líticos oscuros volcánicos, de carácter matriz soportado, tienden a ser sueltas, porosas y de buen drenado del agua; en general, se presentan húmedos dadas las condiciones de época de lluvias en la región.

El yacimiento de interés del título minero 6823 se concentra en las rocas de la Formación Payandé. Unidad que incluye calizas masivas grises oscuras en capas gruesas; la unidad se distribuye en un 12% del área de influencia del título. Se encuentra en contacto discordante con los depósitos de Caliche y las rocas de la formación Honda. La unidad ha sido caracterizada a nivel petrográfico como roca caliza, compuesta por micrita (lodo calcáreo), microesparita y +/- pseudoesparita, presencia de venillas de carbonato, Cb+/- materia orgánica, con trazas de cuarzo monocristalino y opacos diseminados (pirita), caliza compuesta por micrita (lodo calcáreo), materia orgánica, con cemento microesparítico, pseudoesparita, aloquímicos (bioclastos, intraclastos, oolitos); en menor porcentaje granos de cuarzo monocristalino y opacos diseminados (pirita) y trazas de moscovita,.

La presencia de bioclastos fragmentados y no completos en los análisis petrográficos, y la evidencia de intraclastos indican intervalos de alta energía. Formación de estilolitos alrededor de toda la muestra indicando así que la roca fue sometida a esfuerzos tectónicos o sobrecarga litostática. Presenta bioturbación evidenciada por el proceso de micritización en los bordes de algunos bioclastos. Los procesos diagenéticos evidenciados en la muestra son recristalización de carbonatos (pseudoesparita) y silicificación.

A nivel estructural la Formación Payandé, expone según el análisis se presentan dos tendencias estructurales: N55°-60°E/18°-37°SE y N70°-75°W/25°SW, muestran un leve buzamiento hacia el sur y un evidente plegamiento casi simétrico con eje axial orientado hacia el S18°E y cabeceo de 21°. Las características geológicas y estructurales del yacimiento de calizas, definen la secuencia de avance proyectado para la explotación del 6823.

Estas rocas de la formación Payandé (Trsp) a nivel de discontinuidades principales, presentan tres familias de diaclasas que cortan casi de manera ortogonal a la estratificación, sobresalen diaclasas D1 con tendencia de rumbo N 22±60° E y buzamientos entre 5° y 70° al NW, mientras que otra familia de diaclasa D2 muestra un rumbo N 5°W y buzamiento de 87° SW, finalmente, una tercera familia de diaclasa observada sobre el punto de control 828, vertical con rumbo E-W y buzamiento de 80° N.

El fallamiento en el área del proyecto presenta una tendencia principal hacia el N67°- 73°W/61°-90°NE y estructuras secundarias con ligeras variaciones hacia N81°-89°W/61°-85°NE, que han sido interpretadas como fallas subverticales, que afectan toda la secuencia de las rocas más antiguas de la Formación Saldaña, Payandé y Luisa. Las fallas se caracterizan por ser tipo frágil, formando brechas y estrías sobre las calizas de la Formación Payandé; así mismo, las fallas predominantes son de tipo inversa acompañados de movimientos normales oblicuos y perpendiculares a la dirección principal E-W. Así mismo, el aprovechamiento de estas estructuras se observa con la intrusión de los diques andesíticos y granodioríticos, Figura 1.

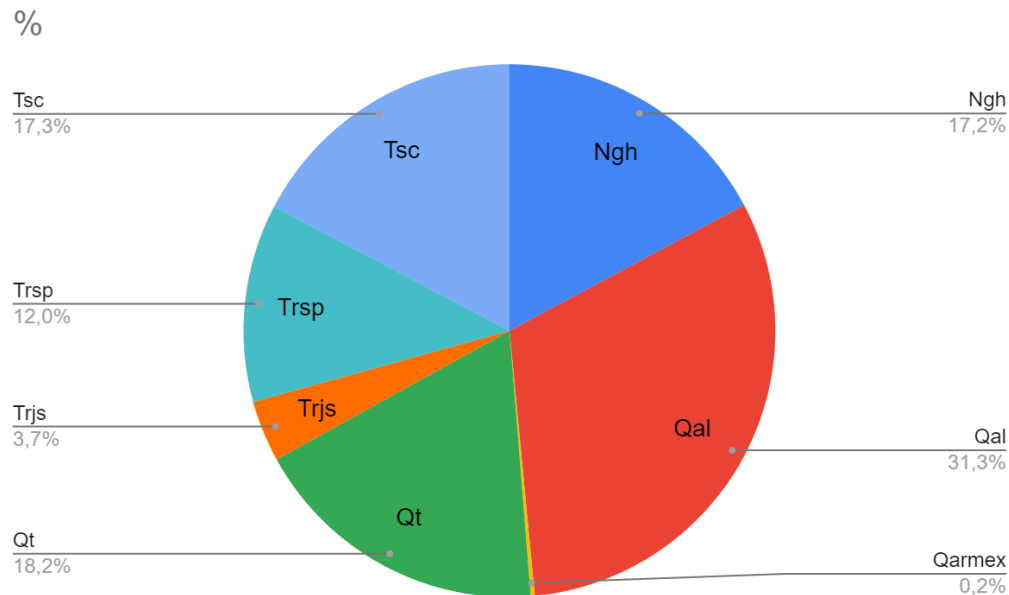


Figura 1. Distribución de las unidades geológicas en el área de influencia del título minero 6823  
Fuente: Elaboración propia

#### 12.1.1.2. Geomorfología

La unidad geomorfológica, en la caracterización del relieve del área de influencia del título minero 6823, se define como una geoforma individual genéticamente homogénea, generada por un proceso geomórfico constructivo o destructivo (acumulación o erosión), típico de un ambiente morfogenético dado. Se identifica inicialmente el ambiente morfogenético seguido de las geoformas específicas (INGEOMINAS, 2011). De acuerdo con lo anterior, se establece para el ambiente morfoestructural en el modelado del contexto geomorfológico regional, se encuentran cuevas, mesetas y pliegues; en el ambiente volcánico se encuentran flujos laháricos interdigitados con abanicos aluviales; en el ambiente denudacional se identifican montañas, lomas y colinas residuales, y superficies de aplanamiento; el ambiente fluvial presenta cauces de ríos, terrazas de erosión, abanicos y planicies aluviales; y en el ambiente morfogenético antrópico se identifican canteras, explanaciones y escombreras. La nomenclatura de zonificación geomorfológica se realiza acorde con los estándares establecidos por el SGC.

El área de influencia para el TM 6823, se caracteriza por presentar un tipo de relieve se clasifica como montañoso, con alturas mayores a 500 msnm, contraste de relieve alto (hasta 210 m de diferencia), laderas cóncavas, valles de hasta 30 m en forma de V. El patrón de drenaje es dendrítico a subdendrítico, con una densidad de drenaje alta (~4000m/Km2) e índice de frecuencia medio (~15 drenajes por Km2).

Gran parte del área de estudio del título minero se presenta distribuido en ambiente de origen fluvial depositacional Volcánico, está relacionado con las coberturas cuaternarias de los depósitos fluvio volcánicos y de morfología de terraza antigua, con espesores que superan los 40 m, los cuales cubren de manera discordante las demás morfologías en rocas

terciarias y triásicas, dándole una expresión, de terreno suave a ligeramente ondulado, asociados a la cuenca del río Coello.

El relieve morfoestructural, incluye geoformas asociadas a crestas y crestones, lomeríos, colinas bajas y colinas residuales, disectados por el río Coello y drenajes menores de los drenajes El Salado, Los Huilos y Chicalá, de morfología casi subparalela, conformando vallecitos abiertos. Los procesos de tipo Estructural son los encargados de generar los paisajes más abruptos y escarpados, pendientes con rangos entre el 50 y >100% asociados a procesos de plegamiento, levantamiento, fracturamiento y fallamiento de las rocas que dan origen a morfologías que destacan en el terreno:

- **Zes:** geoformas del terreno cuyo origen está ligado a las actividades actuales de la intervención minera del proceso de explotación del mineral de calizas dentro del relieve estructural asociado a crestas y crestones, con laderas de longitudes cortas, pendientes moderadamente escarpadas (50 – 75 %) a totalmente escarpadas (>100%), resultado de la acción de fallamiento aproximadamente paralelo al rumbo de los estratos con plegamiento y superficies fracturadas. Las geoformas más comunes producto de la intervención minera fundamentalmente a la reconformación del terreno del pit incluye bancos, bermas, rampas resultado de las actividades de explotación del yacimiento de caliza sobre rocas de la Formación Payandé (Trsp), con algunas expresiones interdigitadas de rocas jurásicas de la Formación Saldaña (Trjs) y algunos diques de composición granodiorítico del Stock de Payandé (Jp).
- **Zen:** geoformas presentes al sur del área de influencia del título minero 6823, representado por lomeríos que incluye lomas medias a altas, de laderas cortas, con superficies cóncavas convexas a irregulares, pendientes que varían desde ligeramente escarpadas (25 – 50 %) hasta fuertemente escarpadas (75 – 100 %) se presenta cubierta por depósitos de la escombrera inferior (Qe). Geoforma que representa unidades de suelo y roca del Caliche (Tsc) constituidas por fragmentos de calizas, limolitas y granodioritas en matriz arcillosa.
- **Zoc:** geoformas que se presentan ocasionalmente en el área del pit minero actual y al sur del título minero 4205 en inmediaciones con la escombrera inferior. Su expresión morfológica se encuentra asociada al relieve estructural de colinas residuales de baja elevación con laderas muy cortas y pendientes que varían desde hasta moderadamente inclinadas (7 – 12 %) a ligeramente empinadas (25 – 50 %), con un índice de relieve bajo a moderado. Su origen está relacionado a procesos tectónicos y representados por unidades de rocas blandas de las Formaciones Payandé (Trsp) limolitas, arcillolitas y margas, en menor proporción a rocas del depósito de Caliche (Tsc) y de la Formación Saldaña (Trjs) la parte sedimentaria asociada a lutitas calcáreas.
- **Zps:** geoformas del terreno representado por superficies bajas a onduladas distribuidas en casi todas el área directa del título minero 4205 asociado al relieve estructural de colinas bajas y superficies ligeramente planas a moderadamente onduladas, con laderas muy cortas, de pendientes que varían desde ligeramente planas (1 – 3 %) hasta moderadamente inclinadas (7 – 12 %) en suelos y rocas de las Formaciones Payandé (Trsp), Saldaña (Trjs) y Caliche (Tsc) dentro del pit minero, además por las coberturas cuaternarias aluviales de la dinámica actual de los drenajes El Salado y Los Huilos al este del título minero principalmente.

El relieve fluvio depositacional incluye dos tipos de geoformas principales:

- **Ftas:** Terraza aluvial antigua, corresponden a geoformas onduladas de moderada extensión en forma de abanico ampliamente explayado, de laderas moderadamente largas, de formas cóncavas y convexas con pendientes suaves a inclinadas. Su origen está asociado con la existencia de abanicos y planicies aluviales antiguos muy disectados que dieron lugar a la depositación de los sedimentos arenosos y gravosos que incluyen las arenas puzolánicas de origen volcánico generados por la cuenca del río Coello (Qt), distribuidos en el área de influencia en un 18% del título minero 6823.
- **Fte:** Escarpes de terrazas erosivos, incluyen morfologías correspondientes a las áreas que incluyen los taludes de corte del proceso extractivo de la mina de puzolanas, se concentra en la parte central del título minero 6823, involucra pendientes escarpadas del 12 al 35%, donde afloran los sedimentos arenosos y gravosos de los depósitos de terraza (Qt) fluvio volcánica.

#### 12.1.1.2.1. Morfometría

El Área de Influencia Proyecto (AI) de los títulos mineros de la Mina de Calizas la Esmeralda, incluye relieves de tipo estructural y fluvio volcánico que ocupan el 49,5% y 50,2% del área de influencia respectivamente y en menor proporción relieve de origen antrópico (8%), los cuales están determinados por la acción tectónica y por los agentes exógenos móviles. El relieve de origen estructural dominante en toda el área de estudio asociado a crestas y crestones, lomeríos, colinas residuales, colinas bajas y superficies planas a ligeramente onduladas, abarca sectores con laderas de pendientes que van desde moderadamente inclinadas (7 – 12 %) a totalmente escarpadas (> 100 %) pronunciados en litologías variadas sedimentarias, ígneas y volcanosedimentarias de las Formaciones Luisa (Trl), Payandé (Trsp), Saldaña (Trjs), Stock de Payandé (Jp), rocas de la Formación Honda (Ngh) y de Caliche (Tsc) principalmente. La textura y morfología del relieve, se enmarca en pendientes que oscilan entre el 7 al 25%, involucra los sedimentos de las terrazas fluvio volcánicas (Qal-Qt) y colinas residuales de las rocas más antiguas, que para este caso en particular corresponde a la Formación Saldaña y Payandé

#### 12.1.1.2.2. Morfodinámica

Los procesos erosivos presentes en la zona de estudio están dados bajo condiciones naturales estables, identificando en el área de influencia erosión por escorrentía superficial y fluvial. La erosión en surcos se forma a partir de la concentración de agua de escorrentía, arrastrando partículas y a su paso formando canales poco profundos; generalmente en el área de influencia, se presentan como procesos erosivos locales, paralelos ya que siguen la dirección de la pendiente, en este caso afectando suelos de las formaciones sedimentarias, volcanoclásticas y los depósitos cuaternarios con morfología de terraza, del título minero 6823 mina La Esmeralda.

