



---

**ESTUDIO DE IMPACTO  
AMBIENTAL PARA LA  
FASE DE EXPLORACIÓN  
AVANZADA DE  
MINERALES METÁLICOS,  
BAJO EL RÉGIMEN DE  
GRAN MINERÍA PARA LAS  
CONCESIONES MINERAS  
PORVENIR 1 (CÓDIGO  
50000879), PORVENIR 2  
(CÓDIGO 50000876),  
PORVENIR 3 (CÓDIGO  
50000877) Y PORVENIR  
4 (CÓDIGO 50000878)**

---

**LÍNEA BASE FÍSICA**

---

**JULIO 2023**

---

## TABLA DE CONTENIDOS

7	DIAGNÓSTICO AMBIENTAL – LÍNEA BASE .....	1
7.1	Medio físico .....	1
7.1.1	Climatología .....	1
7.1.2	Ruido.....	12
7.1.3	Calidad de aire.....	20
7.1.4	Geología .....	25
7.1.5	Suelos .....	64
7.1.6	Cobertura vegetal y uso actual .....	84
7.1.7	Hidrogeología .....	86
7.1.8	Hidrología .....	90
7.1.9	Calidad de agua .....	220
7.1.10	Paisaje .....	240

## TABLAS

Tabla 7-1	Ubicación geográfica de las estaciones climatológicas .....	2
Tabla 7-2	Interpretación de factores de correlación .....	3
Tabla 7-3	Precipitaciones reportadas en la estación climatológica M147 Yangana y estación pluviométrica M0684 Valladolid.....	5
Tabla 7-4	Temperaturas reportadas en la estación climatológica M147 Yangana.....	6
Tabla 7-5	Humedad Relativa reportadas en la estación climatológica M147 Yangana.....	7
Tabla 7-6	Nubosidad reportadas en la estación climatológica M147 Yangana.....	8
Tabla 7-7	Balance hídrico en la estación climatológica M147-Yangana .....	11
Tabla 7-8	Ubicación de los puntos de muestreo de ruido .....	13
Tabla 7-9	Equipos utilizados para el monitoreo.....	13
Tabla 7-10	Resultados de Monitoreo de Ruido (15 segundos).....	16
Tabla 7-11	Resultados de Monitoreo de Ruido (24 horas) .....	18
Tabla 7-12	Ubicación de los puntos de muestreo de calidad del aire.....	20
Tabla 7-13	Límites Máximos Permisibles establecidos en la Legislación Ambiental .	21
Tabla 7-14	Descripción de equipos utilizados .....	21
Tabla 7-15	Resultados calidad de aire El Porvenir .....	23
Tabla 7-16	Fallas geológicas regionales cercanas a la zona de estudio.....	34
Tabla 7-17	Columna Litoestratigráfica del área de estudio .....	37
Tabla 7-18	Pendientes del área operativa .....	43
Tabla 7-19	Región y Dominio Fisiográfico .....	44
Tabla 7-20	Contexto morfológico .....	45
Tabla 7-21	Unidades Geomorfológicas .....	45
Tabla 7-22	Cobertura geoformas e infraestructura .....	47
Tabla 7-23.	Estabilidad geomorfológica.....	50
Tabla 7-24.	Características de la sismicidad en la fuente sísmica cortical. Consulta a la base: febrero 2024.....	54
Tabla 7-25	Coordenadas calicatas .....	56

Tabla 7-26 Características físico-mecánicas.....	59
Tabla 7-27. Características Geotécnicas.....	60
Tabla 7-28 Calidad Geotécnica de las Formaciones y Depósitos Geológicos.....	61
Tabla 7-29 Nivel de Orden para la Clasificación del Suelo.....	65
Tabla 7-30 Tipos de suelo.....	65
Tabla 7-31 Análisis calicata 1.....	67
Tabla 7-32 Análisis calicata 2.....	67
Tabla 7-33 Análisis calicata 3.....	68
Tabla 7-34 Análisis calicata 4.....	69
Tabla 7-35 Análisis calicata 5.....	69
Tabla 7-36 Análisis calicata 6.....	70
Tabla 7-37 Análisis calicata 7.....	70
Tabla 7-38 Análisis calicata 8.....	71
Tabla 7-39 Ubicación de las muestras de suelo.....	72
Tabla 7-40 Ubicación de las muestras de suelo.....	75
Tabla 7-41 Resultados análisis de suelo ambiental elaborado por Green Rock.....	83
Tabla 7-42 Cobertura vegetal área operativa de El Porvenir.....	85
Tabla 7-43 Características Hidrogeológicas de los depósitos presentes en el área de estudio.....	88
Tabla 7-44 Unidades hidrográficas nivel 6 codificación Pfafstetter asociadas al proyecto minero Porvenir.....	97
Tabla 7-45 Ubicación geográfica de los sitios de interés en el proyecto minero Porvenir.....	100
Tabla 7-46 Características físicas y morfológicas de las subcuencas de los sitios de interés del proyecto minero Porvenir.....	110
Tabla 7-47 Tipos de Suelo en las subcuencas de los sitios de interés en el proyecto minero Porvenir.....	116
Tabla 7-48 Uso de suelo y cobertura vegetal en las subcuencas de los sitios de interés del proyecto minero Porvenir.....	135
Tabla 7-49 Estación meteorológica y disponibilidad de información (WGS84 17S). 141	141
Tabla 7-50 Precipitación mensual y anual en el área de interés (mm).....	141
Tabla 7-51 Ecuaciones de Intensidad de lluvia de la Zona 17.....	146
Tabla 7-52 Intensidades máximas para la Zona 17 (mm/h).....	146
Tabla 7-53 Valores mensuales de ETP – área del proyecto minero Porvenir (mm) 148	148
Tabla 7-54 Balance Hídrico en el área del proyecto minero Porvenir (mm).....	150
Tabla 7-55 Ubicación de la estación y disponibilidad de Información de caudales.. 151	151
Tabla 7-56 Curva de descarga en la estación hidrológica H0966 Mayo A.J. Qda. Zumbayacu.....	153
Tabla 7-57 Ubicación de los sitios de aforo.....	154
Tabla 7-58 Resultados de los Aforos.....	158
Tabla 7-59 Caudales Medios Mensuales en la estación H0966 Mayo AJ Qda. Zumbayacu (m3/s).....	159
Tabla 7-60 Caudales Medios Anuales, específicos y lámina de escurrimiento en la estación hidrológica H0966 Mayo AJ Qda. Zumbayacu.....	161
Tabla 7-61 Caudales característicos en la estación H0966 Mayo AJ Qda. Zumbayacu del período 1982-2013.....	162

Tabla 7-62 Caudales de la Curva de Variación Estacional en la estación H0966 Mayo AJ Qda. Zumbayacu.....	163
Tabla 7-63 Autorizaciones de uso de agua en la subcuenca de la estación H0966 Mayo AJ Qda. Zumbayacu.....	164
Tabla 7-64 Caudal medio anual para las subcuencas de los sitios de interés del proyecto minero Porvenir .....	168
Tabla 7-65 Caudal medios mensuales en el río Vergel aguas abajo en AG21 (m <sup>3</sup> /s) .....	169
Tabla 7-66 Caudal medios mensuales en el río San Luis aguas abajo en P24 (m <sup>3</sup> /s) .....	170
Tabla 7-67 Caudales característicos de la curva de duración general en las subcuencas de los sitios de interés del proyecto minero Porvenir .....	174
Tabla 7-68 Caudales con probabilidad (CVE), río Vergel aguas abajo hasta AG21	176
Tabla 7-69 Caudales ecológicos en las subcuencas de interés para el proyecto minero Porvenir.....	177
Tabla 7-70 Autorizaciones de uso de agua en las subcuencas de interés del proyecto minero Porvenir .....	178
Tabla 7-71 Autorizaciones de uso y aprovechamiento de agua por subcuencas de interés del proyecto minero Porvenir .....	179
Tabla 7-72 Tiempos de concentración y duración de la tormenta para las subcuencas de interés del proyecto minero Porvenir .....	183
Tabla 7-73 Coeficientes de escorrentía de referencia.....	186
Tabla 7-74 Coeficientes de escorrentía de subcuencas de interés del proyecto minero Porvenir.....	187
Tabla 7-75 Intensidades máximas de precipitación para las subcuencas asociadas a los sitios de interés del proyecto minero Porvenir .....	188
Tabla 7-76 Caudales Máximos con Periodo de Retorno para las subcuencas de los sitios de interés del proyecto minero Porvenir .....	189
Tabla 7-77 Duración del evento de tormenta para las subcuencas de interés a modelar .....	193
Tabla 7-78 Lámina de precipitación con período de retorno para eventos de tormenta para los sitios de captación .....	193
Tabla 7-79 Distribución temporal de Huff segundo cuartil en función del área de la subcuenca .....	194
Tabla 7-80 Distribución temporal de la lámina de precipitación de la tormenta (mm), para quebrada de la Canela aguas abajo hasta el sitio AG19 – duración 180 minutos y diferentes períodos de retorno .....	195
Tabla 7-81 Número de curva NC para las subcuencas de interés modeladas .....	196
Tabla 7-82 Caudal base o aporte subterráneo a las subcuencas de los sitios de captaciones.....	199
Tabla 7-83 Parámetros del modelo para la determinación de los caudales máximos en las subcuencas de interés del proyecto minero Porvenir .....	200
Tabla 7-84 Caudales máximos con período de retorno en las subcuencas de los sitios de interés .....	200
Tabla 7-85 Serie de caudales máximos instantáneos en la estación H0881 Bomboiza AJ Zamora .....	201

Tabla 7-86 Caudales máximos con período de retorno en la estación H0996 Mayo AJ Zumbayacu .....	204
Tabla 7-87 Caudales máximos con período de retorno para las subcuencas de interés, método estadístico .....	204
Tabla 7-88 Pendiente del cauce en las secciones de interés del proyecto minero Porvenir.....	206
Tabla 7-89 Coeficientes de rugosidad de Manning .....	207
Tabla 7-90 Valores de Corrección del Coeficiente (n) de Manning .....	208
Tabla 7-91 Niveles y características hidráulicas de las secciones de interés para las mediciones de aforos líquidos (calibración).....	209
Tabla 7-92 Niveles y características hidráulicas en los sitios de interés del proyecto minero Porvenir para el caudal medio .....	211
Tabla 7-93 Niveles máximos y características hidráulicas de las secciones del sitio de interés en el proyecto minero Porvenir para un período de retorno de 5 años – crecida ordinaria .....	213
Tabla 7-94 Niveles máximos y características hidráulicas de las secciones del sitio de interés del proyecto minero Porvenir para un período de retorno de 25 años. ....	215
Tabla 7-95 Muestreo de Agua Proyecto El Porvenir .....	222
Tabla 7-96 Resultado de agua.....	226
Tabla 7-97 Criterios de Calidad Visual Intrínseca del Relieve .....	240
Tabla 7-98 Criterios de Valoración del Coeficiente Reductor de la Calidad Visual de Relieve.....	240
Tabla 7-99 Criterios de la Calidad Intrínseca de la vegetación y uso de suelo .....	241
Tabla 7-100 Criterios de la Calidad Intrínseca del Agua .....	242
Tabla 7-101 Criterios de Valoración del Coeficiente Reductor de la Calidad Visual del Agua.....	242
Tabla 7-102 Criterios de Calidad Intrínseca de los Elementos Artificiales .....	243
Tabla 7-103 Criterios de Calidad Visual del Paisaje .....	243
Tabla 7-104 Calidad visual del paisaje .....	245

## FIGURAS

Figura 7-1 Comparación de Temperatura (TRMM vs M147) .....	4
Figura 7-2 Regresión Lineal de Temperatura entre Satélite TRMM y M184 .....	4
Figura 7-3 Precipitación reportada en la estación climatológica M147 Yangana y estación pluviométrica M0684 Valladolid.....	5
Figura 7-4 Temperatura reportada en la estación climatológica M147 Yangana .....	6
Figura 7-5 Humedad Relativa reportada en la estación climatológica M147 Yangana .....	7
Figura 7-6 Rosa de los vientos estación climatológica Yangana (M147). ....	8
Figura 7-7 Nubosidad reportada en la estación climatológica M147 Yangana .....	9
Figura 7-8 Diagrama ombrotérmico de la estación climatológica M147 Yangana .....	9
Figura 7-9 Evapotranspiración Potencial Mensual .....	10
Figura 7-10 Balance hídrico de la estación climatológica M147-Yangana .....	11
Figura 7-11 Convergencia Placa de Nazca y acrecionamiento de terrenos oceánicos .....	27

Figura 7-12 Esquema del marco geodinámico actual en el NO de Suramérica. El Bloque Nor Andino en color naranja, con un movimiento hacia el NNE .....	28
Figura 7-13 Dominios Tectónicos y Zonas Morfo-estructurales.....	29
Figura 7-14 Ubicación y Geología Regional del Área de Estudio .....	33
Figura 7-15 Geología Estructural del Área de estudio .....	35
Figura 7-16 Fajas metalogénicas.....	36
Figura 7-17 Mapa Geológico.....	38
Figura 7-18 Mapa con la geología de detalle de acuerdo con los trabajos de mapeos realizados en las concesiones. ....	40
Figura 7-19 Corte geológico a través de la sección A-B, sentido Este – Oeste de la zona del depósito de Cacharposa.....	40
Figura 7-20 Región y Dominio Fisiográfico dentro del cantón Palanda.....	44
Figura 7-21 Mapa Geomorfológico .....	48
Figura 7-22 Estabilidad Geomorfológica.....	51
Figura 7-23 Vulcanismo cercano a la zona de estudio.....	52
Figura 7-24 Peligros potenciales del volcán Sangay.....	53
Figura 7-25 Eventos sísmicos localizados por la RENSIG durante el año 2023. Los sismos superficiales relacionados con las fuentes de la interfaz o con las fuentes corticales se muestran en color azul y los sismos relacionados con las fuentes profundas se muestran en color rojo. ....	54
Figura 7-26 Número mensual de los eventos en las fuentes corticales (Beauval et al. 2018).....	55
Figura 7-27 Número mensual de los eventos en las fuentes profundidad intermedia que abarcan el slab. ....	56
Figura 7-28 Ubicación calicatas dentro de la zona de estudio.....	57
Figura 7-29 Calidad geotécnica .....	62
Figura 7-30 Ubicación calicatas dentro de la zona de estudio.....	66
Figura 7-31 Esquema general de una masa de pórfido cuprífero, modelo de yacimiento hidrotermal con los minerales diseminados en cristales individuales o en filoncillos, sin una separación neta entre la mena y la ganga (Modificado de Lowell y Guilbert, 1970). ....	79
Figura 7-32 Mapa hidrogeológico del Ecuador escala 1:1'000.000 .....	87
Figura 7-33 Zonas acuíferas .....	89
Figura 7-34 Unidades hidrográficas nivel 6 de la codificación Pfafstetter – proyecto minero Porvenir .....	99
Figura 7-35 Sitios de interés hidrológico en el proyecto minero Porvenir.....	104
Figura 7-36 Subcuencas hidrográficas asociadas a los sitios de interés en el proyecto minero Porvenir .....	105
Figura 7-37 Pendiente ponderada del cauce.....	108
Figura 7-38 Pendiente ponderada del río Loyola aguas arriba hasta el sitio AG01 .	112
Figura 7-39 Pendiente ponderada de la quebrada Sin Nombre 1 aguas abajo hasta el sitio AG02 .....	112
Figura 7-40 Pendiente ponderada de la quebrada Sin Nombre 2 aguas abajo hasta el sitio AG09 .....	113
Figura 7-41 Pendiente ponderada de la quebrada Sin Nombre 3 aguas abajo hasta el sitio AG11 .....	113

Figura 7-42 Pendiente ponderada de la quebrada de la Canela aguas abajo hasta el sitio AG19 .....	114
Figura 7-43 Pendiente ponderada de la quebrada Palmales aguas abajo hasta el sitio AG20.....	114
Figura 7-44 Pendiente ponderada del río Vergel aguas abajo hasta el sitio AG21 .	115
Figura 7-45 Pendiente ponderada del río San Luis aguas abajo hasta el sitio AG24 .....	115
Figura 7-46 Grupo Hidrológico del Suelo (GHS) en función de la textura del suelo	116
Figura 7-47 Cobertura vegetal y uso del suelo en el área del proyecto minero Porvenir .....	134
Figura 7-48 Cobertura vegetal y uso del suelo en el área del proyecto minero Porvenir .....	140
Figura 7-49 Estación meteorológica en el área de estudio .....	142
Figura 7-50 Variación mensual de la precipitación en las estaciones próximas al proyecto minero Porvenir .....	143
Figura 7-51 Isoyetas anuales en el área de interés (mm).....	144
Figura 7-52 Tendencia de la serie de precipitación cronológica – M0147 Yangana .....	145
Figura 7-53 Curvas Intensidad – Duración – Periodo de retorno Zona 17 .....	147
Figura 7-54 Evapotranspiración Potencial mensual en el área del proyecto minero Porvenir.....	148
Figura 7-55 Balance hídrico en el área del proyecto minero Porvenir .....	151
Figura 7-56 Ubicación de la estación hidrológica H0966 Mayo A.J. Qda. Zumbayacu .....	152
Figura 7-57 Curva de descarga de la estación H0966 Mayo A.J. Qda. Zumbayacu	153
Figura 7-58 Equipo de aforo – Correntómetro JDC.....	156
Figura 7-59 Cálculo de aforo – método velocidad área.....	157
Figura 7-60 Caudales medios mensuales H0966 Mayo AJ Qda. Zumbayacu (m3/s) .....	160
Figura 7-61 Variación cronológica de caudales medios mensuales en la estación H0966 Mayo AJ Qda. Zumbayacu .....	161
Figura 7-62 Curva de duración general de la estación H0966 Mayo AJ Qda. Zumbayacu .....	163
Figura 7-63 Curva de variación estacional de la estación H0966 Mayo AJ Qda. Zumbayacu .....	164
Figura 7-64 Autorizaciones de uso y aprovechamiento en la subcuenca H0966 Mayo AJ Qda. Zumbayacu.....	166
Figura 7-65 Caudales medios mensuales en el río Vergel aguas abajo en AG21 ..	170
Figura 7-66 Caudales medios mensuales en el río San Luis aguas abajo en AG24 .....	172
Figura 7-67 Curva de Duración General en el río Vergel aguas abajo en AG21 .....	172
Figura 7-68 Curva de Duración General en el río San Luis aguas abajo en AG24..	173
Figura 7-69 Curva de variación estacional en el río Vergel aguas abajo hasta AG21 .....	176
Figura 7-70 Autorizaciones de uso y aprovechamiento en las subcuencas de interés del proyecto minero Porvenir .....	181

---

Figura 7-71 Esquema de subcuenca HEC HMS – quebrada de la Canela aguas abajo en AG-19.....	192
Figura 7-72 Hietograma para un evento de tormenta de 180 min y período de retorno 100 años – para quebrada de la Canela aguas abajo hasta el sitio AG-19.....	195
Figura 7-73 Resultados HEC HMS, caudal máximo con período de retorno 25 años para la quebrada de la Canela aguas abajo AG19 .....	201
Figura 7-74 Ajuste de los datos de caudales máximos instantáneos a una distribución de probabilidades Pearson III. ....	203
Figura 7-75 Sección transversal del río Loyola aguas arriba en AG1.....	205
Figura 7-76 Sección transversal de la quebrada Sin Nombre 2 (aguas abajo) en AG2 .....	206
Figura 7-77 Resultados de Flow master calibración aforo en la sección transversal del río Loyola aguas arriba en AG1 .....	210
Figura 7-78 Resultados del nivel medio en la sección transversal del río Loyola aguas arriba en AG1 .....	212
Figura 7-79 Resultados de Flow master nivel de crecida TR 5 años en la sección transversal del río Loyola aguas arriba en AG-01 .....	215
Figura 7-80 Resultados de Flow master nivel de crecida TR 25 años en la sección transversal del río Loyola aguas arriba en AG-01 .....	217

## 7 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL – LÍNEA BASE

### 7.1 Medio físico

#### 7.1.1 Climatología

El clima constituye el resultado de un proceso de complejas interacciones entre diversos factores (astronómicos, geográficos y meteorológicos), que a su vez inciden sobre los procesos ecológicos, económicos y socio-productivos a nivel del planeta. Las características climatológicas del Ecuador responden a los factores como: latitud geográfica, altitud del suelo, dirección de las cadenas montañosas, distancia al océano, vientos y las corrientes marinas (Samaniego et al., 2015).

La variación altitudinal asociada a la temperatura juega un papel preponderante en el establecimiento de comunidades de plantas y la distribución de ecosistemas (Woodward 1987, Brovkin 2002, Begon 2006); por esta razón, los pisos bioclimáticos se utilizan como un referente de la distribución altitudinal de los mismos. (Ministerio del Ambiente, 2013). De acuerdo al Mapa de Pisos Bioclimáticos (2017), el área del proyecto minero se encuentra en el piso bioclimático pluvial (Ver Anexo I Cartografía, 1. Mapas\_pdf– 4 Mapa de Pisos Bioclimáticos). Bioclima caracterizado por la inexistencia de una época del año con falta notoria de agua disponible en el suelo para la vegetación. Durante 2-3 meses disminuyen algo las precipitaciones o cantidad de lluvia, pero no llega a producirse una escasez significativa de agua, con lo cual el crecimiento de las plantas se mantiene si las temperaturas no bajan de forma notable (Ministerio del Ambiente, 2013).

En vista de la importancia que reviste el clima en las operaciones mineras, se realiza un análisis de las estaciones climatológicas de la red nacional en el área de estudio con información disponible y que cumple con criterios y rango máximo de separación al área de estudio definido por la Organización Meteorológica Mundial (WMO).

Adicionalmente se utilizaron los siguientes criterios para la selección de las estaciones meteorológicas de la zona:

- Se encuentran dentro del mismo piso bioclimático de las concesiones mineras o en el límite del mismo.
- Cubren los rangos de isotermas e isoyetas en los que están próximas al proyecto.
- Se ubican a una distancia no mayor a 30 Km del proyecto, que de acuerdo Camargo y Hubbard (1999) ésta es una variable importante que influye en la comparación de datos históricos.
- Disponen de datos climatológicos suficientes para realizar un análisis climatológico (mínimo 10 años).

Se debe indicar que dentro de los 30 km alrededor del área de estudio planteados en la metodología mencionada, solo existen dos estaciones una de tipo climatológica ordinaria Yangana (M147) y una estación de tipo pluviográfica denominada Valladolid (M684). Así mismo, dentro del mismo bioclima únicamente se ubica la estación Valladolid, que cuenta con 10 años de datos de precipitación. En tal sentido, se realizó

una revisión de los mapas de isotermas e isoyetas de la zona, identificándose que la estación Yangana comparte el mismo régimen de temperaturas, por lo cual, y ante la falta de otra estación cercana que comparta características con el área de estudio dentro de los 30 km señalados, se ha procedido a utilizar las dos estaciones mencionadas.