A continuación, se describen los procesos morfodinámicos identificados en el área del título minero 6823 de la mina La Esmeralda:

PM1. Surcos de erosión afectados por la escorrentía superficial de aguas lluvias sobre los depósitos cuaternarios de arenas puzolánicas en el área del título minero 6823, en talud adyacente a la mina de Puzolanas. Estos procesos erosivos tienen una longitud de 5 m, un ancho de 30 cm y una profundidad de 20 a 25 cm, Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-GEOM-001, Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.006.

PM2. Otros surcos de erosión afectados por la escorrentía superficial de aguas lluvias sobre los depósitos cuaternarios de arenas puzolánicas en el área de la mina de Puzolanas se evidenciaron dentro del título minero 6823 en taludes al norte, noreste y sureste de la misma. Estos procesos erosivos tienen una longitud que varían entre los 10 y 15 m, un ancho de 20 cm y una profundidad de 10 a 15 cm, Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-GEOM-001, Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.006.

PM3. Generación de cárcava y surcos en la dirección del talud, afectando suelos y rocas de la formación Honda (Ngh), conformada por suelos arcillo-arenosos de grano fino con fragmentos de rocas ígneas y sedimentarias de tonos pardo a grisáceos y violáceos, subangulares a subredondeados, infrayacente se presentan arcillolitas rojizas a violáceas con concreciones arenosas. Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-GEOM-001, Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.006.

PM4. Erosión superficial por socavación lateral de la margen izquierda del río Coello afectando rocas triásicas de las formaciones Payandé (Trsp) y Saldaña (Trjs), asociadas a calizas masivas grisáceas y rocas volcanoclásticas principalmente lutitas calcáreas, limolitas y calizas de la parte superior de la Formación Saldaña. Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-GEOM-001, Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.006.

PM5. procesos erosivos menores, se presentan en el área del título minero 6823 de la mina La Esmeralda, se presentan en la parte central y al este del área de influencia; corresponden a surcos por la escorrentía superficial de aguas lluvias sobre los depósitos cuaternarios aluviales (Qal). Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-GEOM-001, Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.006. Estos procesos se evidencian, adyacente a la banda transportadora de la mina La Esmeralda

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 12.CONCLUSIONES

hacia la planta de Caracolcito, espacialmente tienen una longitud que varían entre 1 y 2 m, amplitud a escala centimétrica de 5 a 10 cm y una profundidad de 10 cm, Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-GEOM-001, Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.006.

PM6. Generación de cárcava de erosión afectando suelos y rocas de la formación Saldaña (Trjs) al noroeste del área del título minero 6823 de la mina La Esmeralda. Proceso que afecta suelos arcillo-arenosos de grano fino con fragmentos de tobas y lutitas violáceas, seguido se presentan lutitas violáceas muy alteradas y fracturadas en láminas y capas muy delgadas de 5 cm de espesor, con algunas intercalaciones de tobas amarillentas, alteradas. Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-GEOM-001, Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.006.

### 12.1.1.3. Paisaje

Con base en la caracterización de los elementos abióticos, bióticos y la percepción por parte de las comunidades asociadas al proyecto se logró estimar la calidad visual, fragilidad visual y belleza paisajística. El área de influencia comprende en su mayoría zonas con calidad visual baja (96,48%), se presenta una baja capacidad de absorción visual (66,48%) por lo que la fragilidad visual del área es en su mayoría alta y en términos de la belleza predominan las zonas con belleza paisajística baja (94,56%) principalmente otorgado por el relieve con pendientes moderadas y el efecto de coberturas fuertemente antropizadas. A partir de esto se reconocen siete unidades que agrupan los atributos del paisaje para el área de estudio y permiten evidenciar que 66,72% del área corresponde a la unidad **Bal** (Calidad visual baja y una fragilidad visual alta), las cuales se caracterizan por elementos con un relieve inclinado y sobre el que predominan superficies antrópicas que en alguna medida no armonizan el paisaje, le siguen las superficies de la unidad **Bmd** (Calidad visual baja y una fragilidad media) con un 30,11% de la superficie total, el proyecto por ende afecta un área mayoritariamente carente de elementos atractivos y moderadamente sensible a los cambios, aunque se destacan algunas geoformas y coberturas vegetales llamativas. Esto se ve influenciada por la cercanía del casco urbano de Payandé, no obstante, los cambios generados por el proyecto se dan en las áreas no visibles que corresponden a un 69,48% del área total. No se identifican zonas de interés paisajístico ni con prioridades de conservación importante.

#### 12.1.1.1. Suelos y Usos del suelo

Se realizó la identificación y caracterización de los suelos y la capacidad de uso de las tierras del área de estudio a partir del Estudio General de Suelos del Departamento de Tolima, emitido por la subdirección de agrología del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, en 2004, el cual fue corroborado tanto en campo como en laboratorio por Ingetec en 2020, por medio de la realización de reconocimiento y muestreo de suelos en calicatas.

En el área de influencia del EIA de modificación de la licencia ambiental del título minero 6823 se identificaron 3 unidades de suelos que se encuentran en los paisajes de Montaña y Piedemonte, los suelos se clasifican en 3 órdenes (entisol, inceptisol y alfisol).

La clasificación agrológica permite concluir que para el área de estudio se encuentran 1,50 ha (5,86%) de suelos clase VI, con 14,47 ha (56,36 %) de suelos clase VII y 9,70 ha (37,78 %) del área de influencia edáfica corresponde a suelos de la clase VIII.

La identificación y mapeo del uso actual del suelo se realizó a partir de la correlación que se presenta entre las coberturas y el uso que se da a las mismas, por lo tanto se partió del mapa de coberturas vegetales generado por el proyecto, según lo establecido en la Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra (metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia escala 1:100.000), a partir de la identificación de las coberturas de la tierra presentes en el área de influencia biótica con base en imágenes de sensores remotos, para la digitalización de la información se utilizó el Sistema de Información Geográfica (SIG) ArcGIS.

Para el establecimiento de los conflictos de uso del suelo se utilizó álgebra de mapas en el Sistema de Información Geográfica (SIG) ArcGIS, teniendo en cuenta las directrices emitidas en el documento de Zonificación de los conflictos de uso de las tierras en Colombia (IGAC-CORPOICA, 2002).

Con respecto al uso actual del suelo obtenido a partir de la interpretación de imágenes de satélite, se destacan los usos de Infraestructura - transporte (4,01 %), pastoreo extensivo (5,60 %), explotación de materiales de construcción (42,65 %) y conservación y/o recuperación de la naturaleza (47,74 %). Esto permitió obtener 24,25 ha (94,43 %) sin conflictos de uso y 1,42 ha (5,57 %) con algún tipo de conflicto de uso. Los resultados detallados y análisis se presentan en el numeral 5.1.5.

Con respecto al uso potencial del suelo presentado en el EOT, se puede concluir que el 79,49 % del área de influencia edafológica corresponde a áreas de producción económica agropecuaria y minera, el 5,76 % corresponde a áreas de significancia ambiental, riesgo y recuperación, el 0,31 % corresponde a zonas de uso urbano y solo el 0,04 % corresponde a áreas de riesgo natural y procesos de remoción en masa dentro del perímetro urbano, estos usos no son restrictivos para desarrollo de la actividad del título minero 6823. Con respecto a los Pomcas de los ríos Coello y La Luisa, las tierras han sido categorizadas en clase 4: Con capacidad agrícola y pecuaria; clase 7: Con capacidad agrícola, pecuaria y forestal y clase 8: Sin capacidad para actividades agropecuarias productivas por fuertes pendientes, estas actividades no son restrictivas para el desarrollo de las actividades mineras en el título 745.

#### 12.1.1.2. Hidrología

Los análisis llevados a cabo en hidrología consisten en la caracterización morfométrica de las subcuencas identificadas a partir de la red de drenaje a escala 1:25000 de la plancha IGAC 245IIC y de cartografía detallada del proyecto que cuenta con curvas de nivel cada 2 m.

De acuerdo con la zonificación hidrográfica establecida por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) en el informe de "Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia" (IDEAM, 2014), el proyecto se localiza en el área hidrográfica Magdalena Cauca (Código IDEAM 2), Zona hidrográfica Alto Magdalena (Código IDEAM 21) y la subzona hidrográfica río Coello (Código IDEAM 2121).

Para la caracterización de precipitación se emplearon las estaciones cercanas a la zona de estudio con el fin de realizar isoyetas y para definir el régimen de precipitaciones se empleó la estación La Resaca. De acuerdo con esto el régimen anual de lluvias presenta un comportamiento de tipo bimodal, siendo los periodos por encima del promedio de precipitación de marzo a mayo y entre octubre y noviembre, y los periodos de precipitaciones más bajas se presentan entre los meses de junio a septiembre y de diciembre a febrero. La precipitación media en la zona de estudio es del orden de 1600 mm anuales.

El cálculo de caudales medios se realizó mediante la calibración del modelo IHACRES, teniendo registros de caudales diarios en la cuenca intermedia del río Luisa entre las estaciones Pavo Real y Cucunubá, por ser cercana a la zona de estudio y tener área de drenaje menor a la estación sobre el río Coello. De acuerdo con los análisis los caudales medios calculados para las subcuencas en estudio son para el zanjón Los Huilos 7,77 l/s, el drenaje El Salado 3,8 l/s y los drenajes NN1 y NN2 0,81 l/s y 0,67 l/s respectivamente.

Para los caudales máximos, dada la poca instrumentación de cauces cercanos al área de influencia, se evidenció la necesidad de implementar modelos de transformación de precipitación en escorrentía directa; con estos métodos, en los que se requieren datos históricos de lluvia de corta duración y que se aplican a una cuenca hidrográfica, se calcula el caudal máximo de escorrentía superficial. En este caso se calcularon los caudales máximos con el Modelo Lluvia-Escorrentía del HEC-HMS, utilizando el método del hidrograma unitario del SCS, como lo cual se obtuvieron los caudales máximos que se presentan a continuación:

Tabla 1. Caudales máximos en m<sup>3</sup>/s asociados a diferentes periodos de retorno en las subcuencas analizadas.

Subcuenca	Área (km <sup>2</sup> )	Periodo de retorno en años						
		2	5	10	15	25	50	100
Drenaje El Salado	0,32	0,295	0,738	1,234	1,559	1,995	2,630	3,310
Zanjón Los Huilos	0,66	0,275	0,926	1,687	2,187	2,927	4,045	5,266
Drenaje NN 1	0,07	0,094	0,240	0,393	0,490	0,619	0,804	1,009
Drenaje NN 2	0,06	0,048	0,143	0,252	0,324	0,420	0,561	0,711

En cuanto a los caudales mínimos, la cartografía IGAC a escala 25 000 clasifica los drenajes identificados en la zona de estudio como drenajes de tipo intermitente, por lo tanto, estos cuerpos de agua pueden secarse anualmente y presentar un valor de caudal mínimo de 0 l/s. En la Tabla 2, se presenta el caudal mínimo estimado de los caudales medios mensuales.

Tabla 2. Caudales mínimo del caudal medio mensual.

Nombre	Zanjón Los Huilos	Drenaje NN 1	Drenaje NN 2	Drenaje el Salado
Tipo	Intermitente	Intermitente	Intermitente	Intermitente
Caudal (l/s)	0,0	0,0	0,0	0,0

#### 12.1.1.3. Calidad del agua.

Respecto a la calidad del agua se puede concluir:

- El río Coello presenta contaminación alta por sólidos suspendidos y por materia orgánica asociado a la época de lluvias y crecida del río, lo que ocasiona erosión provocada en los sustratos, con tendencia a ser corrosivas, lo que indica que tienen la capacidad de disolver metales presentes en los cuerpos de agua. Se encuentra clasificado como de calidad mala aguas arriba y de calidad regular en los puntos aguas abajo de la mina.
- El drenaje el Salado presenta valores muy altos de contaminación por mineralización (ICOMI), baja cantidad de sólidos en suspensión con tendencia a ser corrosivas, lo que indica que tienen la capacidad de disolver metales presentes en los cuerpos de agua. Se encuentra clasificado de calidad regular.
- El Zanjón Los Huilos y su afluente presentan valores altos de contaminación por mineralización (ICOMI), baja cantidad de sólidos en suspensión, con tendencia a ser incrustante. Se encuentran clasificados de calidad aceptable.

Respecto a la caracterización de sedimentos de fondo del río Coello se puede concluir:

- Las muestras de sedimento tomadas registraron concentraciones tendientes a la neutralidad excepto el punto identificado como FQ2 R. Coello Intermedio donde se identifica un resultado con tendencia a la acidez.
- El valor de Conductividad reportado en los puntos de monitoreo indica que existe una concentración baja de sales solubles en las muestras.
- Para el caso de los fenoles totales no se detectaron trazas de este compuesto.
- El análisis realizado para la detección de compuestos orgánicos; reportó en los sedimentos evaluados concentraciones inferiores al límite de cuantificación a excepción del punto identificado como FQ1 (R. Coello aguas arriba), donde se detectó una concentración de 0,02 mg/L en las grasas y aceites.