A continuación, se presenta la ubicación de las estaciones analizadas.

Tabla 7-1 Ubicación geográfica de las estaciones climatológicas

CÓD. DE LA ESTACIÓN	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	TIPO	COORDENADAS (WGS84 17S)		AÑOS	ALTITUD (M.S.N.M.)	DISTANCIA (KM)	FUENTE	PISO BIOCLIMÁTICO
			ESTE	NORTE					
M684	Valladolid	PG	712651	9497318	10	1700	7,3	INECEL	Pluvial
M147	Yangana	CO	702556	9516943	10	1835	26,5	INAMHI	Pluvioestacional

Fuente INAMHI, junio 2023

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

#### 7.1.1.1 Relleno de Datos Meteorológicos.

El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) mantiene registros climatológicos en el Ecuador; sin embargo, debido a la instrumentación usada en las estaciones, existen datos que no se registran. Para cualquier análisis es necesario completar la información faltante y homogenizarla a través de métodos reportados bibliográficamente (Carrera, et al, 2016).

El procedimiento de relleno de datos, basa su análisis en los criterios de Rivas 2014, Coaquira, 2018 y Moraes et al., 2021, quienes analizan la correlación de datos meteorológicos entre el satélite TRMM y las estaciones meteorológicas. Rivas 2014, concluye que la validación de los datos entre el satélite TRMM y la estación arroja excelentes resultados de correlación, debido a que los datos del satélite ofrecen aproximadamente la misma tendencia en comparación a los datos de las estaciones.

Moraes et al., 2021 establece que el relleno de la serie histórica sea ejecutado por el método de regresión simple; el R2 que es el coeficiente de determinación que nos indica la fiabilidad de las proyecciones de cálculo, puede variar 0,383 a 0,844 (siendo 1 totalmente confiable y 0 totalmente impreciso). Adicionalmente, concluye que los mejores resultados se encontraron en áreas con menos precipitación, cuyos resultados representan satisfactoriamente la variación estacional de las precipitaciones en la región, a pesar de presentar casos de sobreestimación y subestimación de datos.

El análisis de regresión tiene como objetivo describir, a través de un modelo matemático, las relaciones entre dos o más variables con base en observaciones de estas variables. Cabe señalar que, los datos de los satélites son importantes para las regiones que tienen grandes vacíos en las series históricas. De esta manera, los productos satelitales son una alternativa para abordar las deficiencias de los datos de superficie en las estimaciones climatológicas (Oliveira Junior et al., 2014)

### 7.1.1.1.1 Obtención de datos de TRMM

El satélite TRMM (por sus siglas en inglés: Tropical Rainfall Measuring Mission) tiene el objetivo de monitorear y estudiar las precipitaciones en las regiones tropicales y subtropicales. Los datos para el relleno se obtienen a través de la plataforma disponible en: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>.

### 7.1.1.1.2 Correlación de datos

Moraes et al., 2021 establece que el relleno de datos se ejecute a partir de una regresión lineal, cuya metodología estadística es utilizada para estimar los datos meteorológicos faltantes en cualquier estación con condiciones meteorológicas similares, de acuerdo con la siguiente relación:  $y = ax + b$ .

Donde “y” es el dato estimado (dato faltante) mientras que “x” es el dato observado (dato del TRMM), “a” es el coeficiente lineal y “b” el coeficiente angular (la pendiente de la línea). Metodológicamente, para el proceso de relleno se generan modelos de regresión anual entre los datos meteorológicos de las estaciones meteorológicas y los datos de los satélites. Se debe considerar para ello que la base de datos debe recibir un tratamiento inicial a fin de eliminar valores atípicos que puedan distorsionar los resultados. El coeficiente de correlación o de determinación (R<sup>2</sup>), es una medida estadística en un modelo de regresión que determina la proporción de varianza en la variable dependiente que puede ser explicada por la variable independiente, cuyos valores pueden oscilar entre 0 y 1. Caguana, 2017 establece la interpretación de los valores de correlación de acuerdo con los criterios de la Tabla 7-2.

Tabla 7-2 Interpretación de factores de correlación

FACTOR	INTERPRETACIÓN
$r=1$	Correlación perfecta
$0,8 < r < 1$	Correlación muy alta
$0,6 < r < 0,8$	Correlación alta
$0,4 < r < 0,6$	Correlación moderada
$0,2 < r < 0,4$	Correlación baja
$0 < r < 0,2$	Correlación muy baja
$r=0$	Correlación nula

Fuente: Caguana, 2017

Elaborado por: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

### 7.1.1.1.3 Ejemplo de Cálculo

La precipitación en la serie de datos analizados (1990 – 1999) presenta datos faltantes en enero 1990, noviembre y diciembre de 1997. El relleno de datos inicia con la descarga de los datos de Temperatura de la plataforma de la NASA en el periodo de 1990 – 1999, comparación de información, tratamiento y finalmente la regresión lineal. La base de datos y el proceso de relleno de datos se observan en el Anexo B\_Línea\_Base, carpeta B1 Componente Físico, subcarpeta 1. Climatología.

A continuación, se comparan las dos series de datos (ver Figura 7-1), donde se puede establecer que los datos del TRMM ofrecen aproximadamente la misma tendencia que los datos de la estación.

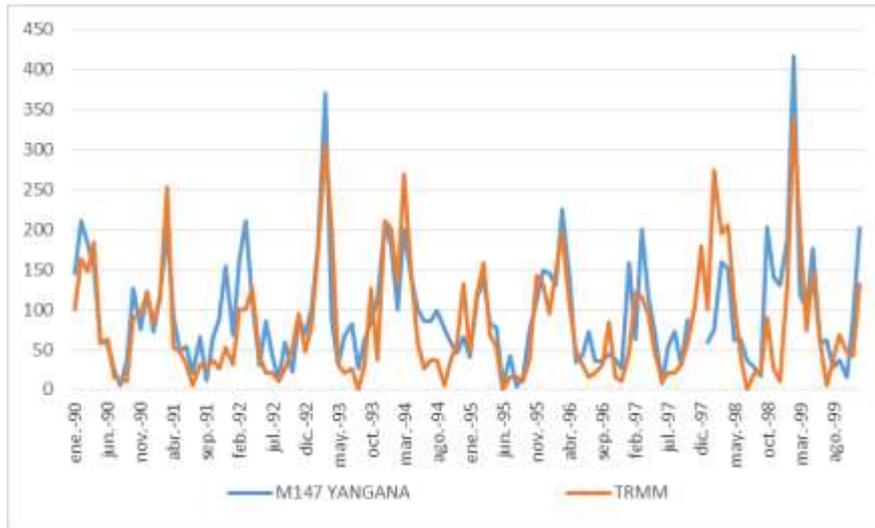


Figura 7-1 Comparación de Temperatura (TRMM vs M147)

Elaborado por: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

A continuación, y siguiendo los criterios de Moraes et al., 2021 se ejecuta una regresión lineal entre la serie de datos del satélite y la estación.

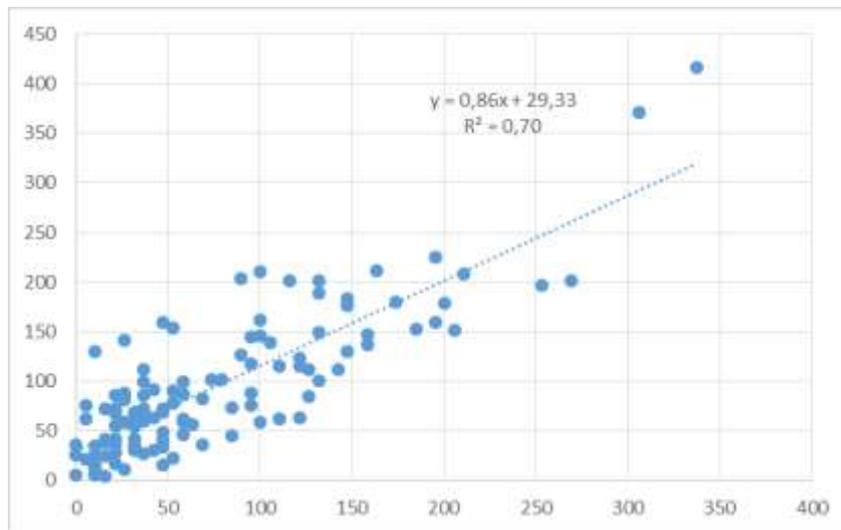


Figura 7-2 Regresión Lineal de Temperatura entre Satélite TRMM y M184

Elaborado por: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

El coeficiente de correlación ( $R^2$ ) calculado es 0,70, considerando los criterios de Caguana, 2017 el valor de  $R^2$  presenta una correlación alta, la ecuación de relación obtenida es  $y = 0,86x + 29,33$ , con dicha ecuación se procede a rellenar los datos faltantes considerando que “y” representa el valor de precipitación faltante en la estación M147, mientras que “x” representa el valor de precipitación del TRMM. Los principales elementos climáticos analizados fueron: Precipitación (P), Temperatura (T), Humedad Relativa (HR), Velocidad del Viento (VV) y Dirección del Viento (DV), y la Evapotranspiración Potencial (ETP).

### 7.1.1.2 Precipitación

En la Estación Pluviométrica M684, el mes con mayor pluviosidad es el mes de enero con 188,4 mm, mientras que el mes de julio se registra el mes de pluviosidad más baja con 106,3 mm. La precipitación media, dentro del período de análisis, es de 136,6 mm y totales pluviométricos anuales de 1639,7 mm. En la Estación Climatológica M147, el mayor índice de pluviosidad se registra en los meses de febrero y marzo, siendo el más alto marzo con 200,3 mm, mientras que los meses con valores bajos, registrados son julio, agosto y septiembre, siendo agosto el mes más bajo, con un promedio de 37,8 mm. La precipitación media, dentro del período de análisis, es de 94,0 mm y totales pluviométricos anuales de 1127,6 mm.

Haciendo una comparación de ambos sistemas pluviométricos, se tiene que la distribución temporal media de la zona, es bimodal en un periodo de mayor índice de precipitación de enero a abril, un segundo periodo en diciembre, además de que los meses donde los índices de pluviosidad son los más bajos es julio y agosto.

Tabla 7-3 Precipitaciones reportadas en la estación climatológica M147 Yangana y estación pluviométrica M0684 Valladolid.

PRECIPITACIÓN (MM)	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	MEDIA	TOTAL
M684	188,4	148,6	150,3	145,2	133,9	126,0	106,3	123,6	123,2	120,6	122,8	150,9	136,6	1639,7
M147	113,0	157,1	200,3	118,3	69,5	52,8	52,2	37,8	37,9	78,2	91,3	131,0	95,0	1139,4

Fuente: INAMHI, 2013

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023



Figura 7-3 Precipitación reportada en la estación climatológica M147 Yangana y estación pluviométrica M0684 Valladolid

Fuente: INAMHI, 2013

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

Relacionando el mapa de isoyetas generado por el INAMHI (2017) (Ver Anexo I. Cartografía, 1. Mapas\_pdf, 6. Mapa de isoyetas) con los datos obtenidos de las

estaciones más cercanas al área de estudio con datos disponibles (M147 y M684) se observa que los datos son congruentes entre sí, ya que el mapa de isoyetas indica que la precipitación anual en el área de estudio se encuentra en un rango de 1750 mm y 2000 mm, que son los aproximados a los identificados en las estaciones de análisis. Cabe mencionar que durante el levantamiento de información base se observó en la zona una persistente lluvia durante toda la jornada de trabajo inclusive en ocasiones se presentaba lluvias moderadas y/o fuertes por lo general.

### 7.1.1.3 Temperatura

Para el análisis de la temperatura, se tomó en cuenta únicamente a la Estación Climatológica M147 Yangana, ya que esta estación cuenta con datos de temperatura en el radio de 30 km y de acuerdo con la información de Isotermas se encuentra en el mismo rango de temperatura que el área del proyecto.

La temperatura media anual del período analizado es de 19,5 °C, con una oscilación térmica que va desde una mínima de 18,5 °C para el mes de julio, hasta 20,2 °C como máximo de temperatura para el mes de noviembre, obteniendo como resultado una oscilación térmica media de 1,7 °C a lo largo del año.

Tabla 7-4 Temperaturas reportadas en la estación climatológica M147 Yangana

TEMPERATURA (°C)	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	MEDIA
M147	19,9	19,5	19,4	19,6	19,5	19,2	18,5	19,2	19,7	19,9	20,2	19,8	19,5

Fuente: INAMHI, junio 2023

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

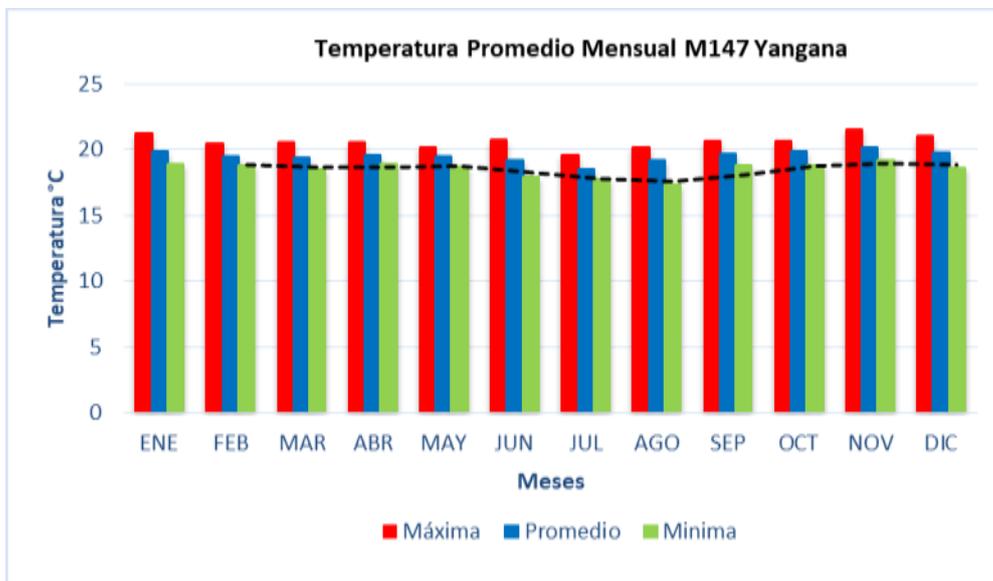


Figura 7-4 Temperatura reportada en la estación climatológica M147 Yangana

Fuente: INAMHI, junio 2023

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

Relacionando el mapa de isotermas generado por el INAMHI (2017) (Ver Anexo I. Cartografía, 1. Mapas\_pdf, Mapa 5: Mapa de isotermas) con los datos obtenidos de la estación más cercana al área de estudio con datos disponibles (M147) se observa que la temperatura media está dentro del rango establecido en los datos de las isotermas (rango de 19,45 °C; y 21,52 °C).

#### 7.1.1.4 Humedad relativa

La humedad es un parámetro importante en la información de los fenómenos meteorológicos, ya que, conjuntamente con la temperatura, caracterizan la intensidad de la evapotranspiración, que a su vez tiene directa relación con la disponibilidad de agua aprovechable, circulación atmosférica y cubierta vegetal.

La humedad relativa media reportada en la estación climatológica M147 es de 91,4%, los valores se observan similares durante todo el año, a excepción del mes de enero donde se aprecia le menor humedad que es de 90,3% y el mes de julio donde se presenta la mayor humedad relativa que es de 92,7%.

Tabla 7-5 Humedad Relativa reportadas en la estación climatológica M147 Yangana

HUMEDAD RELATIVA (%)	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	MEDIA
M147	90,3	90,9	91,1	91,1	90,9	91,5	92,7	92,3	92,1	91,2	90,8	91,4	91,4

Fuente: INAMHI, junio 2023

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

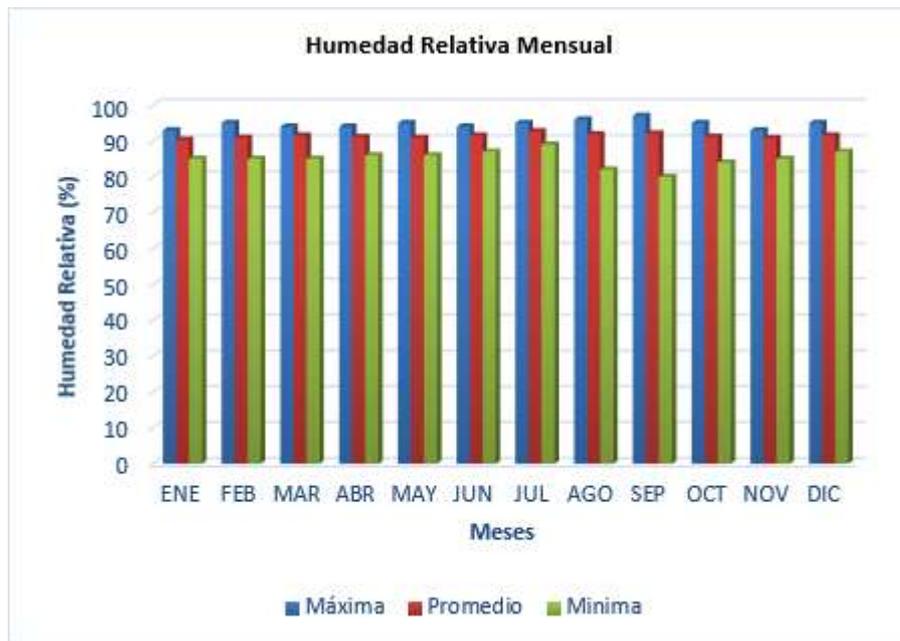


Figura 7-5 Humedad Relativa reportada en la estación climatológica M147 Yangana

Fuente: INAMHI, junio 2023

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

### 7.1.1.5 Velocidad y dirección del viento

Para la estación Climatológica M147, la velocidad del viento presenta variaciones que van con un mínimo de 3,93 m/s en el mes de marzo hasta una velocidad máxima de 4,94 m/s en el mes de septiembre. La velocidad media fue de 4,33 m/seg.

Como se observa en la Figura 7-6, las direcciones predominantes de los vientos son SE (83%) y NE (8,0%) respectivamente.

DIRECCIÓN DEL VIENTO	
DIRECCIÓN	%
N	0
NE	8
E	0
SE	83
S	0
SW	1
W	0

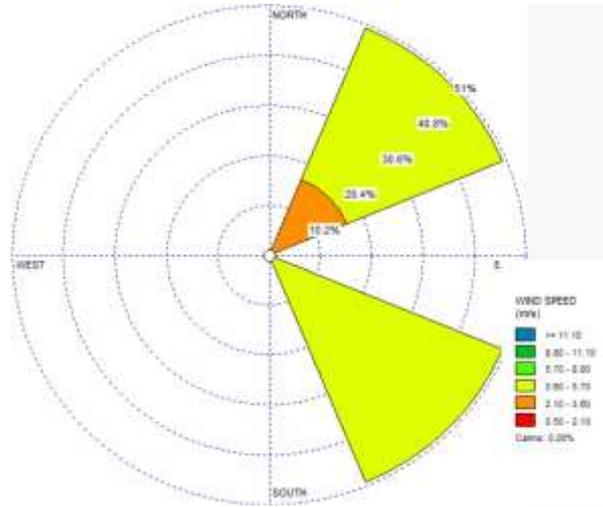


Figura 7-6 Rosa de los vientos estación climatológica Yangana (M147).

Fuente: INAMHI, junio 2023

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

### 7.1.1.6 Nubosidad

La nubosidad funciona como filtro para que la radiación que es emitida por el sol no pase directamente a la tierra; además, permite que el agua que se evapora sea contenida. El valor de nubosidad se expresa en octas.

Tabla 7-6 Nubosidad reportadas en la estación climatológica M147 Yangana

HUMEDAD RELATIVA (%)	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	MEDIA
M147	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	6	5

Fuente: INAMHI, junio 2023

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

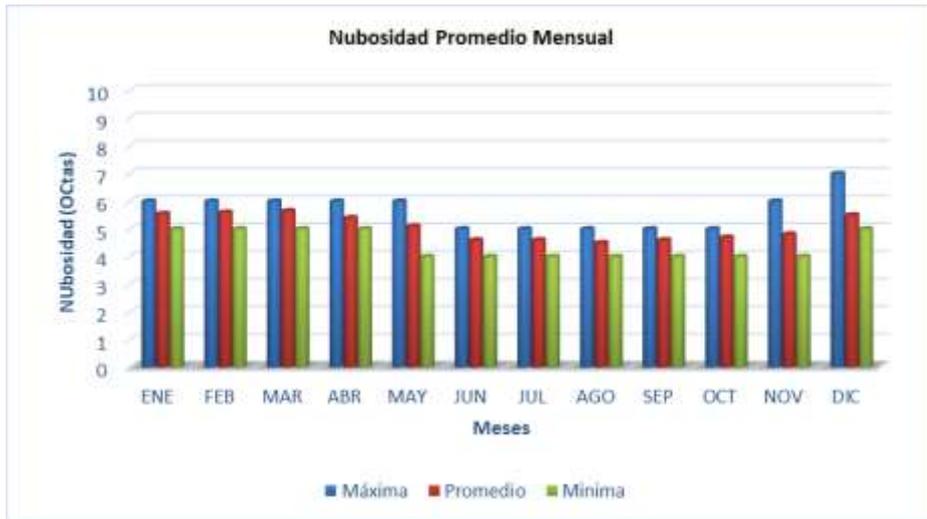


Figura 7-7 Nubosidad reportada en la estación climatológica M147 Yangana

Fuente: INAMHI, junio 2023

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

### 7.1.1.7 Diagrama ombrotérmico

El diagrama ombrotérmico de Gausson permite identificar el período seco en el cual la precipitación es inferior a dos veces la temperatura media (como aproximación a la sequedad estacional considerando  $2 T_m$  una estimación de la evapotranspiración).

Para su representación, en el eje X se ponen los doce meses del año y en un doble eje Y se pone en un lado las precipitaciones medias mensuales (en mm) y en el otro las temperaturas medias mensuales (en grados centígrados). Se debe considerar que la escala de precipitaciones debe ser doble que la de temperatura; esto es, por cada °C en temperatura, se toma un par de mm en precipitación. Si  $P \leq 2 \cdot T_m$  la curva de precipitaciones estará por debajo de la curva de temperaturas y el área comprendida entre las dos curvas indicará la duración e intensidad del período de sequía.