- No se presentaron concentraciones significativas de Suma HAP's, BTEX y AOX en los sedimentos evaluados presentando en cada una de las muestras concentraciones inferiores al límite de cuantificación.
- Para los metales analizados se obtuvieron concentraciones similares para los diferentes puntos muestreados permitiendo interpretar que son características del sedimento en la zona.

#### 12.1.1.4 Hidrogeología

##### 12.1.1.4.1. Modelo Hidrogeológico Conceptual

El sistema hidrogeológico del área de estudio corresponde a un sistema profundo regional, limitado por los ríos Coello y Luisa, los cuales constituyen las principales zonas de descarga del sistema. El área de estudio, está limitada al noreste por el trazo del río Coello y al sur, oeste y norte por divisorias de agua superficial, corresponden a un volumen de control. En cuanto a los límites verticales del sistema acuífero, abarca desde la superficie piezométrica, alcanzando el espesor de cada formación hasta llegar a la cota 500 m s.n.m, cota en la que se considera que no habría interacción directa con la zona de explotación.

Se conforma por rocas de poca permeabilidad, de baja importancia hidrogeológica (Ngh, TRL, Tsc, TrJs, Jp y Trsp). Las unidades hidrogeológicas identificadas como acuíferos libres, corresponden a los sedimentos aluviales recientes y al abanico de Ibagué que para el área de influencia se asocia a los depósitos de terrazas (Qt), ubicados al NE de la mina La Esmeralda; ambos se consideran sistemas locales, de extensión limitada y presenta baja importancia hidrogeológica de acuerdo con los parámetros hidráulicos y sus características litológicas.

La recarga en el área de estudio ocurre de manera local y por fuera del área de intervención del título minero 6823, donde dadas las condiciones favorables de pendiente, cobertura vegetal y tipo de suelo, el agua proveniente de la precipitación logra atravesar la zona vadosa y alcanza los niveles a una tasa de 176,38 mm/año (0,12 m<sup>3</sup>/s). Adicionalmente, el balance hídrico realizado para el zanjón Los Huilos, determina que la capacidad de almacenamiento máximo es de 158,3 mm, la infiltración potencial estimada es de 48,18 mm de la precipitación total anual promedio de 1617,3 mm que equivale al 2,98% de la precipitación total anual.

La infiltración potencial en las subcuencas en estudio, varía entre 2,98% y 4,86% de la precipitación total anual que cae sobre estas subcuencas. En los drenajes directos al río Coello (zanjón Los Huilos y drenajes NN1 y NN2) este porcentaje varía entre 2,98% y 4,31% equivalentes a 48,18 mm y 68,89 mm al año. Teniendo en cuenta, el área de modelación numérica y los resultados del balance hídrico para el área de influencia del título minero, guardan una proporción similar, en el sentido de que para las áreas de drenaje de los drenajes aferentes al río Coello se estima una infiltración del orden de 3% que es baja y concuerda con el modelo hidrogeológico donde se determinó que para la zona este donde se encuentran los drenajes NN1 y NN2 la recarga al acuífero es 0.

En cuanto a las descargas, el río Coello constituye una zona de descarga tanto de aguas superficiales como del sistema hidrogeológico, donde el agua proveniente de la recarga local y del sistema aguas arriba fluye en sentido oblicuo al río Coello hasta alcanzarlo y aflorar, alimentando de esta manera el caudal del río, permitiendo que tenga flujo continuo durante todo el año. La dirección de flujo es aproximadamente este-oeste.

Los niveles de agua en el área de estudio tienen profundidades entre 0 m (en el río Coello, donde aflora) y 820 m aproximadamente (al oeste del área, la cual es la zona de mayor altitud). En el área del tajo actual las profundidades se encuentran entre los 52 y los 60 m. Los piezómetros en el área de estudio se ubican principalmente sobre las diferentes unidades litológicas presentes en el proyecto minero, uno sobre las calizas de la formación Payandé, otro sobre unidades terciarias de la formación Honda, dos sobre los depósitos de escombreras, dos sobre los depósitos cuaternarios de puzolanas y tres sobre los depósitos cuaternarios aluviales, Tabla 3.

Tabla 3. Relación de inventario de puntos de agua subterránea asociada a piezómetros en el área de estudio mina La Esmeralda

Piezómetro	Coordenadas Magna Sirgas Origen Bogotá		Altura (m.s.n.m)	Coordenadas Origen Único Nacional		Prof. (m)	Nivel freático registrado (m)	Fecha de medición
	Este	Norte		Este	Norte			
PZ-01	885 581	966 200	572	4 766 538,6	2 033 571,55	43,4	42,79	25/09/2020
PZ-02 Escombrera Inferior	886 368	966 368	533	4 766 379,8	2 033 689,74	36,6	36,24	25/09/2020
PZ-03	886 061	966 904	512	4 766 688,6	2 033 628,32	41,15	21,85	25/09/2020
PZ-05	885 504	966 205	572	4 766 517,9	2 033 779,52	228	60,65	25/09/2020
PZ-07	886 300	966 939	513	4 766 447,9	2 033 777,62	27,4	27,42	25/09/2020
PZ-08	886 088	967 280	531	4 765 612,2	2 033 828,79	41	39,62	25/09/2020
PZ-09	886 111	967 512	529	4 766 682,0	2 033 906,25	41	40,33	25/09/2020
PZ-10	886 310	967 531	514	4 765 487,7	2 032 750,27	56,2	Seco	25/09/2020
PZ-Escombrera Superior	885 133	966 803	615	4 766 138,6	2 033 555,12	22,5	21,23	25/09/2020

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Profundidad de la columna de agua para el año 2017 y 2020 periodo estiaje y lluvias en el área del proyecto mina La Esmeralda con base en la red de piezómetros instalados

		Pzm 1	Pzm 3	Pzm 7	Pzm 8	Pzm 9	Pzm 10	Pzm 2 E. Inf
Año 2017	Periodo Seco	659,8	633,6	645,0	635,1	630,3	599,5	587,0
	Periodo Húmedo	659,8	635,2	645,3	635,6	630,6	600,0	587,5
Año 2020	Periodo Seco	657,5	629,7	642,6	630,3	630,4	593,8	583,8
	Periodo Húmedo	657,5	625,9	642,6	630,3	630,6	593,8	583,8

Fuente: Elaboración propia

La cartografía geológica a detalle corresponde a las unidades geológicas regionales con base en la información recogida del SGC y ajustada para el área de influencia del TM 6823 con los resultados de las campañas de campo y de exploración realizadas. En ese sentido se reconoció que en el área existen unidades geológicas desde el Triásico hasta el cuaternario: Formación Luisa (Trl), Formación Payandé (Trsp), Formación Saldaña (Trjs), Stock de Payandé (Jp),

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 12.CONCLUSIONES

Depósitos de Caliche (Tsc), Grupo Honda (Ngh), Abanico de Ibagué (Qfvi), Arenas Puzolánicas (Qfvip), Aluvial reciente (Qal), Depósitos de material de retrolleado y excavación minera (Qamex).

Con base en el levantamiento de información a escala local de GOTTA INGENIERÍA SAS e INGETEC, la tendencia estructural principal es N67°-73°W/61°-90°NE y la secundaria con variaciones hacia N81°-89°W/61°-85°NE, además de ser fallas subverticales que afectarían toda la secuencia.

Basados en análisis del IGAC, la textura del suelo es franco – arcillosa, ocupando gran parte del área de evaluación hidrogeológica (escala regional, WES 2020) e INGETEC (escala local, 2021).

Cemex, como parte del compromiso de investigación hidrogeológica, ha gestionado y ejecutado la perforación de nueve sondeos para el monitoreo de agua subterránea, ubicados hacia el sector oriental de mina La Esmeralda. Las profundidades máximas de investigación oscilan entre 40,35 y 60,3 m por debajo del nivel del terreno. Se instalaron nueve piezómetros, cuyas profundidades de construcción corresponden con una longitud entre 40 y 53 m.

Se han observado los registros de datos de manera continua, las variaciones significativas del nivel piezométrico concordante con la presencia o ausencia de precipitaciones de agua de lluvia, como respuesta sensible e inmediata. La tendencia de la variación de los registros de nivel precisaría que los datos medidos corresponden a la potencial infiltración por lluvia directa. Lo anterior, se sustenta en los materiales cuaternarios atravesados donde se han instalado los piezómetros P7, P8, P9 y P10 y no ha sido posible la identificación del nivel piezométrico, por lo que los piezómetros se encuentran secos.

Los registros isotópicos ( $\delta^{18}O$  y  $\delta^2H$ ) confirman la filtración de agua superficial de la quebrada Chicalá a la pared Sur del pit, donde las probables fracturas y/o fallas facilitan el aporte hidráulico, sin conexión aparente. El proceso de infiltración obedece a un comportamiento natural; es decir, el open pit muestra el proceso natural de recarga a través de las paredes expuestas, cuya recarga desde la quebrada podría ser significativa. Por ende, el open pit no ejerce influencia negativa en la extracción de agua subterránea, ya que las filtraciones de las paredes del tajo corresponden a agua de la quebrada Chicalá.

Los resultados de los isótopos muestran que no existen indicios de agua subterránea (flujo base) con signature isotópica constante (promedio ponderado anual) en la base del tajo (pit lake).

El sistema hidrogeológico del área de estudio está conformado por rocas de poca permeabilidad, de baja importancia hidrogeológica (Ngh, TRL, Tsc, TrJs, Jp y Trsp) que constituyen el basamento rocoso del área de evaluación hidrogeológica y en este su ubica las rocas de interés para la explotación de calizas (Formación Payandé); los depósitos que se conforman de sedimentos antrópicos (Qe y Qamex). A pesar de presentar permeabilidades relevantes, no se encuentran saturados. Los potenciales acuíferos identificados corresponden a los sedimentos aluviales recientes y al abanico del Guamo (Depósitos de terraza – Qt).

De acuerdo con la piezometría conceptual construida, los niveles de agua en el área de estudio presentan profundidades entre 0 m (en el aluvial del río Coello, donde aflora) y 817 m en la cabecera del río, al oeste del área de la modelación. En el área del tajo proyectado por el TM 6823, las profundidades se encontraría entre 52 y los 60 m por debajo del nivel del terreno.

El río Coello corresponde a la principal zona de descarga tanto de aguas superficiales como del sistema hidrogeológico; la descarga del sistema acuífero sobre el río mantendría el flujo base durante todo el año.

Tanto la quebrada Chicalá como el drenaje estacional El Salado no manifiesta la conexión hidráulica con sistema acuífero; aunque no se descarta que ambos drenajes permiten el goteo desde superficie al sistema subterráneo.

#### 12.1.1.4.2. Modelo Hidrogeológico Numérico

El modelo hidrogeológico y numérico de flujo, ha sido construido empleando el código de modelación Feflow 7,1, módulo F3 (DHI-WASI, XCVSV).

El modelo se basa en siete capas, cada una de ellas cuenta con 108 935 elementos, lo que hace un total de 762545 elementos. Respecto a las capas, cada una de ellas se integra de 54686 nodos, por lo que contiene 437488 nodos en la integridad del modelo.

A partir de la calibración del modelo en régimen permanente o estacionario, se representó adecuadamente los niveles piezométricos regionales, que son sometidos fundamentalmente al aporte de la recarga por precipitación de agua de lluvia, a la conexión con el acuífero regional y a la salida hacia el río Coello.

La simulación efectuada para el horizonte de 12,5 años muestra un descenso aproximado hasta la cota piezométrica de 570 m s.n.m. producto del ingreso del agua al tajo; el área de afección es de aproximadamente 0,24 km<sup>2</sup>.

El río Coello es influente o perdedor hacia aguas arriba de las operaciones y efluente o ganador hacia aguas abajo.

La precipitación que infiltra en el área de estudio es de 1216,39 mm/año que representa el 70,9% de la precipitación.

El proceso de calibración permitió llegar a un valor final de 103,08 mm/año, que equivaldría a 0,069 m<sup>3</sup>/s, lo cual representaría 6,019% de la precipitación.

De acuerdo con la secuencia de avance minero proyectado para el título 6823, los resultados del modelo hidrogeológico local del área de influencia y los resultados de los registros de mediciones de los piezómetros instalados, la superficie freática se encuentra por debajo de la cota máxima de las excavaciones; la trazabilidad de los niveles exponen que éste para época de lluvias o de estiaje ratifica los resultados obtenidos en el modelación numérica, donde la profundidad del nivel de agua respecto a la topografía actual del tajo está entre 180 m y 20 m (cota mínima actual), por lo cual no existirá injerencia de las operaciones de excavación sobre el agua subterránea.