Figura 7-8 Diagrama ombrotérmico de la estación climatológica M147 Yangana

Fuente: INAMHI, junio 2023

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

En la Figura 7-8 se muestra el diagrama ombrotérmico de la Estación Climatológica M147, en el cual se observa que hay una leve sequía en el área de estudio entre agosto y septiembre, debido a que en la zona de estudio las precipitaciones en este mes son mínimas. Sin embargo, de acuerdo a la información recabada en campo los ríos son perennes, es decir, si bien el nivel de los ríos baja, los mismos nunca se secan.

### 7.1.1.8 Evapotranspiración potencial

La evapotranspiración potencial (EVPT), integra la mayoría de los factores que están estrechamente vinculados con la disponibilidad del agua. Ésta constituye un parámetro fundamental para el cálculo del balance hídrico. Así como las precipitaciones son el aporte de agua, la evapotranspiración potencial son los egresos de agua.

La EVPT es la cantidad de agua del suelo que vuelve a la atmósfera como consecuencia de la evaporación y de la transpiración de las plantas. Para la obtención de este parámetro se utilizó la fórmula de Paredes, 2017, la cual es una ecuación utilizada para las condiciones geográficas de nuestro país (Trópicos entre 15° N y 15° S), de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$ETP = [1,21 \times 10^{\frac{7,45}{234,7+T}} (1 - 0,01HR) + 0,21t - 2,30] \times D$$

Dónde: ETP: Evapotranspiración potencial

T: Temperatura

HR: Humedad Relativa

D: Número de días al mes

La evapotranspiración promedio mensual calculado corresponde a 66,8 mm y anual acumulado de 801,9 mm. La Figura 7-9 muestra la EVPT mensual.

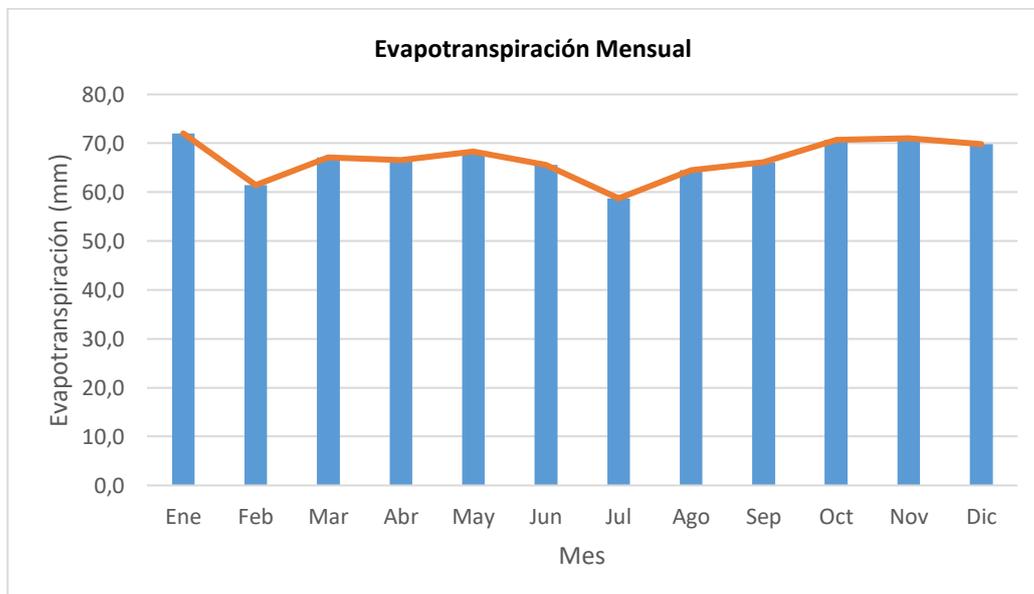


Figura 7-9 Evapotranspiración Potencial Mensual

Fuente: INAMHI, junio 2023

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

### 7.1.1.9 Balance Hídrico

El balance hídrico mensual de la estación meteorológica ubicada en el área de estudio se muestra en la figura a continuación. Este gráfico se elaboró en base a la comparación entre los valores de precipitación mensual (mm) y evapotranspiración mensual (mm) presentados anteriormente.

De acuerdo a los resultados obtenidos, en la Estación Climatológica M147- Yangana, el Balance Hídrico, se divide en tres periodos el primero es de superávit hídrico, por lo que los valores de Evapotranspiración no superan a los de precipitación, en los meses de enero a mayo, mientras que en el segundo periodo, los valores de Evapotranspiración si superan a los de precipitación, teniendo un déficit hídrico que va de junio a septiembre y el tercero en los meses de octubre a diciembre se presenta nuevamente un superávit hídrico.

Tabla 7-7 Balance hídrico en la estación climatológica M147-Yangana

BALANCE HÍDRICO (MM)	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	MEDIA
M147	41,0	95,7	133,2	51,7	1,2	-12,7	-6,5	-26,7	-28,3	7,5	20,3	61,2	28,12

Fuente: INAMHI, junio 2023

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

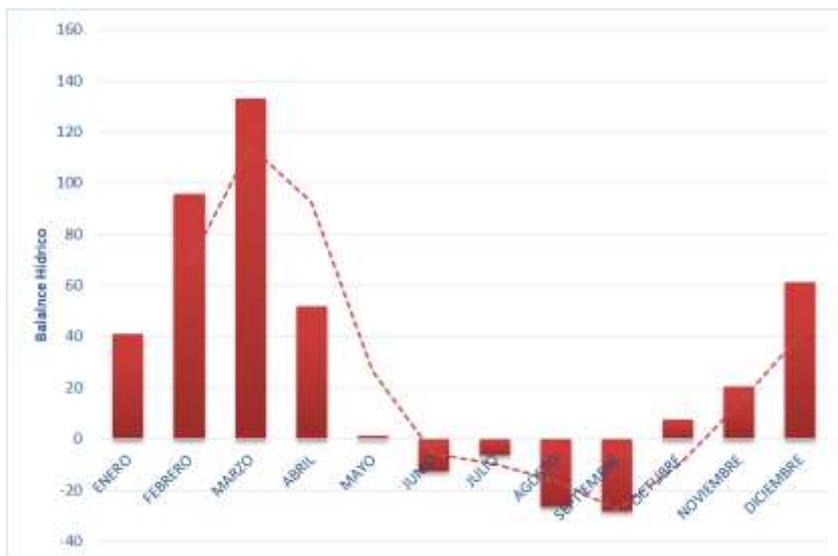


Figura 7-10 Balance hídrico de la estación climatológica M147-Yangana

Fuente: INAMHI, junio 2023

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

Es importante mencionar que los ríos de la zona son perennes, lo cual implica que, si bien los mismos sufren variaciones estacionales, los mismos cuentan con caudal todo el año, lo cual indica que existe una alimentación freática (es decir, de aguas subterráneas) suficiente para mantener su flujo continuo.

#### **7.1.1.10 Clasificación climática**

De acuerdo con la información del INAMHI 2013 y (Centro Ecuatoriano de Investigación Geográfica, 1983)<sup>83</sup> en el área de estudio se identifica un Clima húmedo con pequeño déficit de agua, Mesotérmico templado cálido (Ver Anexo I Cartografía, 1. Mapas\_pdf, – 3 Mapa Climático), el cual se caracteriza por presentar precipitaciones que varían entre 600 a 2000 mm y están repartidas en dos estaciones lluviosas, de febrero a mayo y en octubre-noviembre. La estación seca principal, de junio a septiembre, es generalmente muy marcada; en cuanto a la segunda, su duración y localización en el tiempo son mucho más aleatorias, aunque se puede adelantar que es por lo general inferior a tres semanas y se sitúa a fines de diciembre, razón por la que se la llama 11 veranillo del Niño 11. La vegetación natural de esta zona ha sido ampliamente sustituida por pastizales y cultivos (principalmente cereales, maíz y papa). Así mismo, se identifican temperaturas que van de 12°C a 22°C, menos de dos meses secos y déficit hídrico inferior a 150 mm.

#### **7.1.2 Ruido**

##### **7.1.2.1 Metodología de trabajo**

El ruido es un factor de suma importancia, tanto para el ser humano como para las especies bióticas en general. Por tal razón, es primordial determinar las condiciones o niveles de ruido del área de estudio en ausencia de las actividades mineras. Este ruido es conocido como Ruido Ambiental Natural<sup>1</sup>.

El Ruido Ambiental Natural es el ruido que se produce espontáneamente a causa de la naturaleza existente en una zona (ríos, flora, fauna, etc.) y donde la contribución humana al ruido es insignificante.

En cambio, para determinar el cumplimiento con la legislación ambiental nacional, referente a emisión de ruido, se tomó en cuenta los límites máximos permisibles definidos en el Anexo 5 Tabla 1 y Tabla 3 del Acuerdo Ministerial 097-A del Ministerio del Ambiente.

El monitoreo de ruido fue efectuado por el laboratorio Gruentec el 14 al 17 de abril de 2023. Cabe indicar que el laboratorio se encuentra acreditado en el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE).

Para el establecimiento de los sitios de monitoreo de ruido, se tomó en cuenta dos variables:

- Tipos de Cobertura Vegetal, según MAE, Cobertura y Uso de la Tierra, Esc 1:100.000, 2018.
- Receptores Sensibles (Comunidades)

Las mediciones acústicas fueron realizadas en puntos específicos, los cuales se describen a continuación.

---

<sup>1</sup> Acuerdo Ministerial 097-A del Ministerio del Ambiente.

Tabla 7-8 Ubicación de los puntos de muestreo de ruido

ID	WGS-84 ZONA 17 SUR		MONITOREO
	ESTE	NORTE	
RDO-01	723800	9499379	Diurno / Nocturno
RDO-02	722817	9497729	Diurno / Nocturno
RDO-03	727245	9501343	Diurno / Nocturno
RDO-04	726033	9498098	Diurno / Nocturno
RDO-05	722751	9496317	Diurno / Nocturno
RDO-06	724554	9495522	Diurno / Nocturno
RDO-07	720666	9499965	Diurno / Nocturno
RDO-08	726857	9493516	Diurno / Nocturno
RDO-09	718079	9497097	Diurno / Nocturno
RDO-10	722838	9496313	Diurno / Nocturno
RDO-11	724566	9495426	Diurno / Nocturno
RDO-12	723366	9499070	Diurno / Nocturno
RDO-13	726065	9497925	Diurno / Nocturno

Fuente: Gruentec Cía Ltda., mayo 2023  
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

Las ubicaciones de los puntos de muestreo se observan en el Anexo I Cartografía, 1. Mapas\_pdf, 18: Mapa de Muestreo de Ruido (Mapa elaborado sobre la base de información levantada en campo, Cobertura y Uso de la Tierra, Escala 1:100.000, MAE, 2018. y cartas topográficas IGM, 1:50000, 2013).

Los resultados del muestreo y registros fotográficos realizados por el laboratorio en campo se presentan en el Anexo B. Línea\_Base, carpeta B1. Componente Físico, subcarpeta 2. Ruido.

### 7.1.2.2 Equipos de medición de ruido

La descripción de los equipos utilizados para la medición del ruido, el método de análisis y detección, así como los equipos para la localización de los puntos de muestreo y las condiciones meteorológicas durante el muestreo se detallan en la

Tabla 7-9.

Tabla 7-9 Equipos utilizados para el monitoreo

EQUIPO	NOMBRE	MARCA	MODELO	PARÁMETRO	LÍMITE DE TOLERANCIA
	Sonómetro Integrador Clase II	3 M/Quest Pro	SoundPro SE DL	Ruido	0,5

EQUIPO	NOMBRE	MARCA	MODELO	PARÁMETRO	LÍMITE DE TOLERANCIA
	Calibrador acústico	Quest	AC-300	Verificación de la Calibración	0,5
	Anemómetro	ANEM-002	-	Condiciones Meteorológicas	No aplica
	GPS	Etrex10	No Aplica	Localización	No Aplica

Fuente: Gruentec Cía Ltda., mayo 2023  
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

### 7.1.2.3 Procedimiento de campo

La medida de la intensidad acústica en decibeles [dB(A)] se realizó mediante la utilización de un sonómetro (decibelímetro), de acuerdo a los siguientes procedimientos técnicos:

- El sonómetro debe colocarse en un trípode a una altura de 1,0 m a 1,5 m sobre el nivel del suelo.
- La distancia debe ser de, por lo menos, 3 m de las estructuras que puedan reflejar sonido evitando, de esta forma, la exposición del equipo a vibraciones mecánicas.
- El técnico debe estar a una distancia de, mínimo, 1 m del micrófono a fin de evitar la perturbación del campo sonoro.

### 7.1.2.4 Descripción del procedimiento

Durante los muestreos, se realizó la medición de los parámetros meteorológicos (temperatura, humedad relativa, pluviosidad, dirección, y velocidad del viento). Además, se registró para cada uno de los sitios de monitoreo la hora, las condiciones climáticas y las principales fuentes generadoras de ruido importantes, durante la medición.

Para la ejecución del presente monitoreo se tomó en cuenta las siguientes consideraciones:

- Monitoreo de ruido ambiental: se ha empleado el "Método de 15 segundos (Leq 15s)", 5 mediciones de 15 segundos, considerando que el ruido emitido por una FER es fluctuante; con esta metodología se abarca la mayor cantidad de variaciones de ruido. Adicionalmente, se realizó el estudio de ruido considerando las características impulsivas y con contenido energético alto en bajas frecuencias, para determinar su presencia o ausencia de manera objetiva.
- Monitoreo de ruido de 24 horas, se ejecutó considerando lo establecido en el Anexo 4 del Anexo 5 del AM097-A que establece que para determinar el LKeq en usos de suelo Protección Ecológica (PE) y Recursos Naturales (RN) se requiere como mínimo un punto de medición las muestras deben tener una duración de 15 minutos, en consecuencia, cada hora tendrá cuatro muestras y en 24 horas habrá un total de 96 muestras.

#### **7.1.2.5 Resultados**

En las siguientes las siguientes tablas se presentan los resultados de ruido obtenidos para el proyecto.

Tabla 7-10 Resultados de Monitoreo de Ruido (15 segundos)

ID	FECHA	WGS84 ZONA 17S		Monitoreo	NPS L <sub>eq</sub> (dB A)	FUENTES QUE GENERAN RUIDO	DESCRIPCIÓN DEL SITIO	TIPO DE ZONA SEGÚN USO DEL SUELO (MAE 2018)	TULSMA TABLA 1 DEL ANEXO	DENTRO DE LA NORMA
		X	Y							
RDO-01	15/04/2023	723800	9499379	Diurno	46	Paso de quebradas cerca al punto de monitoreo, animales silvestres	Punto de monitoreo ubicado en zona de bosque remanente y pastizal. No existen PCA cercanos al punto de monitoreo.	Agrícola residencial (AR)	65	Cumple
				Nocturno	50	Paso de quebradas cerca al punto de monitoreo, animales nocturnos silvestres.			45	No Cumple
RDO-02	15/04/2023	722817	9497729	Diurno	41	Paso de quebradas cerca al punto de monitoreo, animales silvestres.	Punto de monitoreo ubicado en zona de bosque remanente y pastizal. No existen PCA cercanos al punto de monitoreo.	Agrícola residencial (AR)	65	Cumple
				Nocturno	52	Paso de quebradas cerca al punto de monitoreo, animales silvestres.			45	No Cumple
RDO-03	15/04/2023	727245	9501343	Diurno	46	Paso de quebradas cerca al punto de monitoreo, animales silvestres.	Punto de monitoreo ubicado en zona de bosque o pastizal. No existen PCA cercanos al punto de monitoreo.	Agrícola residencial (AR)	65	Cumple
				Nocturno	60	Paso de quebradas cerca al punto de monitoreo, animales silvestres.			45	No Cumple
RDO-04	14/04/2023	726033	9498098	Diurno	56	Paso de quebradas cerca al punto de monitoreo, animales silvestres.	Punto de monitoreo ubicado en zona de bosque primario. PCA cercanos al punto de monitoreo	Agrícola residencial (AR)	65	Cumple
				Nocturno	55	Paso de quebradas cerca al punto de monitoreo, animales silvestres			45	No Cumple
RDO-05	14/04/2023	722751	9496317	Diurno	59	Paso de quebradas cerca al punto de monitoreo, animales silvestres.	Punto de monitoreo ubicado en zona de bosque primario y	Agrícola residencial (AR)	65	Cumple



ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA FASE DE EXPLORACIÓN AVANZADA DE MINERALES METÁLICOS, BAJO EL RÉGIMEN DE GRAN MINERÍA PARA LAS CONCESIONES MINERAS PORVENIR 1 (CÓDIGO 50000879), PORVENIR 2 (CÓDIGO 50000876), PORVENIR 3 (CÓDIGO 50000877) Y PORVENIR 4 (CÓDIGO 50000878)

ID	FECHA	WGS84 ZONA 17S		Monitoreo	NPS Lkeq (dB A)	FUENTES QUE GENERAN RUIDO	DESCRIPCIÓN DEL SITIO	TIPO DE ZONA SEGÚN USO DEL SUELO (MAE 2018)	TULSMA TABLA 1 DEL ANEXO	DENTRO DE LA NORMA
		X	Y							
				Nocturno	53	Paso de quebradas cerca al punto de monitoreo, animales silvestres	pastizal. PCA cercanos al punto de monitoreo		45	No Cumple
RDO-06	15/04/2023	724554	9495522	Diurno	53	Paso de quebradas cerca al punto de monitoreo, animales silvestres.	Punto de monitoreo ubicado en zona de bosque primario y pastizal. PCA cercanos al punto de monitoreo	Agrícola residencial (AR)	65	Cumple
				Nocturno	53	Paso de quebradas cerca al punto de monitoreo, animales silvestres.			45	No Cumple
RDO-07	16/04/2023	720666	9499965	Diurno	46	Punto de monitoreo ubicado en zonas pobladas. Casas de los pobladores de la comunidad.	Punto de monitoreo ubicado en zonas pobladas. Casas de los pobladores de la comunidad.	Agrícola residencial (AR)	65	Cumple
				Nocturno	44				45	Cumple
RDO-08	14/04/2023	726857	9493516	Diurno	42	Punto de monitoreo ubicado en zonas pobladas. Casas de los pobladores de la comunidad. Casas de los pobladores de la comunidad.	Punto de monitoreo ubicado en zonas pobladas. Casas de los pobladores de la comunidad.	Agrícola residencial (AR)	65	Cumple
				Nocturno	43				45	Cumple
RDO-09	17/04/2023	718079	9497097	Diurno	43	Punto de monitoreo ubicado en zonas pobladas. Casas de los pobladores de la comunidad.	Punto de monitoreo ubicado en zonas pobladas. Casas de los pobladores de la comunidad.	Agrícola residencial (AR)	65	Cumple
				Nocturno	46				45	No Cumple

Fuente: Gruentec Cía Ltda., mayo 2023

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023



Tabla 7-11 Resultados de Monitoreo de Ruido (24 horas)

ID	FECHA	WGS84 ZONA 17S		MONITOREO	LA90 (DB A)	FUENTES QUE GENERAN RUIDO	DESCRIPCIÓN DEL SITIO	TIPO DE ZONA SEGÚN USO DEL SUELO MAE 2018	TULSMA TABLA 1 DEL ANEXO*
		X	Y						
RDO-10	16/04/2023	722838	9496313	Diurno	47	Ruido emitido por fauna y cuerpos de agua cercanos al punto de medición	Punto de monitoreo localizado en el bosque secundario. Fauna silvestre característica de la zona.	Protección Ecológica (PE) y Recursos Naturales (RN)	57
				Nocturno	54				64
RDO-11	15/04/2023	724566	9495426	Diurno	47	Ruido emitido por fauna y cuerpos de agua cercanos al punto de medición	Punto de monitoreo localizado en el bosque secundario. Fauna silvestre característica de la zona.	Protección Ecológica (PE) y Recursos Naturales (RN)	57
				Nocturno	54				64
RDO-12	17/04/2023	723366	9499070	Diurno	45	Ruido emitido por fauna y cuerpos de agua cercanos al punto de medición	Punto de monitoreo localizado en el bosque secundario. Fauna silvestre característica de la zona.	Protección Ecológica (PE) y Recursos Naturales (RN)	55
				Nocturno	54				64
RDO-13	14/04/2023	726065	9497925	Diurno	48	Ruido emitido por fauna y cuerpos de agua cercanos al punto de medición	Punto de monitoreo localizado en el bosque secundario. Fauna silvestre característica de la zona.	Protección Ecológica (PE) y Recursos Naturales (RN)	58
				Nocturno	54				64
(*) La Autoridad Ambiental Nacional determinará la corrección más apropiada dependiendo del caso, en este caso conforme a lo establecido en el Anexo 4 del Anexo 5 del AM097-A, se ha tomado como referencia LPM L <sub>Keq</sub> = LA90 + 10dB									

Fuente: Gruentec Cía Ltda., mayo 2023

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

## **7.1.2.6 Análisis de resultados**

### **7.1.2.6.1 Ruido diurno y nocturno**

El ruido monitoreado pertenece únicamente al ruido ambiental natural del sector, donde la presencia de fauna como aves e insectos son los únicos factores que influyen las mediciones.

El rango de ruido diurno para el monitoreo de 15 minutos llega hasta los 59 (dB A) mientras que para ruido nocturno este llega hasta los 60 (dB A).

En lo referente a ruido nocturno se aprecia que existen mediciones que sobrepasan el criterio de calidad establecido en la normativa, de acuerdo con el reporte de monitoreo estos valores se deben a condiciones naturales como ruido de animales domésticos y silvestres.

Dichas mediciones sirven para tener valores de referencia para efectos de comparación con el ruido generado por las actividades de exploración avanzada que realizará la Compañía, de acuerdo a los que se establece la legislación ambiental nacional vigente.

### **7.1.2.6.2 Ruido 24 horas**

Los resultados obtenidos corresponden al día y hora en que se realizó el monitoreo, dependiendo de las condiciones que se presenten en el área evaluada.

Los datos presentados para el nivel de ruido equivalente (LAeq), son todos los valores integrados cada hora y el valor Equivalente durante las 24 horas corresponde a todos los valores de ruido integrados en este periodo (24 horas).

Los datos presentados en el reporte de laboratorio para el nivel máximo de ruido (Lmax), corresponde al valor más alto reportado durante las 24 horas.

Los datos presentados en el reporte de laboratorio para el nivel mínimo de ruido (Lmin), corresponde al valor más bajo reportado durante las 24 horas.

Los valores presentados para el nivel de ruido equivalente (LA90), son todos los valores integrados cada hora y el valor equivalente durante las 24 horas corresponde a todos los valores de ruido integrados en este periodo (24 horas).