#### 12.1.1.5. Geotecnia.

En lo relativo a las actividades adelantadas en el presente estudio desde el punto de vista geotécnico se puede concluir:

- En lo relativo al tema de respuesta sísmica, la zona en donde se encuentra el proyecto presenta una aceleración pico del terreno correspondiente a un periodo de retorno de 475 años igual a 0,20g. Este valor es el usado como referencia para la estimación del coeficiente de aceleración horizontal ( $k_h$ ) usado en los análisis de estabilidad de taludes.
- A partir de perforaciones desarrolladas con anterioridad, experiencia previa adquirida a través de la asesoría que ha venido realizando desde hace tiempo y exploración geotécnica reciente, esta última enfocada en el sector norte de la Mina Esmeralda, se definieron las propiedades de los materiales del área de estudio. Al respecto se destaca que se estableció igualmente una función de distribución de probabilidad normal para cada uno de los materiales y cada una de las propiedades de resistencia, la cuales se establecieron principalmente en función de los valores medios y de desviación estándar.
- Como un paso previo a la evaluación de las condiciones de estabilidad de los taludes a conformar, se determinó la zonificación geotécnica en función de un análisis de susceptibilidad mediante métodos heurísticos para la zona de intervención directa con el fin de tener un elemento de referencia en lo que se refiere a las condiciones de estabilidad general de la zona objeto de la modificación. Mediante esta evaluación se identificó que para las condiciones actuales, la zona presenta en términos generales una baja susceptibilidad a deslizamientos debido a

que una gran extensión del terreno es plana, salvo por aquellas zonas que presentan una susceptibilidad media las cuales se relacionan con los taludes existentes asociados a las labores de descapote.

- Una vez definidos los parámetros geotécnicos de los materiales del área de estudio, se llevó a cabo los respectivos análisis de estabilidad de los taludes producto del proceso de extracción de materiales de interés económico en la zona. Con respecto a estos análisis vale la pena destacar los siguientes aspectos:
  - Los análisis se realizaron para los escenarios “Normal “ y “Extraordinarios” definidos en los términos de referencia emitidos por la autoridad ambiental consignados en el documento ANLA(2016)
  - En la evaluación de la condición extrema por sismo se usó un coeficiente de aceleración horizontal equivalente al 100 % del valor del PGA, el cual implica que los diseños se efectuaron bajo premisas más exigentes que las comúnmente adoptadas en el diseño de taludes.
- A partir de los resultados de los análisis de estabilidad de taludes y siguiendo los criterios definidos por el FOPAE (2010) y la ANLA (2016) se definió el grado de amenaza de las excavaciones planteadas. Los resultados indican:
  - Para las condición estática durante la etapa de cierre y evaluando los mecanismos de falla general por corte y por potencia caída de bloques, los taludes del pit se encuentran en su mayoría en un nivel de amenaza Medio. La excepción a esta situación se da en los taludes denominados T7, T9 y T10 los cuales presentan un nivel de amenaza Bajo para la condición normal de nivel freático.
  - En cuanto al escenario extremo por ascenso del nivel freático se encuentra que en todos los casos el FS obtenido está por encima de 1,30, salvo por el talud identificado como T8, lo cual indica que el nivel de amenaza es Bajo mayormente para esta condición.
  - Finalmente, para la condición en el que se considera la fuerza ejercida por un sismo, se identifica una respuesta similar a la de la condición estática con nivel freático en nivel normal, los taludes del pit se encuentran en su mayoría en un nivel de amenaza Medio. La excepción a esta situación se da en los taludes denominados T7, T9 y T10 los cuales presentan un nivel de amenaza Bajo.
  - Garantizar que la vibración producida por las voladuras asociadas a los procesos de extracción , no generen un valor de aceleración superior a la considerada durante los diseños presentados en el presente informe.
- Se considera pertinente durante la etapa de operación, evaluar de manera detallada la geología estructural del talud 8 con el fin de establecer con mayor precisión si es necesario o no tender el buzamiento del talud entre bermas a 67 °. Este ajuste generaría una reducción de 1,0 m en la berma, es decir el ancho de la berma en el talud 8 pasaría de 5,0 m a 4,0 m, lo cual no genera una afectación en la estabilidad por falla general por corte.
- En lo referente al monitoreo geotécnico, partiendo de la experiencia adquirida con la instrumentación actualmente instalada y en uso, se considera que un sistema de instrumentación geotécnica compuesto por visitas de inspección al sitio, piezómetros, inclinómetros y sismógrafos instalados en los puntos considerados críticos o de mayor interés es suficiente para lograr los objetivos de un plan de monitoreo en la zona objeto de la de extracción, brindando información valiosa y oportuna para la toma de decisiones. Dicho esto, de acuerdo con los análisis de estabilidad y el subsecuente nivel de amenaza obtenido, se plantea el refuerzo del sistema de monitoreo existente, mediante instrumentos adicionales. Esta instrumentación adicional se relaciona con la instalación de varios puntos de control topográfico, piezómetros e inclinómetros.
- Para la etapa de cierre desde el punto de vista geotécnico se han planteado una serie de actividades orientadas hacia la prevención de la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa. Dichas actividades corresponden a la conformación de taludes, su monitoreo y la implementación de medidas de control de erosión y manejo de aguas. Por su parte, las medidas de control de erosión y manejo de aguas implican que una vez alcanzada las cotas

finales en el proceso de reconfiguración morfológica, se llevarán a cabo las siguientes actividades que propenden por la revegetalización de la zona:

- Remoción de material erosionado: perfilado de taludes del tajo de forma tal que el material superficial suelto a lo largo de los taludes sea removido, esto para evitar el desarrollo de fenómenos erosivos o de remoción en masa que puedan comprometer la estabilidad de los taludes.
- Retiro de bloques inestables: Se deben realizar labores de “desabombe” en los taludes de los tajos para retirar cualquier tipo de bloque que presente riesgo potencial de caída. Este mismo tratamiento debe realizarse en las zonas de escombreras para mantener los taludes de éstas libres de sobretamaños que impidan la implementación de medidas de protección como lo son la instalación de biomantos para revegetalización.
- Reconfiguración de taludes inestables: En el evento que los taludes del tajo no cumplan con los factores de seguridad mínimos establecidos, estos deben ser intervenidos mediante el retiro de material y la reconfiguración de las pendientes de corte y/o relleno (según sea el caso), con el propósito de aumentar el factor de seguridad, y por ende, estabilizar las zonas intervenidas.

#### 12.1.1.6. Atmósfera

##### *Clima*

Para la caracterización del clima en la zona de estudio se utilizaron los registros de las estaciones Aeropuerto Perales y Chicoral, operadas por el IDEAM. A los registros mensuales de brillo solar, temperatura, velocidad del viento, evaporación y humedad relativa se les realizaron cinco pruebas de normalidad con el objetivo de definir el conjunto de pruebas paramétricas o no paramétricas que evaluarán la consistencia y la homogeneidad de las series, de acuerdo con los cuales se identificó que los registros de humedad relativa, temperatura media, temperatura máxima y temperatura mínima presentan una buena calidad en los datos, al cumplir con la hipótesis de no tendencia e igualdad en la media y la varianza en el 100% de las pruebas. A partir de los resultados anteriores se utilizaron los registros de la estación Chicoral para la caracterización climatológica de la zona de estudio.

El comportamiento de la temperatura media registrado en las dos estaciones es similar, ya que presentan un comportamiento bimodal con temperaturas superiores al promedio en los meses de enero a marzo y de julio a septiembre (junio a septiembre en el caso de Apto Perales), y temperaturas promedio más bajas el resto del año.

Tabla 5. Temperatura media mensual multianual. Periodo 1977 - 2017.

Estación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
Apto Perales	23,84	24,16	24,03	23,76	23,77	24,16	24,57	25,30	24,73	23,47	23,09	23,31	24,01
Chicoral	27,52	27,78	27,39	26,76	26,83	27,09	27,56	28,30	27,83	27,16	26,68	26,98	27,32

Fuente: Elaboración propia.

en general las variables climatológicas son similares en las dos estaciones empleadas para su caracterización, donde la humedad relativa media es del orden de 76%, el brillo solar 1925 horas al año en Aeropuerto Perales, la evaporación en 1491 mm al año también en Aeropuerto Perales y la velocidad media del viento es de 2 m/s, con dirección predominante del sureste en el día y del oeste en la noche, de acuerdo con las rosas de vientos elaboradas para esta estación.

##### *Calidad de aire*

En la caracterización del componente de calidad del aire, se pudo concluir lo siguiente:

- Se identificaron 8 fuentes fijas de emisión, en su gran mayoría fuentes puntuales asociadas a la planta de Caracolito. También se identificó el complejo minero La Esmeralda aledaño a la cabecera municipal de Payandé.
- En el inventario de receptores sensibles se identificaron 16 receptores sensibles de los cuales tres son institutos educativos, una unidad hospitalaria y los demás son centros de recreación y deporte y parques.
- En la caracterización de fuentes lineales se evidenció un bajo flujo vehicular en el acceso a la mina, y un flujo vehicular moderado en la vía de acceso a la cabecera municipal, especialmente de motos y vehículos livianos.
- Las concentraciones de material particulado (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>) fueron inferiores a los límites máximos permitidos en la Resolución 2254 de 2017 del MADS.
- Los Índices de Calidad del Aire reportaron una calidad del aire Bueno la mayor parte de los días del monitoreo en todas las estaciones, con algunas excepciones de un índice Aceptable en los demás días.
- En época húmeda, la concentración promedio de PM<sub>10</sub> para la Estación CA1 fue de 16,04 µg/m<sup>3</sup>, para la Estación CA2 fue de 20,89 µg/m<sup>3</sup> y para la Estación CA3 fue de 17,60 µg/m<sup>3</sup>. Por otro lado, la concentración promedio de PM<sub>2.5</sub> para la Estación CA1 fue de 7,67 µg/m<sup>3</sup>, para la Estación CA2 fue de 6,43 µg/m<sup>3</sup> y para la Estación CA3 fue de 7,73 µg/m<sup>3</sup>.
- En época seca, la concentración promedio de PM<sub>10</sub> para la Estación CA1 fue de 28,90 µg/m<sup>3</sup>, para la Estación CA2 fue de 2,89 µg/m<sup>3</sup> y para la Estación CA3 fue de 7,26 µg/m<sup>3</sup>. En cuanto a PM<sub>2.5</sub>, la concentración para la Estación CA1 fue de 13,15 µg/m<sup>3</sup>, para la Estación CA2 fue de 1,32 µg/m<sup>3</sup> y para la Estación CA3 fue de 4,83 µg/m<sup>3</sup>.

### Ruido

La mina La Esmeralda, genera ruido “continuo” como el relacionado por el funcionamiento de la trituradora primaria y secundaria; de igual manera genera ruido de tipo “intermitente” proveniente de los dumpers.

Los resultados obtenidos en horario diurno para los puntos de emisión de ruido del 1E al 10E, presentan valores inferiores al estándar máximo permisible establecido en la Resolución 627 de 2006 para el Sector C: Ruido intermedio restringido. Se evidenció una vez analizada la información tomada en campo que algunos puntos presentaron valores superiores al límite establecido la norma; sin embargo, estos niveles no corresponden a la emisión generada por la mina sino a la incidencia directa de terceros .

Para los puntos de ruido ambiental (1A al 17A) monitoreados en horario diurno, presentan valores inferiores en un rango de 1.4 dB(A) hasta 24.8 db(A), evidenciando un cumplimiento de los límites establecidos en la norma ambiental de ruido, para cada uno de los sectores comparados, Sector B: Tranquilidad y Ruido Moderado y Sector C: Ruido intermedio restringido; sin embargo, estos cuentan con incidencia directa de terceros, por lo cual hay que destacar que los niveles de ruido hallados en estos puntos de medición, no son responsabilidad de la mina La Esmeralda, por lo tanto los resultados no son atribuibles a la industria.

Con base en los datos reportados para la emisión de ruido en el horario nocturno, se establece que los puntos de monitoreo del 1E al 10E presentan valores inferiores frente a los estándares máximos permisibles en la Resolución 627 de 2006 para el Sector C: Ruido intermedio restringido.

Los puntos de evaluación de Ruido Ambiental del 1A al 6A y del 9A al 15A se evidencian valores inferiores frente al estándar máximo permisible en la Resolución 627 de 2006, para cada sector correspondiente. exceptuando los puntos de monitoreo 7A, 8A, 16A y 17A los cuales presentan niveles de 91,9 dB(A), 59,1 dB(A), 57,4 dB(A) y 57,1 dB(A) respectivamente; dichos resultados obedecen a la incidencia directa de terceros como las actividades desarrolladas por parte de los habitantes del corregimiento de Payandé, así como un aporte importante por eventos naturales propios del área.

Los puntos de monitoreo de Ruido Ambiental 4A, 7A, 8A, 9A, 11A y 15A, evidencian un ruido residual más alto que nivel de ruido ambiental emitido, evidenciando que los niveles de ruido hallados en estos puntos, no obedecen a las operaciones que se desarrollan en la mina La Esmeralda, propiedad de Cemex, sino a la incidencia de terceros, como

las actividades desarrolladas por los habitantes del corregimiento de Payandé, tránsito discontinuo de vehículos en vía primarias y secundarias.