Durante la realización del monitoreo las fuentes emisoras de ruido son fuentes habituales en las áreas evaluadas tales como: ruido generado por aves e insectos.

En el punto de monitoreo que se ubican dentro de estas áreas no hay la presencia de seres humanos.

Este estudio permite establecer que el ruido ambiente diurno corresponde oscila entre 45 y 47 (dB) y para ruido nocturno se registra 54 (dB).

### 7.1.3 Calidad de aire

La línea base, desde el punto de vista de calidad de aire denota el estado de un sistema en un momento en particular. Se define también como las condiciones en el momento de la investigación dentro de un área que puede estar influenciada por actividades humanas.

El monitoreo de calidad de aire ambiente fue efectuado por el laboratorio Gruentec Cía. Ltda. del 08 al 11 de abril de 2023, cumpliendo las 24 horas, 8 horas y 1 hora de monitoreo para los parámetros a ser evaluados, según la exigencia de la normativa ambiental vigente. Las ubicaciones de los puntos de monitoreo de calidad de aire se describen a continuación y se presenta en el Anexo I Cartografía, 1. Mapas\_pdf, 17 Mapa de muestreo de aire.

Tabla 7-12 Ubicación de los puntos de muestreo de calidad del aire

ID LABORATORIO	ID EIA	FECHA	X	Y	DESCRIPCIÓN
Punto Loyola	P3: LOYOLA	08/04/2023	720312	9499624	Punto de monitoreo ubicado en la comunidad de Loyola, entre el área de logueo y la bodega de materiales
Punto Porvenir del Carmen	P2: El Porvenir del Carmen	10/04/2023	718218	9497250	Punto de monitoreo ubicado en la comunidad El Porvenir, en el área de parqueadero del vivero agroforestal "Jardines de San Luis".
Punto Las Brisas	P1: Las Brisas	11/04/2023	726920	9493547	Punto de monitoreo ubicado en el Barrio Las Brisas, en el área de parqueadero de la vivienda de la señora Herma Salinas.

Fuente: Gruentec Cía Ltda., mayo 2023

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

Para el establecimiento del sitio específico para las mediciones, se tomaron en cuenta los siguientes criterios:

- Proximidad de receptores sensibles.
- Dirección predominante del viento en base a los datos meteorológicos con los que se contó a la fecha de la medición.
- Cobertura Vegetal, según MAE, Cobertura y Uso de la Tierra, Esc 1:100.000, 2018.

Para análisis comparativos, se considera el Acuerdo Ministerial 097-A del Ministerio del Ambiente del 4 de noviembre de 2015, como se indica en la siguiente tabla.

Tabla 7-13 Límites Máximos Permisibles establecidos en la Legislación Ambiental

CONTAMINANTE	LEGISLACIÓN
PM10	El promedio aritmético de monitoreo continuo durante 24 horas, no deberá exceder 100 µg/m <sup>3</sup> .
PM2.5	El promedio aritmético de monitoreo continuo durante 24 horas, no deberá exceder 50 µg/m <sup>3</sup> .
NO2	La concentración máxima en (1) una hora no deberá exceder 200 µg/m <sup>3</sup> .
SO2	La concentración SO2 en 24 horas no deberá exceder 125 µg/m <sup>3</sup> . La concentración SO2 en 10 minutos, no deberá ser mayor a 500 µg/m <sup>3</sup> .
CO	La concentración de monóxido de carbono de las muestras determinadas de forma continua, en un período de 8 (ocho) horas, no deberá exceder 10 .000 µg/m <sup>3</sup> . La concentración máxima en (1) una hora de monóxido de carbono no deberá exceder 30.000 µg/m <sup>3</sup> no más de una vez al año.
O3	La máxima concentración de ozono, obtenida mediante muestra continua en un período de (8) ocho horas, no deberá exceder de 100 µg/m <sup>3</sup> ,

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

#### 7.1.3.1.1 Metodología de trabajo

El trabajo se realizó utilizando la metodología de monitoreo de calidad de aire ambiente determinado por Gruentec.

- Método interno: MM-AIR-02, acorde al manual EPA: Quality Assurance, Handbook for Air, Pollution Measurement Systems Volume II (Mayo, 2013)
- Norma de Calidad del Aire Ambiente o Nivel de Inmisión, Anexo 4, A.M.097A, LIBRO VI, TULSMA.
- Método MM-S-07, Determinación de partículas sedimentables, basado en el método de referencia ASTM D 1739 – 98 (2017). Standard Test Method for Collection and Measurement of Dustfall (Settleable Particulate Matter).

#### 7.1.3.1.2 Equipo de medición de la calidad de aire ambiente

La medición de calidad de aire fue realizada por el laboratorio acreditado utilizando los siguientes equipos

Tabla 7-14 Descripción de equipos utilizados

EQUIPO	PARÁMETRO	TÉCNICA DE ANÁLISIS	MÉTODO DE REFERENCIA	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN
ANCO-001	Monóxido de Carbono	Absorción IR	US EPA RFCA-1093-093	0,1 ppm
ANOX-001	Dióxido de nitrógeno	Quimioluminiscencia	US EPA RFNA-1194-099	0,05 ppm
	Ozono	Quimioluminiscencia	US EPA RFNA-1194-099	0,05 ppm
	Dióxido de azufre	Absorción UV	US EPA RFNA-1194-099	0,05 ppm

EQUIPO	PARÁMETRO	TÉCNICA DE ANÁLISIS	MÉTODO DE REFERENCIA	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN
ANSO-001	Dióxido de azufre	Fluorescencia UV	US EPA EQSA-0495-0100	0,055 ppm
ANMO-001	Material particulado 2.5	Atenuación de radiación beta	US EPA EQPM-0912-204	5 µg/m <sup>3</sup>
	Material particulado 10	Atenuación de radiación beta	US EPA EQPM-0912-205	5 µg/m <sup>3</sup>

Fuente: Gruentec Cía Ltda., mayo 2023

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

#### **7.1.3.1.3 Procedimiento de campo**

Antes de salir al campo se definieron los puntos a ser monitoreados y también se realizó una verificación del funcionamiento del equipo para confirmar que no existe ninguna falla aparente. Una vez en los sitios de monitoreo, se buscó un lugar adecuado para instalar la estación de monitoreo.

Los requerimientos de energía del equipo fueron suplidos, con un pequeño generador de energía, ubicado a aproximadamente 20 m de distancia, en lo posible, en la dirección positiva del viento.

Luego del armado de los equipos dentro de la estación de monitoreo, se procedió a verificar que la energía que ingresa a los equipos sea estable dentro del rango de 110 voltios  $\pm$  10%, mediante el uso de un voltímetro. El transporte de los equipos, materiales y complementos se realizó con los cuidados necesarios, tanto para los equipos como para sus operadores (carga de peso, electricidad, etc.).

#### **7.1.3.1.4 Descripción del procedimiento**

El procedimiento de medición de calidad del aire se realizó tomando en cuenta los siguientes pasos:

- Disposición de los equipos en el sitio de muestreo.
- Verificación de la disponibilidad de la energía.
- Ubicación geográfica del punto de monitoreo, coordenadas (GPS), puntos de referencia y descripción del lugar.
- Iniciación y encendido de equipos.
- Toma de datos referenciales de condiciones ambientales: presión barométrica, temperatura ambiente, velocidad del viento, y dirección del viento.

Registro de datos obtenidos en hojas de campo.

### 7.1.3.1.5 Resultados

A continuación, se presentan los resultados de calidad de aire

Tabla 7-15 Resultados calidad de aire El Porvenir

ID LAB.	ID EIA	FECHA	X	Y	CO (UG/M3) 1 HORA	CO (UG/M3) 8 HORAS	NO (UG/M3) 1 HORA	NO2 (UG/M3) 1 HORA	SO2 (UG/M3 ) 24 HORAS	SO2 (UG/M3) 10 MINUTOS	O3 (UG/M3) 8 HORAS	PM10 (UG/ M3) 24 HORAS	PM2,5 (UG/ M3) 24 HORAS	PS (MG/CM2) 30 DÍAS	DESCRIPCIÓN
Punto Loyola	P3: Loyola	08/04/2023	720312	9499624	179	265	<94	<94	<125	<125	<98	15	8	0,1	Punto de monitoreo ubicado en la comunidad de Loyola, entre el área de logueo y la bodega de materiales
Punto Porvenir del Carmen	P2: El Porvenir del Carmen	10/04/2023	718218	9497250	119	270	<94	<94	<125	<125	<98	26	13	<0,1	Punto de monitoreo ubicado en la comunidad El Porvenir, en el área de parqueadero del vivero agroforestal "Jardines de San Luis".
Punto Las Brisas	P1: Las Brisas	11/04/2023	726920	9493547	<114	<114	<94	<94	<125	<125	<98	20	10	<0,1	Punto de monitoreo ubicado en el Barrio Las Brisas, en el



ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA FASE DE EXPLORACIÓN AVANZADA DE MINERALES METÁLICOS, BAJO EL RÉGIMEN DE GRAN MINERÍA PARA LAS CONCESIONES MINERAS PORVENIR 1 (CÓDIGO 50000879), PORVENIR 2 (CÓDIGO 50000876), PORVENIR 3 (CÓDIGO 50000877) Y PORVENIR 4 (CÓDIGO 50000878)

ID LAB.	ID EIA	FECHA	X	Y	CO (UG/M3) 1 HORA	CO (UG/M3) 8 HORAS	NO (UG/M3) 1 HORA	NO2 (UG/M3) 1 HORA	SO2 (UG/M3 ) 24 HORAS	SO2 (UG/M3) 10 MINUTOS	O3 (UG/M3) 8 HORAS	PM10 (UG/ M3) 24 HORAS	PM2,5 (UG/ M3) 24 HORAS	PS (MG/CM2) 30 DÍAS	DESCRIPCIÓN
															área de parqueadero de la vivienda de la señora Herma Salinas.
LPM AM 097-A Anexo 4					10000	30000	N/A	200	125	500	100	100	50	1	-

Fuente: Gruentec Cía Ltda., mayo 2023

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

Los resultados del muestreo y registros fotográficos levantados por el laboratorio en campo se presentan en el Anexo B. Línea\_Base, carpeta B1. Componente Físico, subcarpeta 3. Calidad de Aire.

#### **7.1.3.1.6 Conclusiones**

De los resultados obtenidos en el Monitoreo de Calidad de aire Ambiente, se emiten las siguientes conclusiones:

- Material particulado menor a 10 micrones (PM10): El promedio aritmético de monitoreo continuo durante 24 horas se encuentra por debajo del límite permisible señalado en la Normativa Ambiental Vigente, para todas las muestras analizadas.
- Material particulado menor a 2.5 micrones (PM2.5): El promedio aritmético de monitoreo continuo durante 24 horas se encuentra por debajo del límite permisible señalado en la Normativa Ambiental Vigente, para todas las muestras analizadas.
- Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>): La concentración SO<sub>2</sub> en 24 (veinticuatro) horas se encuentra por debajo del límite permisible señalado en la Normativa Ambiental Vigente, para todas las muestras analizadas.
- Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>): La concentración SO<sub>2</sub> para un periodo de 10 (diez) minutos se encuentra por debajo del límite permisible señalado en la Normativa Ambiental Vigente, para todas las muestras analizadas.
- Monóxido de carbono (CO): La concentración CO de las muestras determinadas de forma continua en un periodo de 8 (ocho) horas se encuentra por debajo del límite permisible señalado en la Normativa Ambiental Vigente, para todas las muestras analizadas.
- Monóxido de carbono (CO): La concentración máxima de CO en 1 (una) hora se encuentra por debajo del límite permisible señalado en la Normativa Ambiental Vigente, para todas las muestras analizadas.
- Ozono (O<sub>3</sub>): La máxima concentración de ozono obtenida mediante muestra continua en un periodo de 8 (ocho) horas se encuentra por debajo del límite permisible señalado en la Normativa Ambiental Vigente, para todas las muestras analizadas.
- Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>): La concentración máxima de NO<sub>2</sub> en 1 (una) hora se encuentra por debajo del límite permisible señalado en la Normativa Ambiental Vigente, para todas las muestras analizadas.
- Óxido de nitrógeno (NO): La concentración máxima de NO en 1 (una) hora se encuentra por debajo del límite permisible señalado en la Normativa Ambiental Vigente, para todas las muestras analizadas.