Para la campaña de 2020, los resultados de ruido ambiental obtenidos en los tres puntos, se compararon con el Sector B de Tranquilidad y Ruido Moderado, Subsector de Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes, que establece valores máximos permisibles de 65 dB(A) para horario diurno y 50 dB(A) para horario nocturno de acuerdo con lo establecido en la resolución 627 de 2006 expedida por el MAVDT, actual MADS. Esta designación del sector se da teniendo en cuenta la ubicación de los puntos de medición y su uso de suelo, que hace referencia a zonas rurales.

En primer lugar, se puede observar que los niveles de ruido ambiental obtenidos durante la mayoría de las mediciones diurnas (hábiles y no hábiles) resultan ser satisfactorios en términos normativos, con reportes que no exceden los 62 dB(A) para los puntos que están en cumplimiento.

Por el contrario, el único punto que presenta incumplimiento normativo es el punto RA1 donde se registra un nivel de presión sonora de 66.6 dB(A) que refleja un leve excedente normativo del 2%.

Por otra parte, el sobrepaso de la norma mencionado anteriormente podría estar determinado por la movilización frecuente de motocicletas por vías cercanas del corregimiento, por aportes de ruido asociados a dinámicas poblacionales, al desarrollo de la actividad habitacional humana y eventuales sonidos asociados a la tenencia de animales domésticos; aunque cabe anotar que, en este punto de manera tenue se alcanza a percibir el ruido procedente de la operación de la mina.

Para el periodo nocturno, se evidencia que los niveles de ruido ambiental tanto hábiles como no hábiles, exceden los límites máximos permisibles establecido por la norma, registrándose así niveles de presión sonora comprendidos entre 51.5 dB(A) y 57,3 dB(A) que señalan excedencias de la norma (50 dB(A)) del 3% al 15%.

Finalmente, es importante mencionar que durante el periodo de evaluación nocturno, desciende significativamente el ruido procedente de factores poblacionales, así como del tránsito vehicular y de motos, es decir que los aportes de ruido estarían determinados principalmente por sonidos procedentes de animales de ámbito nocturno y eventuales ladridos de perros domésticos. Para los puntos RA2 y RA3, no se identifican con claridad los aportes de ruido asociados a las actividades de producción de la mina, mientras que en el punto RA1, se alcanzan a percibir de manera muy tenue.

#### *12.1.1.4.1. Vibraciones*

En la zona del proyecto, actualmente se desarrolla la operación minera correspondiente a las actividades del Título 4205. Con el fin de evaluar las implicaciones de las voladuras sobre el poblado urbano de Payandé, actualmente se dispone de tres puntos de monitoreo de vibraciones ubicados sobre el casco urbano de Payandé. Para cada voladura Cemex ha tomado registros con sismógrafos ubicados en el Colegio San Miguel, el Puesto de Salud y la Casa Cural.

Con base en el análisis de registros de vibraciones se puede concluir que los niveles de vibración generados por la operación minera en las zonas de interés son inferiores a los umbrales de vibración establecidos (3 mm/s que equivalente a 0,12 pulg/s para frecuencias de 1 a 10 Hz)..

Adicionalmente, se presenta el rango de aceleraciones utilizado comúnmente en la norma NSR-10 para la clasificación de los niveles de amenaza sísmica, los cuales son indicativos y se relacionan con la aceleración pico efectiva de diseño de edificaciones. Los rangos de amenaza que se presentan son solo indicativos y están referidos a aceleraciones sísmicas de origen tectónico. Allí se observa que no hay aceleraciones, por efecto de las voladuras, que superen el rango de 0.1 g salvo por una medición puntual y que en general los valores corresponden a zona de amenaza sísmica baja.

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, se espera que las máximas vibraciones se den como consecuencia del uso de explosivos planteado para el título minero 6823, por lo que, para las operaciones actuales y futuras CEMEX ha definido como criterio general que la velocidad pico de partícula no exceda los 3,0 mm/s, para zonas urbanas y de hasta 8,0 mm/s en las zonas donde no hay estructuras susceptibles a vibraciones. Estos valores son conservadores considerando que el umbral de velocidad pico de partícula establecido por la normativa de Estados Unidos (USBM R18507) es 8,0 mm/s para el abanico de posibles frecuencias.

## 12.1.2. Medio Biótico.

### 12.1.2.1. Ecosistemas terrestres.

#### *Ecosistemas*

En el Área de Influencia Biótica - AIB, se registra la presencia de 14 ecosistemas asociados a los dos biomas localizados en el área correspondientes al Zonobioma Alternohigróico Tropical Tolima grande (ZATTG) y el Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral (ZHTC). Un total de ocho coberturas se reportan en el AIB predominando las coberturas de bosques y áreas seminaturales (52,39 ha, con el 75,31% del AIB) y Territorios artificializados (14,03 ha con el 20,17%).

Las coberturas naturales y seminaturales son las predominantes en el área de influencia biótica, destacándose entre las coberturas vegetales de bosque de galería y vegetación secundaria alta cubriendo la mayor parte del área, especialmente las zonas montañosas y el sector adyacente al río Coello. En menor medida los territorios artificializados se encuentra el área donde se llevan a cabo las actividades de minería y el transporte de materiales, además de una pequeña fracción que comprende territorios agrícolas representados por los pastos arbolados, los pastos limpios y los pastos enmalezados.

#### *Flora*

En la cobertura de bosque de galería, la familia más rica en especies y géneros fue Fabaceae seguida por Malvaceae para ambos biomas y adicionalmente la familia Rubiaceae en el ZHTC. Con base en la información recolectada, en el ZHTC de esta cobertura, las especies más abundantes son el Capote (*Machaerium capote*) seguida en menor proporción por el Guásimo (*Guazuma ulmifolia*) y el Laurel (*Nectandra turbacensis*) mientras para el ZATTG, las especies más abundantes fueron el Laurel (*N. turbacensis*), el Guásimo y el Yarumo (*Cecropia peltata*). Las especies con más abundancia y frecuencia en el ZATTG fueron Laurel, el Yarumo y el Guácimo, mientras los resultados obtenidos de en el ZHTC, en el estado fustal fueron el Laurel, el Caracolí (*Anacardium excelsum*), el Arupo (*Chionanthus implicatus*) y el Balso (*Ochroma pyramidale*). Mientras que en el estado de latizal (ZHTC) las especies más abundantes fueron el Guásimo (*G. ulmifolia*), *Eugenia uniflora*, *Casearia corymbosa*, *Ardisia foetida*, *Myrsine guianensis* y *Bursera simaruba*. Una tendencia similar se encuentra para el estado brinzal donde los mayores registros corresponden al Capote (*M. capote*), el Laurel (*N. turbacensis*) y el Guásimo (*G. ulmifolia*).

Para la vegetación secundaria alta para ambos biomas, las familias con mayor número de especies corresponden a la familia Fabaceae seguida de Rutaceae, adicionalmente en el ZATTG se destaca la familia Malvaceae. En términos del ZHTC, el Laurel es la especie con mayor cantidad de individuos en los tres estados de desarrollo leñoso fue el Guázimo seguido por el Negrito (*Pera arborea*) y el Cordoncillo (*Piper arboreum*) mientras para el ZATTG también se encuentra el Guázimo aunque seguido por el Ondequera (*Casearia corymbosa*) y la *Swinglea glutinosa*. En estado fustal la mayor abundancia se registra para el Yarumo, el Guácimo y el Payandé (*Pithecellobium dulce*), teniendo la mayor frecuencia el Balso y las especies previamente mencionadas. Para el estado latizal y brinzal del ZATTG se destaca el Arrayan 2 (*Eugenia sp.*) y el Guácimo respectivamente.

En la cobertura de Pastos arbolados las familias Fabaceae para ambos biomas y Malvaceae son las más ricas en especies, seguida de la familia Asteraceae y Poaceae en el bioma ZHTC. De las especies reportadas, la más abundante para el estado fustal es el Payandé, en latizales el Chirlobirlo (*Tecoma stans*) y en brinzales el Chilco (*Baccharis trinervis*). Particularmente en el ZATTG de esta cobertura la mayor cantidad de registros corresponden al Balso (*O. pyramidale*). En la cobertura de pastos enmalezados, las familias con mayor número de especies son la familia Asteraceae y Malvaceae, seguidas por la familia Euphorbiaceae y Poaceae para el ZHTC, mientras en el ZATTG se destaca la familia de los pastos Poaceae, seguida por Asteraceae y Fabaceae. En los latizales del ZHTC la especie más abundante fue el Cenizo (*Piptocoma discolor*), en los brinzales el Mosquero (*Croton leptostachyus*) y en herbáceas la paja brillante (*Melinis repens*), respecto al ZATTG la mayor cantidad de registros fueron para el Arryán (*Eugenia sp.*). En los pastos limpios se tienen registros de tres familias, donde en el componente brinzal se destacan dos especies de condoncillo (*Piper arboreum* y *P. marginatum*) y dos especies de pastos (*Axonopus scoparius* y *Panicum sp.*).

Finalmente en la cobertura de tierras desnudas y/o degradadas se registraron siete familias, de estas en brinzales se destaca el Botón de oro (*Wedelia calycina*, Asteraceae), el Chirlobirlo y el *Sicydium sp.* En esta cobertura existe una dominancia de especies herbáceas donde la mayor cobertura está comprendida entre los pastos *Setaria parviflora* (65,35%) y *Aristida setifolia* (27,56%).

Se identificaron 34 especies con alguna categoría de amenaza, veda o endemismo, donde se destaca a la *Gustavia verticillata* como especie vulnerable (VU) por la UICN, el *Erythroxylum cassinoides* en veda nacional y regional según la Resolución 0316 de 1974 y Acuerdo 10 de Marzo 11 de 1983 y tres especies endémicas (*G. verticillata*, *E. cassinoides* y *Calea sessiliflora*).

### Fauna

Para aves se obtuvieron registros para 90 especies distribuidas en 38 familias donde se destaca al orden Passeriformes el cual agrupó la mayor parte de las especies. Se destacan las familias de las tangaras Thraupidae (17 especies) y los atrapamoscas Tyrannidae (13 especies), otras familias bien representadas son las palomas Columbidae, los halcones Falconidae y loros Psittacidae. Las especies más abundantes son de hábitos gregarios como el chulo de cabeza negra (*Coragyps atratus*), la lora (*Psittacara wagleri*) y el perico (*Forpus conspicillatus*). En términos del hábitat y su historia natural, las zonas abiertas presentaron la mayor riqueza y abundancia con una representación muy equitativa de las especies contrario a lo registrado en el bosque de galería que presentó menor diversidad y mayor dominancia de especies de bosque. Se identificaron ocho gremios tróficos donde el insectívoro, frugívoro y omnívoro presentan la mayor proporción de especies, lo que permite resaltar la variedad de recursos que permiten la permanencia de varios grupos diferentes de aves. Finalmente, respecto a su amenaza y figuras de protección, únicamente el loro *P. wagleri* se encuentra como casi amenazado (NT) por la reducción de su hábitat y tráfico como mascota, trece especies están incluidas en el apéndice II de CITES y dos especies son casi endémicas y la Guacharaca (*Ortalis columbiana*) es de carácter especie endémico, por último, cuatro especies migratorias fueron registradas en el AIB.

En el caso de los anfibios se registraron diez especies pertenecientes al orden Anura (ranas y sapos) las cuales se distribuyen en seis familias que tuvieron una representación relativamente equitativa aunque se destaca la familia de los sapos (Bufonidae), las ranas arborícolas (Hylidae) y las ranas Leptodactylidae. En términos del hábitat y su historia natural, las zonas abiertas presentaron la mayor diversidad (60%) debido a que contaba con un cuerpo de agua temporal dentro del PIT de arenas que era usado por varias especies para reproducirse mientras el bosque ripario presentó una diversidad menor, siendo dominada por la especie de rana de quebrada *Rheobates palmatus*, cuenta con especies con mayores requerimientos de hábitat. Para las especies que presentan algún riesgo de extinción o con alguna figura de protección, el sapo *Rhinella sternosignata* es una especie casi amenazada (NT) por la UICN, tres especies son endémicas y dos son casi endémicas y la rana venenosa de líneas amarillas está considerada dentro del apéndice II del CITES.

En el caso de los reptiles se registraron 19 especies, la mayoría corresponden al orden Squamata y en menor medida por el orden tortugas Testudines. Dentro del orden Squamata se distribuyen nueve especies de lagartos y serpientes

respectivamente. Asociado al hábitat, el bosque ripario presentó la mayor diversidad y mayor equitatividad gracias a la diversidad estructural de la vegetación y de recursos, por el contrario la vegetación secundaria y las zonas abiertas presentaron menor diversidad por el grado de intervención del hábitat. La mayor parte de los reptiles tienen una dieta predominantemente insectívora o carnívora. Respecto al grado de amenaza, figuras de protección y endemismo, ninguna especie está considerada en riesgo de extinción aunque existen seis especies no evaluadas, tres especies están dentro del apéndice dos de la convención CITES, un lagarto endémico (*Anolis aff. huilae*), el basilisco (*Basiliscus galeritus*) como especie casi endémica y una especie de salamaneja invasora (*Hemidactylus brooki*).

Para los mamíferos se lograron obtener registros de 22 especies en 14 familias y ocho órdenes donde se destaca el orden de murciélagos Chiroptera por poseer la mayor riqueza con diez especies. Como parte de los murciélagos, la familia Phyllostomidae presentó nueve especies con diferentes dietas y preferencias de hábitat, como especies frugívoras, insectívoras y omnívoras. Las especies más abundantes corresponden a murciélagos como *Artibeus spp.*, *Carollis perspicillata*, el zorro y el Gurre (*Dasypus novemcinctus*). En cuanto a la diversidad por su hábitat, el bosque ripario presentó la mayor diversidad y abundancias dado que cuenta con un mayor nivel de conservación, variabilidad estructural de la vegetación y recursos alimenticios, aunque la riqueza en zonas abiertas y vegetación fue levemente menor. De acuerdo al libro rojo de mamíferos de Colombia se considera al Tigrillo como especie casi amenazada (NT) y protegida por la convención CITES en el apéndice I mientras en el apéndice II se encuentra el Zorro (*C. thous*), por último el venado (*Mazama zetta*) es de carácter endémico.

#### 12.1.2.2. Ecosistemas acuáticos

##### Época seca

Para la época seca los cuatro puntos de monitoreo se encontraron secos y por lo tanto no fue posible caracterizar el fito y zooplancton, los macroinvertebrados bentónicos, perifiton, macrófitas e ictiofauna. Por otro lado, los análisis de las diferentes muestras de peces indicaron que las concentraciones determinadas están por debajo de los límites máximos permitidos por la legislación Colombiana, no obstante, se destaca la concentración de plomo como el valor más cercano al permitido y se infiere que puede deberse al manejo deficiente de residuos en la quebrada El Salado por personas ajenas a CEMEX-La Esmeralda.

##### Época húmeda

Los macroinvertebrados bentónicos registrados presentaron los órdenes Coleoptera, Díptera, Ephemeroptera, Hemiptera, Megaloptero, Odonata, Basommatophora, Neotaenioglossa y las clases Clitellata, Ostracoda y la subclase Arachnida. El punto del río Coello (FQ3) registró la mayor abundancia seguido por el punto del afluente Zanjón Los Huilos (FQ7) mientras la menor abundancia fueron en el río Coello intermedio (FQ2) y aguas arriba (FQ1) y el Zanjón Los Huilos (FQ8). En términos de los taxones, los coleópteros fueron más abundantes, suelen asociarse a las partes más lentas y someras de los sistemas lóticos donde se encuentran aguas limpias entre gran cantidad de necromasa, vegetación, grava y piedra. Otros órdenes representados fue Díptera (moscas y mosquitos) que en algunos casos presentan larvas estrictamente acuáticas que cumplen roles importantes en el transporte de energía, la familia más abundante fue Chironomidae. El siguiente en número de individuos fue la clase Clitellata (Lombrices redondas), sobre todo en el punto FQ7, estos organismos sirven como bioindicadores por su relación con la materia orgánica en circulación y por su tolerancia a la contaminación orgánica. Aunque no hubo variables fisicoquímicas determinantes en la conformación de la comunidad, algunas que presentaron una tendencia fueron el pH alto y la saturación de oxígeno.

En cuanto al perifiton, se registraron 18 taxones de los phyllos Bacillariophyta, Charophyta, Chlorophyta, Cyanobacteria y Euglenozoa, de estos en términos de su abundancia la mayor parte (84,3%) corresponden a algas verde azules (Cyanobacteria) y en menor proporción diatomeas (Bacillariophyta) y algas verdes (Chlorophyta), entre otras. La mayor abundancia de organismos se asoció a los puntos de monitoreo con mayor abundancia FQ8 y FQ7 pertenecientes al

Zanjón de los Huilos y los de menor abundancia correspondieron a FQ2 y FQ3 localizados sobre el río Coello. Respecto a los taxones identificados, las cianobacterias son indicadoras de ambientes con flujos de nutrientes cambiantes, las cianofíceas por otra parte son algas que suelen proliferar en ambientes que tienden a la eutrofización. Para las diatomeas, se encuentran frecuentemente en ambientes donde la columna de agua se mezcla y diferentes alteraciones ecosistémicas, mientras las algas verdes prefieren ambientes mesosaprobios asociados a aguas negras. De acuerdo a la correlación de Spearman la comunidad de perifiton tuvo una relación significativa con la acidez, calcio total, conductividad, dureza y sólidos.

La ictiofauna para el AIB comprende cuatro especies y cinco individuos pertenecientes al orden Characiformes, Perciformes y Siluriformes, todos identificados en los puntos asociados al Río Coello. Primero, los Characidae (Characiformes) comprenden al Coliamarillo (*Creagrutus affinis*) una especie omnívora que ocupa corrientes moderadas a fuertes y la sardina (*Gephyrocharax melanocheir*) que se resguarda entre la vegetación en zonas con muy buena calidad de agua, consume principalmente larvas de mosquito y es endémica para Colombia. En el orden Perciformes se registró a la sardina (*Andinoacara latifrons*), la cual tiene una dieta omnívora y se ubica en zonas con baja corriente y es endémica de Colombia. En los Siluriformes se registró el Coliamarillo (*Trichomycterus retropinnis*), es una especie reofílica de hábitos nocturnos, depreda larvas de insectos acuáticos como dípteros y tricópteros, además es una especie endémica.

#### 12.1.2.3. Ecosistemas sensibles

Para el proyecto no se presentan áreas del sistema de áreas protegidas que se crucen con el área del proyecto o su área de influencia, tampoco respecto a los ecosistemas estratégicos o con áreas prioridad de conservación PNN. No obstante, el AIB se cruza con el POMCA del río Coello en su sector oriental (90% del área) el cual se encuentra como un ecosistema estratégico para el Parque Los Nevados y con el POMCA del río Luisa en su sector suroccidental (9,1%) aunque no se registran cruces con nacimientos de acuíferos, se destaca las zonas de bosque seco tropical el cual ha sido severamente degradado en todo el país y que se encuentra en el área del proyecto.

El EOT del municipio de San Luis identifica la zona "SRpe" y "SPpr" como un suelo rural de producción económica o sin producción específica donde se pueden llevar actividades mineras con uso condicionado y por lo tanto no habría conflicto en el uso del suelo y se destaca que el área cercana a la zona de explotación hace parte del área de expansión urbana del corregimiento de Payandé. Es importante tener en cuenta que en el caso de este POMCA no se consideran las acciones de intervención y transformación del territorio, ya que en áreas de títulos mineros se considera el uso de cultivos de diferente clase dentro de la zonificación ambiental propuesta como lineamiento para el ordenamiento municipal.

En el caso de las rondas hídricas y nacimientos dentro del área de influencia biótica, se hace referencia a la normativa nacional (Decreto 2245 del 29 de diciembre del 2017, que se encuentra compilado en el Decreto 1076 de 2015 Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo sostenible, Decreto 1449 de 1977), donde se contempla un área específica de protección y conservación que corresponde a una faja no inferior a 30 m de ancho, paralela a las líneas de mareas máximas, a cada lado de los cauces de los ríos, quebradas y arroyos, sean permanentes o no y alrededor de los lagos o depósitos de agua y en los nacimientos de fuentes de aguas en una extensión por lo menos de 100 m a la redonda, medidos a partir de su periferia. Se identificó en el área del área de estudio una zona de recarga asociada a la infiltración de precipitaciones en dos zonas diferenciadas, las cuales son producidos por los depósitos cuaternarios aluviales, las arenas puzolánicas y del Abanico de Ibagué con un flujo intergranular.

### 12.1.3. Medio Socioeconómico

#### 12.1.3.1 Participación y socialización con las comunidades

Respecto a los procesos de información y participación adelantados en el marco del EIA, es importante mencionar que, si bien es cierto, como consecuencia de la pandemia por COVID-19 fue necesario incorporar estrategias que permitieran abordar las diferentes temáticas con los diferentes actores del área de influencia del proyecto, se logró cumplir con el objetivo propuesto, lográndose llevar a cabo tres momentos previstos, a saber. Un primer momento enfocado en propiciar espacios de información con autoridades y actores de interés, y participación en los que de la mano de la comunidad, se reconoció el territorio y se generaron escenarios de participación y conocimiento sobre las condiciones técnicas y actividades de la modificación, junto a información sobre los estudios de impacto ambiental. Incluyó además talleres de caracterización, diligenciamiento de ficha veredal, cartografía social, calendario cultural y línea de tiempo; y entrevistas semi estructuradas con la población del AI, con los que se logró recopilar el insumo necesario para la caracterización; un segundo momento en el que se logró identificar de manera participativa los posibles impactos que la modificación de Licencia Ambiental podría tener en la comunidad, en los medios biótico, abiótico y socioeconómico. así como recoger propuestas por parte de los participantes, con el fin de determinar diferentes medidas de manejo que permitieran desde su punto de vista, prevenir, mitigar, corregir o compensar dichos impactos; y un tercer momento en el que se llevó a cabo la retroalimentación de los resultados del estudio y se aclararon dudas e inquietudes frente al proyecto, cerrando de manera satisfactoria con el proceso de participación y socialización propuesto.

#### 12.1.3.2 caracterización socioeconómica y cultural

El corregimiento de Payandé se caracteriza por ser nucleado, con una amplia vocación comercial y de servicios, y con un número importante de población que se desempeña en las minas de caliza que circundan al corregimiento. Por sus condiciones geográficas y climatológicas es un lugar apetecido por adultos y adultos mayores, gracias a lo cual se ha incrementado la actividad de turismo, por lo cual actualmente reviste incluso mayor importancia, que la cabecera municipal, lo cual ha jalonado el crecimiento del comercio y servicios en el centro poblado. Por su parte las veredas del corregimiento además de la minería concentran su actividad en el desarrollo agropecuario.

Dentro de las principales problemáticas identificadas por la población se encuentra la falta de acceso al agua potable en el corregimiento, (área urbana y rural) deterioro en vías de acceso al corregimiento y vías terciarias, y de manera especial, y exacerbado por la incidencia de Covid-19 en la población, la falta de infraestructura adecuada y suficiente en salud, y servicios de mayor complejidad y especializados, debido a que por cuenta de este déficit la población se ha visto abocada a buscar atención en otros municipios como Ibagué o incluso Bogotá.

Desde el punto de vista cultural, en relación con el desarrollo del proyecto, una de las principales actividades desarrolladas en Payandé, es el aprovechamiento de los recursos naturales no renovables, específicamente los yacimientos de caliza y otros minerales localizados en las afueras del corregimiento, a través de la minería tanto formal como artesanal, actividad con la que la población ha convivido por varias décadas y que ha sido transmitida de generación en generación.

Respecto a la organización y participación comunitaria, se ha presentado una transformación en el territorio, han surgido importantes instancias e iniciativas, dentro de las cuales se destaca de manera especial el papel de la mujer, a través del surgimiento de organizaciones y emprendimientos que han fomentado nuevas formas de organización y participación comunitaria. Se espera que de acuerdo con las apuestas de la administración municipal, y las expectativas de un sector de la comunidad, en el mediano plazo se pueda posicionar el turismo como una actividad económica de importancia que permita posicionar el territorio y re configurarlo en torno a esta actividad, teniendo en cuenta que si bien es cierto, la minería reviste un grado de importancia en el contexto económico del corregimiento de Payandé y ha presentado avances respecto a la organización del gremio, especialmente en lo que a pequeña minería se refiere, no se prevé una mayor desarrollo o perspectiva futura de crecimiento a gran escala de esta actividad.

## **12.2. DEMANDA, USO Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES**

### **12.2.1. Aguas superficiales.**

No se consideran captaciones de fuentes hídricas naturales superficiales continentales o marítimas para los usos definidos como consumo humano u otro uso industrial; debido a que el proyecto utilizará el recurso a través de la infraestructura existente y permisos ya incluidos en el complejo minero. Para la ampliación de las áreas de explotación del título mineros 6823 se requiere concesión de aguas superficiales del fondo del pit de la mina (4766562E, 2033667N), el cual recibe los aportes de agua de escorrentía superficial del área del proyecto. El agua será tratada y vertida al río Coello. La cantidad de agua calculada y solicitada para este permiso corresponde a 94 l/s por el tiempo de explotación de caliza de este título minero, es decir por un periodo de 20 años.

### **12.2.2. Aguas subterráneas.**

De acuerdo a las nuevas actividades, no se identifica que se requiere demanda de aguas subterráneas por la explotación de caliza del título 6823. La comprobación se realizó a partir de los resultados obtenidos en el modelo hidrogeológico numérico de la caracterización del área de influencia en donde se observó que el nivel de agua respecto a la topografía actual del tajo está entre 125 m y 16 m (cota mínima actual), por lo cual actualmente no existiría injerencia de las operaciones de excavación sobre el agua subterránea; además se evidencia claramente la desconexión de los drenajes superficiales con el agua en el acuífero, que fluye en dirección W-E.

### **12.2.3. Vertimientos.**

Por la ampliación de las áreas de explotación del título minero 6823 no se generan aguas residuales domésticas e industriales adicionales. Las aguas residuales seguirán siendo manejadas, tratadas y reutilizadas dentro de la infraestructura existente y permisos ya incluidos en el complejo minero.

Para efectos del presente trámite para el área de explotación del título 6823, se llevará a cabo solicitud de permiso de vertimiento de aguas de escorrentía que serán canalizadas y tratadas en una piscina de sedimentación para posteriormente ser descargadas en cuerpo de agua superficial - Río Coello en la coordenada 4766907E, 2033679N. La cantidad de agua de vertimiento corresponde a la cantidad de agua establecida en el modelo de escorrentía realizado en el aparte de concesión de agua, es decir 94 l/s por el tiempo de explotación de caliza de este título minero (20 años).

### **12.2.4. Ocupación de cauce.**

Dentro de las actividades de explotación minera se requiere la construcción de la estructura de descarga de las aguas de escorrentía que se almacenan en el fondo del PIT, y que serán descargadas al río Coello, por lo que teniendo en cuenta la información de caudales de escorrentía y sistema de bombeo, se estableció las obras hidráulicas requeridas para la descarga de aguas al río Coello y que generan ocupación de cauce en las coordenadas 4766907E, 2033679N.

### **12.2.5. Aprovechamiento forestal.**

El área objeto de aprovechamiento forestal cubre un área total de 28,10 ha y se encuentra en dos tipos biomas ( ZHTC y ZATTG) y cada uno presenta las mismas coberturas de porte leñoso: bosque de galería, vegetación secundaria alta y pastos arbolados. A partir del muestreo realizado en campo mediante parcelas para las coberturas de bosque de galería

y vegetación secundaria alta y el censo en pastos arbolados, para el área muestreada en el PIT 6823 se obtuvo un Volumen total de 249,92 m<sup>3</sup> (140,90 m<sup>3</sup> en ZATTG y 109,03 m<sup>3</sup> en ZHTC), Volumen comercial de 108,00 m<sup>3</sup> (69,82 m<sup>3</sup> en ZATTG y 38,18 m<sup>3</sup> en ZHTC), Biomasa total de 143,6 t (67,96 t en ZATTG y 75,6 t en ZHTC) y Carbono de 71,8 t (33,98 t en ZATTG y 37,8 t en ZHTC). Se identificaron 419 individuos con alguna categoría de amenaza según la UICN, entre estas se destaca la especie *Machaerium capote* presenta distribución casi-endémica.

El material recolectado a causa de esta actividad de tala será utilizado principalmente para las diferentes actividades constructivas, partiendo de los diferentes usos de las especies que se encuentran en el área de esta manera se pueden utilizar en construcción de trinchos, Producción de Mulch, abono, postes y cercas dentro del proyecto, estacones. En segunda instancia, puede ser donado a la comunidad siguiendo el protocolo establecido.

### 12.2.6. Especies en veda.

A partir del muestreo se lograron obtener registros de siete especies vasculares distribuidas en la familia de orquídeas y bromelias (Orchidaceae y Bromeliaceae). La especie más abundante y frecuente fue la bromelia *Pitcairnia echinata*, seguida en abundancia por *Tillandsia flexuosa* que en conjunto corresponden a aproximadamente el 71,7% de la abundancia total mientras que la orquídea más abundante fue el *Cyrtopodium sp.* En términos de frecuencia se encuentra *P. echinata*, *Cyrtopodium sp.* y la bromelia *Bromelia karatas*, mientras las demás especies presentaron frecuencias menores al 10%. Las especies de forófitos con mayor abundancia de epífitas vasculares fueron el Payandé (*P. dulce*) y el Capote (*M. capote*). Aunque ninguna especie se encuentra en alguna categoría de amenaza global o nacional, todas las especies registradas están en veda nacional por la Resolución 0213 de 1977 (INDERENA) y las orquídeas están incluidas en el apéndice II de la convención CITES.

Para las especies de epífitas no vasculares se obtuvieron 56 especies distribuidas en 24 familias, donde los líquenes se destacan por presentar 42 especies, once especies de musgos y tres especies de hepáticas. Las especies más abundantes fueron la hepática *Lejeunea trinitensis* y el musgo *Pelekium involvens* que corresponden al 24% de la diversidad no vascular en el área de estudio, además el líquen más abundante fue *Physcia sorediosa* con una abundancia relativa de 6,9%. En términos de su frecuencia, las hepáticas *Frullania ericoides*, *L. trinitensis* y el líquen *Cryptothecia striata* se presentaron en el 41,2% de todas las muestras, los sustratos más utilizados corresponden a microambientes epífitos y rupícolas. Los dos forófitos con mayor riqueza de especies y a su vez mayor abundancia de este grupo de no vasculares fueron el Payandé y el Balso. Todas las especies se encuentran protegidas dentro de la Resolución 0213 de 1977 (INDERENA) y ninguna se encuentra bajo alguna categoría de amenaza, protección CITES o categoría de endemismo.

### 12.2.8. Emisiones atmosféricas

El complejo minero La Esmeralda cuenta con un permiso de emisiones atmosféricas por medio de la resolución 1859 del 26 de junio de 2018, por la cual Cortolima renovó permiso de emisiones atmosféricas otorgado mediante la resolución No. 2744 del 11 de julio de 2011, para la actividad de explotación, cargue y transporte de caliza en la mina La Esmeralda en el corregimiento de Payandé, municipio de San Luis, departamento del Tolima, a favor de la sociedad CEMEX COLOMBIA S.A, por un término de cinco años. No obstante, para el título 6823 se proyecta la solicitud del permiso de emisiones atmosféricas para fuentes fijas exclusivamente para el pit de explotación de caliza del proyecto.

### 12.2.9. Permiso de recolección de especímenes de la diversidad biológica.

El permiso de recolección de especímenes de flora, fauna y ecosistemas acuáticos se solicita para un área que incluye las zonas en donde se realizarán las actividades de manejo, monitoreo y seguimiento del medio biótico, que podrán requerir la captura, manipulación o colecta de especímenes de la diversidad biológica.

### 12.2.10. Materiales de construcción

Considerando que la modificación del plan de manejo ambiental corresponde únicamente a la ampliación de la zona de explotación de caliza, dentro de las áreas autorizadas en el título minero, y no se proyecta la construcción o modificación de la infraestructura existente en el complejo minero La Esmeralda, este estudio no demanda la solicitud de materiales de construcción, por lo que no se solicita este permiso.

## 12.3. EVALUACIÓN AMBIENTAL

### Medio Abiótico

Para el medio abiótico se identifican impactos en los componentes de geología, geotecnia, suelos, paisaje, agua y atmósfera. El proyecto requiere la modificación de las coberturas vegetales y de las geoformas del terreno lo cual incide en el impacto al paisaje. En el componente suelo el cambio en las características físico químicas del suelo a causa de la remoción de la cobertura vegetal y suelo orgánico de las zonas a intervenir, tajo, zona de relocalización del sendero interceptado y áreas para la construcción de la laguna de sedimentación y conducciones de agua.

En el componente agua por el vertimiento a realizar en el río Coello, por Reducción en las áreas de drenaje asociadas a las subcuencas de la red de drenaje (lo que tiene una incidencia directa en la disminución de la disponibilidad hídrica).

En el componente atmósfera por la operación de vehículos, maquinaria y equipos mineros que generan ruido, la emisión de material particulado, por la explotación de caliza a cielo abierto, actividades de descapote, arranque, cargue y acarreo y resuspensión de material particulado proveniente de la circulación de vehículos pesados utilizados para el transporte de material, sin embargo, el objeto de la modificación no involucra la implementación o modificación de nuevos procesos, ni modificación de la capacidad instalada. Adicionalmente, la ejecución de voladuras que tiene un impacto en el cambio de los niveles de vibración.

### Medio Biótico

Para el medio biótico se identifican impactos sobre los componentes de flora, fauna y biota acuática. Sobre el componente flora se evidencia que obras y actividades del proyecto afectan las coberturas vegetales actuales pues deben ser removidas para la excavación del pit. Por tanto se presentará una pérdida de coberturas naturales y transformadas, que se convertirán en zonas de extracción minera. Lo cual se evalúa en el impacto de modificación de coberturas vegetales calificandolo como un impacto moderadamente significativo.

Dentro del componente flora se especifica el impacto de afectación de las especies de flora en veda, que se genera por la pérdida de individuos en las acciones de tala de la vegetación. El impacto se asocia a las especies epífitas (vasculares y no vasculares) de diferentes hábitos de vida que serán removidas para poder desarrollar las excavaciones del pit minero. El impacto sobre estas especies corresponde al nivel de moderadamente significativo.

En el componente fauna se identifica la posibilidad de afectación tanto a los individuos de fauna terrestre como a los hábitat que utilizan. Las actividades de tala de la vegetación transforman el hábitat actualmente utilizado por múltiples especies de fauna, y a su vez pueden generar la pérdida de especímenes por actividades de minería y por el desplazamiento de los vehículos dentro de la mina. La calificación del impacto de afectación de las especies de fauna silvestre es de moderadamente significativo.

Sobre los ecosistemas acuáticos se establece el posible detrimento del hábitat, producto de la reducción en la cantidad de agua lluvia que por escorrentía llega a los drenajes (El Salado y Los Huilos), que quedará almacenado en el área de minería donde podrá cambiar sus características físico químicas por el arrastre de materiales, y además por el vertimiento que se realizara en el río Coello. El impacto de modificación de hábitat de especies acuáticas se considera como poco significativo.

## Medio Socioeconómico

Para el medio socioeconómico se identificó como principal impacto, clasificado como significativo, el impacto de generación de expectativas y potenciación de conflictos, asociado a las preocupaciones, inquietudes y expectativas de la población respecto al desarrollo de la operación minera en el marco de las actividades propias de la modificación de licencia, al tiempo que se incluyen aspectos de la operación minera en general desarrollada por CEMEX en el territorio, sobre los cuales tradicionalmente se han presentado puntos de desacuerdo con algunos sectores de la comunidad, siendo generadores potenciales de conflicto, por lo cual son abordados en el marco de la presente evaluación.

De manera complementaria se identificó el impacto Cambios en la movilidad por modificación de trazado del sendero rural, el cual es medianamente significativo y se relaciona con los cambios en la movilidad de la población usuaria del sendero rural localizado al interior de la mina la Esmeralda para conectar algunas veredas de la parte alta del corregimiento y sectores de las minas con el centro poblado de Payandé, el cual deberá ser realinderado como consecuencia de la intervención en nuevas áreas para la explotación de material al interior del complejo minero.

### 12.3.1. Evaluación Económica Ambiental.

El proyecto del Título Minero TM 6823 identificó un impacto que clasifica como significativo, generación de expectativas y potenciación de conflictos, lo que implica que este impacto alcanzó la mayor importancia y debe ser seleccionado como relevante en el análisis económico.

La acción preventiva y de control de los planes de manejo PMA-SOC-01 Programa de información y participación comunitaria y PMA-SOC-04 Programa de manejo de expectativas de la población permiten suponer la internalización del impacto en la fase ex ante del proyecto, aspectos que se confirmaran en el seguimiento del proyecto en los informes de cumplimiento ambiental ICA.

## 12.4. PLAN DE GESTIÓN DEL RIESGO PARA EL MANEJO DEL VERTIMIENTO.

En el CAP7-DRRN-LES6823-AN#7.005 se presenta el Plan de Gestión del Riesgo del Vertimiento - PGRMV, el cual se enmarca en el proceso de conocimiento del riesgo a partir del análisis de amenazas, vulnerabilidades, evaluación del riesgo, y posterior definición de los niveles de respuesta y los esquemas de organización con sus roles y responsabilidades.

Con el fin de evaluar y consolidar los escenarios de riesgo, se relacionaron las amenazas y la vulnerabilidad para determinar las consecuencias sociales, económicas y ambientales de un determinado evento. Dicha interacción definió los escenarios de riesgo, los cuales se evaluaron para determinar el grado de afectación correspondiente.

Para consolidar los escenarios de riesgo se incluyó la estimación de los impactos realizados en la evaluación ambiental del vertimiento, utilizando los escenarios probables y en la identificación de los usos potenciales del recurso hídrico en el cuerpo de agua receptor, en función de la capacidad de asimilación y dilución del mismo, de los usos, usuarios aguas abajo, de los criterios de calidad del agua, los límites máximos permisibles establecidos en el Decreto 1076 de 2015 con respecto a los usos doméstico y agrícola, y la Resolución 0631 de 2015. La modelación se realizó a lo largo de la longitud afectada por el vertimiento, equivalente al tramo aguas abajo de la descarga 4977 m en el río Coello.

Para el Sistema de Gestión del Vertimiento - SGV del proyecto mina La Esmeralda, los escenarios de riesgo se plantearon según las amenazas identificadas y los elementos expuestos en el área de influencia. Los escenarios de riesgo exógenos (afectación del medio al sistema) y endógenos (sistema al medio):

- Escenario por sismicidad.
- Escenario por procesos de remoción en masa.
- Escenario de inundación.
- Escenarios por actos mal intencionados por terceros.
- Escenario por vertimiento al río Coello sin tratamiento.

De acuerdo con los resultados de la evaluación de riesgos, los escenarios que pueden generar consecuencias ambientales están relacionados con deficiencia en operación y mantenimiento de los componentes del SGV, falta de mantenimiento de maquinaria en el área operativa de la mina y el escenario con carga máxima de vertimiento sin tratamiento al cuerpo receptor. Sin embargo, de acuerdo a la matriz de aceptabilidad del riesgo, este es presenta un nivel tolerable y asumible sin mayores complejidades, con recuperación a corto plazo, sin que se vea afectado el medio sociocultural del proyecto, ni la calidad del agua del cauce del río Coello.

### 12.4.3. PLAN DE MANEJO

#### Medio Abiótico

En el medio abiótico se desarrollan seis planes de manejo con medidas de prevención, mitigación, corrección y compensación de los impactos identificados para los componentes de geomorfología, geotecnia, suelos, agua y atmósfera. El Programa para el manejo de procesos erosivos y estabilidad geotécnica contempla Demarcación de áreas por intervenir donde se realizará remoción de suelo, conformación y manejo de cortes producto de la explotación minera y restauración de las áreas intervenidas liberadas. El programa de manejo de suelos contempla las actividades de manejo del suelo removido en las áreas objeto de intervención y su reúso. El programa de manejo de aguas con la descripción de actividades para el manejo de cuerpos de agua por ocupación de cauce y manejo de aguas lluvias y de escorrentía que incluye la construcción de una piscina de sedimentación y tratamiento de sulfatos para realizar posteriormente el vertimiento en el río Coello. También se presenta un programa de manejo para las emisiones y control de ruido con actividades que mitiguen el impacto como la humectación de vías y recomendaciones generales para la maquinaria y equipo a utilizar. Así mismo, el programa para manejo de voladuras que eviten la afectación por vibraciones a la comunidad aledaña. Por último, se encuentra el plan de manejo integral de los residuos sólidos ordinarios y peligrosos, así como las actividades para desarrollar el manejo de los residuos sólidos - estéril en los sitios de disposición autorizados dentro del complejo minero La Esmeralda.

#### Medio Biótico

En el medio biótico se desarrollan planes de manejo con medidas de prevención, mitigación, corrección y compensación de los impactos identificados para los componentes flora, fauna y paisaje. Las medidas de manejo para los impactos sobre la flora se enmarcan en dos programas uno enfocado en la vegetación en general y otro específico para las especies categorizadas en veda y que corresponden a las epífitas (vasculares y no vasculares).

El plan de manejo de la vegetación plantea medidas para prevenir afectaciones diferentes a las autorizadas en el permiso de aprovechamiento forestal, así como mitigatorias a la afectación del paisaje y de corrección de las áreas liberadas de minería con procesos de revegetación. El plan de manejo de especies epífitas se enmarca en la mitigación del impacto con el rescate y traslado de epífitas vasculares y la compensación de especies epífitas no vasculares por medio de la siembra de forofitos en zonas de ecosistemas equivalentes.

Para la fauna silvestre se plantean medidas preventivas para ahuyentar a los individuos antes del desarrollo de actividades de tala y descapote, así como la prevención de eventos de atropellamiento por parte de los vehículos en las vías de la mina.

## Medio Socioeconómico

Los planes de manejo correspondientes al medio social se enfocan en el Programa de información y participación comunitaria, orientado a mantener informada a la comunidad y grupos de interés a través de diferentes mecanismos, acerca del desarrollo de la modificación de licencia ambiental. El Programa de educación ambiental tiene como fin dar continuidad a las actividades adelantadas en este aspecto, de manera especial con la comunidad educativa y comunidades del área rural del corregimiento. El Programa de fortalecimiento institucional mediante el cual se plantea la implementación de actividades coordinadas entre la administración municipal, la institucionalidad local y la Compañía, con el fin de realizar intervenciones oportunas y efectivas que den respuesta a las necesidades y requerimientos prioritarios para el mejoramiento de la calidad de vida de la población. El Programa de manejo de expectativas de la población, a través del cual mediante el diálogo y la concertación entre las partes interesadas se logre llegar a acuerdos sobre aspectos generadores de conflicto, en el marco del desarrollo de la operación minera; y finalmente, el Programa de manejo para la movilidad de la población en el nuevo trazado al interior de la mina La Esmeralda, orientado a garantizar la movilidad de la población en condiciones seguras al interior del complejo minero.

### 12.4.4. PLAN DE SEGUIMIENTO

Para cada uno de los planes de manejo propuestos se plantean acciones de monitoreo que permiten determinar la efectividad de las medidas a desarrollar. Las acciones de monitoreo se enmarcan en el uso de indicadores que permiten cuantificar las actividades desarrolladas y la eficacia de las mismas.

Para cada uno de los medios se plantea el monitoreo a la calidad del medio de forma que se pueda verificar que los impactos que el proyecto genera son correctamente manejados y los resultados tengan las consecuencias previstas en cada de los medios, o de lo contrario poder establecer las acciones correctivas necesarias.

### 12.4.5. PLAN DE CIERRE

Las actividades de cierre contemplan estabilidad física del pit minero, control de aguas de escorrentía superficial e instalación y monitoreo de instrumentación geotécnica durante toda la etapa de explotación de caliza; además de actividades de protección de taludes, retiro de maquinaria y equipos de explotación y cierre social.

Las actividades de post cierre abarcan el diseño conceptual de un ecoparque en el área de los tres títulos de mina La Esmeralda (Anexo CAP10-PCIE-LES6823-AN#10.001), con la construcción de una zona de lago en el área del título 6823, áreas de reserva ecológica y plataforma que complementarán la otra infraestructura prevista en el resto de la mina La Esmeralda, el cual tiene como objetivo potencializar la actividad turística de la zona. Este ecoparque será entregado a las autoridades pertinentes para su administración.

### 12.4.6. PLAN DE GESTIÓN DEL RIESGO Y CONTINGENCIA

El Plan de Gestión del Riesgo presentado incluye la valoración del riesgo, los pasos relacionados con su identificación, análisis y evaluación, de tal manera que se puedan estimar los daños y pérdidas potenciales, comparables con los criterios de seguridad ya establecidos, con el propósito de definir tipos de intervención mediante la reducción del riesgo o del manejo del desastre. Una vez consolidados los escenarios de riesgo, se realiza el análisis de los que afectan al proyecto o se puedan generar a causa de la ejecución del mismo.

#### 12.4.6.1. Para los escenarios de riesgo exógenos se permite concluir:

En el Anexo CAP10-PGRS-LES6823-AN#10.002. Se presenta la calificación y los resultados del nivel de riesgo para cada escenario teniendo en cuenta los factores que afectan las probabilidades y consecuencias, los controles existentes y el análisis de las consecuencias.

Los resultados de la calificación del riesgo para los escenarios exógenos se encuentran dentro de los niveles tolerables del riesgo (riesgo bajo). El objeto principal del análisis por riesgo exógeno se enfoca en el daño a la infraestructura minera. En efecto, se puede mencionar que las instalaciones se encuentran en zonas seguras y distantes de posibles desastres naturales. El área de inundación del río Coello se encuentra distante de la infraestructura del proyecto.

Los riesgos que presentan posible afectación sobre los elementos expuestos del proyecto se relacionan con movimientos en masa e incendios forestales. Respecto al riesgo por movimientos en masa, es importante resaltar que, si bien es cierto, los elementos expuestos como la tubería de bombeo y la piscina de sedimentación se encuentran localizados en el área de amenaza a procesos de remoción en masa (estabilidad taludes producto de la secuencia minera) media, el talud que se encuentra paralelo a estas infraestructuras tiene una pendiente menor. En este punto es de 67° entre bermas, mientras que para el resto de taludes es de 70° entre bermas, esto precisamente es para que no se generen deslizamientos asociados a los análisis de posibilidad cinemática por caída de bloques. Adicionalmente en esa zona ya se tiene previsto un inclinómetro para identificar posibles movimientos horizontales en profundidad que permitan registrar desplazamientos relativos que permitan tomar medidas en caso de que se presenten y prevenir así un deslizamiento, además del manejo de aguas propuesto en los planes de manejo ambiental. Finalmente, se aclara que sobre cada uno de estos taludes se llevó a cabo la evaluación de estabilidad de manera probabilística, asignado una función de distribución particular a cada uno de los materiales, permitiendo considerar la incertidumbre en la caracterización geotécnica de los materiales, muy propia de análisis geotécnicos.

Con respecto al riesgo por incendio forestal evaluado a partir de la metodología propuesta en el protocolo del IDEAM, se evidencia que al costado de los caminos veredales se registra un riesgo medio - alto al incendio de coberturas vegetales. Se debe implementar medidas de prevención como barreras cortafuegos (entre 5 a 10m), además se debe plantear actividades de monitoreo para evaluar y conocer la frecuencia del riesgo.

Para el resto de escenarios exógenos se evidencia que los elementos expuestos se relacionan con la infraestructura del proyecto y no presentan un riesgo con potencial de desastre para la comunidad de Payandé.

En relación con los riesgos endógenos, los escenarios asociados con derrames, incendios y explosiones presentan una calificación en su mayoría de riesgo medio, excepto para el elemento ambiental "vulnerabilidad de acuíferos". No obstante, la construcción de la estación de servicio de combustible, cuentan con superficie impermeable, sistemas de contención de derrames, canales perimetrales y trampas de grasas para evitar el contacto directo con el suelo y evitar un riesgo ambiental. Sin embargo, en caso de emergencia para evitar que se propaguen las llamas en el sistema de distribución de combustible, se recomienda implementar una barrera cortafuego para evitar que se afecte la vegetación secundaria que se encuentra en el costado derecho del sistema. Para la falla en los taludes de la zona de explotación, se identifica un riesgo bajo, el cual se encuentra principalmente relacionado a las condiciones de amenaza baja y media obtenido a partir de los análisis realizados y de acuerdo a los TdR los resultados de los análisis de estabilidad son relacionados con amenazas REMOTA u OCASIONAL, lo anterior complementado con monitoreos geotécnicos constantes. En caso de presentarse una deslizamiento durante los procesos de extracción y/o cierre, el material deslizado se limitaría, en su gran mayoría, en la parte baja del talud. Finalmente para los escenarios asociados con emisiones por encima de los límites máximos permisibles (Escenario Crítico: 24 horas en Condición máxima de explotación de mineral (Año 10) - Sin medidas de control), no se registran receptores sensibles que requieran medidas de intervención inmediata.

Para el **análisis de riesgo ambiental** se tuvo en cuenta las variables abióticas y bióticas que representan un valor significativo por su diversidad, productividad y servicio ecosistémico de aprovisionamiento, entre los cuales se encuentran: unidad de cobertura, drenajes, usos y usuarios, calidad del agua y uso actual del suelo. Los escenarios que

pueden presentar afectaciones ambientales están asociados con: derrame e incendio de ACPM. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, el sistema cuenta con medidas de control que puedan generar un impacto significativo al medio.

Para el **análisis de riesgo socioeconómico** se tuvo en cuenta como primera medida la afectación a partir de la definición de los usos actuales de los suelos en las áreas de afectación de los escenarios identificados. Ningún escenario presenta un riesgo socioeconómico. Las áreas de afectación de todos los escenarios se encuentran en coberturas relacionadas con zonas de extracción minera.

Para el **riesgo social e individual**, el presente análisis establece las bases conceptuales para el desarrollo del componente ejecución para la respuesta a emergencias. En lo referente al riesgo tecnológico intrínseco a la operación, el cálculo de los niveles de radiación establece las distancias de seguridad, así como la correcta ubicación de todos los sistemas contra incendio y la medición de los corredores de afectación está orientada a:

- La protección a las personas.
- Protección del medio ambiente.
- Protección a los bienes
- La continuidad de las operaciones.

#### 12.4.7. PLAN DE COMPENSACIÓN

Se plantea un plan de compensación de acuerdo a los lineamientos del Manual de compensaciones del componente biótico (MADS 2018) en el cual se establece que los impactos sobre fauna, flora y paisaje son de carácter residual y deben ser sujetos de compensación. Las zonas propuestas para implementar la compensación se ubican contiguas a las del proyecto 745 de forma que se maximice su efecto sobre la biodiversidad y la conectividad de ecosistemas. Adicionalmente se incluye la compensación sobre las especies en veda.

Para determinar la compensación por biodiversidad se estableció el área de afectación del proyecto (7,31 ha) y se determinó como factor de compensación el valor de 10 debido a que el área corresponde con la zona de vida de bosque seco y por su importancia debe utilizarse el valor máximo de compensación. Para los ecosistemas transformados se utiliza el factor de 1, por lo que en total se propone una compensación de 58,15 ha. Por la afectación residual a las especies en veda se utilizan los factores propuestos por ANLA en la circular 016 de 2019 con lo que se establecen 2,58 ha, para un total de 61,40 ha de compensación.

Para el desarrollo del plan de compensación se ubican los sitios propuestos en zonas cercanas al desarrollo del proyecto y con equivalencia ecológica de los ecosistemas afectados. Para la implementación del plan se establece un programa de conservación, uno de rehabilitación y uno para las especies epífitas, cada uno con metas e indicadores específicos