### **7.1.4 Geología**

#### **7.1.4.1 Metodología**

##### **7.1.4.1.1 Etapa 1**

Recopilación de la información bibliográfica del área de estudio en libros, publicaciones científico-técnicas, tesis, mapas, instituciones con investigaciones afines, informes técnicos, trabajos anteriores. Toda la información utilizada se obtuvo a través de la búsqueda por medios informáticos (motor de búsqueda) principalmente de las plataformas del Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE) y SigTierras,

así como la descarga de documentos por medio del buscador Google Académico y documentos de libre acceso disponibles en el internet.

El análisis de trabajos previos e investigaciones concernientes al área de estudio abarcaron principalmente la revisión de los siguientes apartados:

- Mapa Geológico de la República del Ecuador, Escala 1:1000000 del ex Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico (INIGEM) del 2017.
- Hojas Geológicas escala 1:100 000 Las Aradas y Nangaritza disponibles en la plataforma del Instituto de Investigación Geológico Energético
- Mapa Hidrogeológico del Ecuador escala 1:250 000 de ESPOL TECH del 2014.
- Información y shapefiles disponibles en la plataforma digital del Ministerio de Agricultura (2015-2019) y varios artículos científicos.

#### **7.1.4.1.2 Etapas 2**

Se realizó el control de campo mediante la observación de las características geológicas, geomorfológicas, uso de suelos, toma de muestras de suelo en sitios distribuidos dentro del área. Se recolectó 500 gramos de suelo en cada estrato presente por sitio a través de la excavación de calicatas de 1 m<sup>2</sup> por 1 m de profundidad.

La investigación para la caracterización edafológica se basó en la descripción de perfiles por medio de calicatas abiertas en sitios representativos y observaciones detalladas realizadas en calicatas de 1 m<sup>2</sup> y 1 metro de profundidad suficiente para estudiar los horizontes superficiales locales.

El paisaje presente en la zona se analizó mediante el conjunto del medio, contemplando a éste, como indicador y síntesis de las interrelaciones entre los elementos inertes como rocas, agua, aire y los elementos vivos como plantas, animales y personas. Desde esta perspectiva, la metodología que se utilizó para evaluar el paisaje se desarrolla en base de una valoración subjetiva directa que se realizó a partir de la contemplación del paisaje.

#### **7.1.4.1.3 Etapas 3**

El análisis de los resultados de laboratorio de las muestras de suelo recolectadas se efectuó en base al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

#### **7.1.4.2 Contexto geodinámico del Ecuador**

La cordillera Andina Ecuatoriana se encuentra ubicada en el segmento Norte de los Andes, conformada por terrenos alóctonos además de fragmentos de corteza oceánica/ofiolíticos (Feininger & Bristow, 1980; McCourt, et al., 1984; Megard & Lebrat, 1987), los cuales a partir del Cretáceo medio fueron acrecionados al margen sudamericano (Eguez, 1986; Van Thournout, 1991) por la interacción o subducción de la Placa de Nazca bajo la Placa Sudamericana en la fosa ecuatoriana con un ángulo de 25-35° (Lonsdale, 1978). (Ver Figura 7.12)

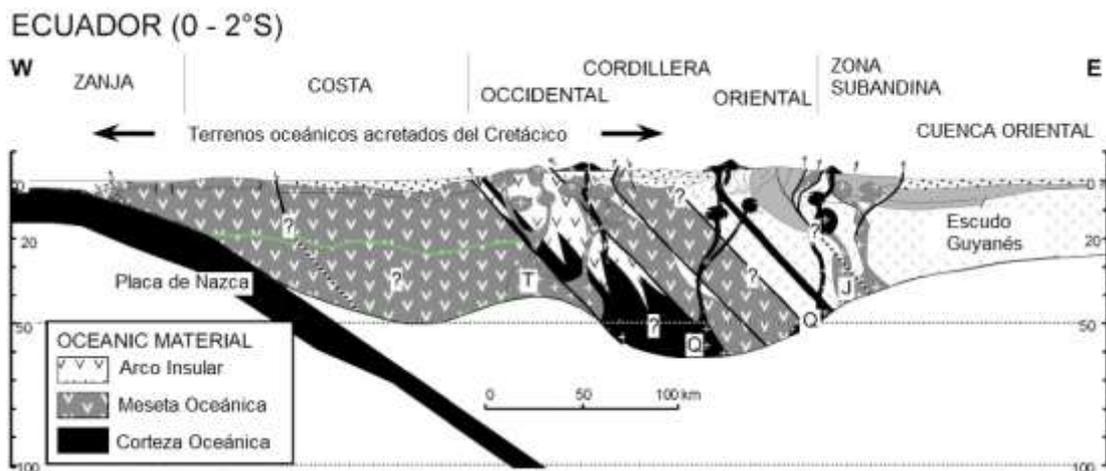


Figura 7-11 Convergencia Placa de Nazca y acrecionamiento de terrenos oceánicos

Fuente: Tomado de Jaillard et al., 2005

Según Lonsdale (2005) en el Terciario Temprano (66 M.a.), la placa oceánica Farallón empieza a separarse y moverse independientemente en placas y microplacas, producido principalmente por patrones estructurales a principios del Mioceno (23 - 5.3 M.a.), cuando la placa Farallón se fragmenta en la placa de Cocos, quedándose muy reducida y renombrándose como placa de Nazca e iniciando así su separación y posterior subducción contra el margen continental.

La placa de Nazca (Figura 7-11) se subduce de manera oblicua (N80°E) bajo la placa Sudamericana a una velocidad de 58-78mm/año (Trenkamp et al., 2002; Manchuel et al., 2009). Gutscher et al., (1999) plantea un modelo de subducción segmentado a lo largo de la fosa frente a las costas de Ecuador y propone un modelo de subducción plana en la zona coincidente de subducción de la Cordillera Carnegie.

El inicio de la subducción de la cordillera submarina de Carnegie (Figura 7-12), de 200 Km de ancho (Manchuel et al., 2009), generada por el paso de la placa oceánica de Nazca sobre el punto caliente Galápagos, con dirección aproximada E-O (Witt et al., 2006), probablemente empezó a finales del Plioceno hace ~5 M.a. (Lonsdale, 1978; Pedoja et al., 2006b; Pedoja et al., 2006c; Bourdon et al., 2003).

Pennington (1981) y Gutscher et al. (1999), mencionan que el arribo de la Cordillera de Carnegie a la fosa ecuatoriana inició el movimiento del bloque Norandino (Figura 7-12) con una tasa de 7-10mm/a (Kellogg y Vega, 1995; Kellogg y Mohriak, 2001; Trenkamp et al., 2002), y la apertura del Golfo de Guayaquil (Deniaud et al., 1999; Dumont et al., 2005a; Dumont et al., 2005b; Witt et al., 2006). La transferencia de deformación hacia el continente y el movimiento del BNA parecen ser consecuencia de un incremento en el acoplamiento en la zona de colisión de la Cordillera asísmica (Gutscher et al., 1999), siendo esta zona considerada como el mecanismo motriz del movimiento del bloque Norandino (Daly, 1989; Winter, 1993 en Gutscher et al., 1999).

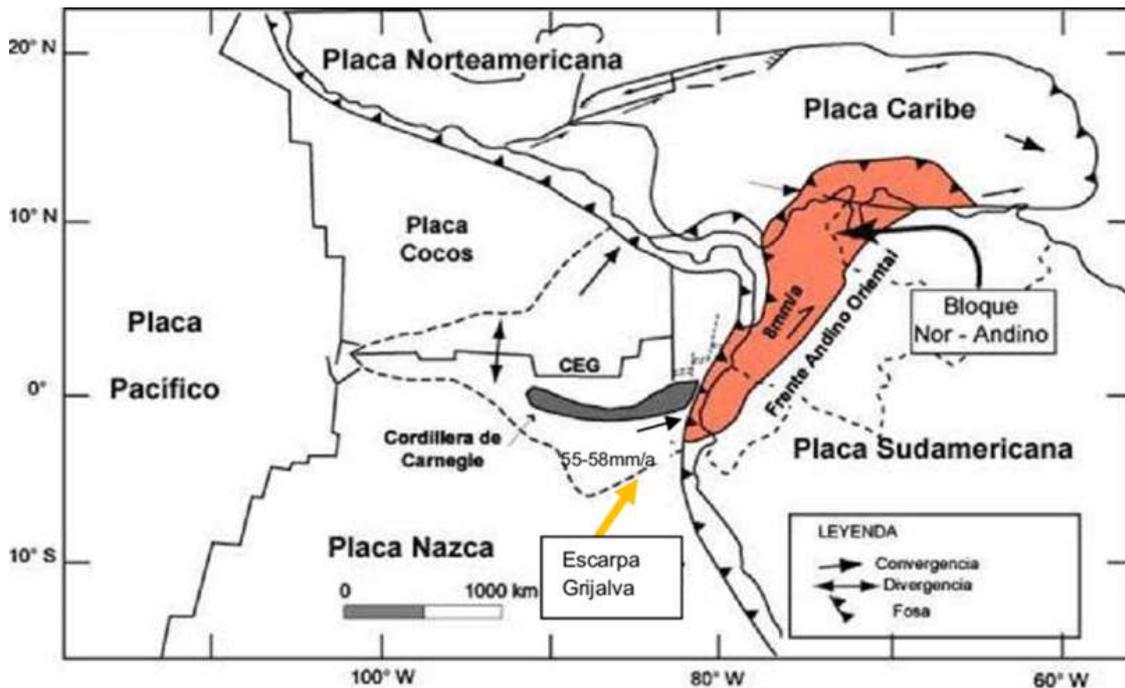


Figura 7-12 Esquema del marco geodinámico actual en el NO de Suramérica. El Bloque Nor Andino en color naranja, con un movimiento hacia el NNE

Fuente: modificado de Pennington, 1981

### 7.1.4.3 Geología regional

#### 7.1.4.3.1 Marco Estructural

Baby et al., (1999) menciona que las características geométricas y cinemáticas presentes en el modelo estructural se relacionan a una herencia pre-cretácica propia. Se evidencian tres dominios tectónicos: Dominio Occidental o Sistema Subandino, Dominio Central o Corredor Sacha Shushufindi y Dominio Oriental o Sistema Capirón – Tiputini (Figura 7-13). El Dominio Occidental siendo el sistema tectónico donde se emplaza el estudio, presenta las siguientes características:

- **Dominio Occidental o Sistema Subandino**

El Sistema Subandino permite observar la forma de las últimas deformaciones. Durante el Plioceno y el Cuaternario tuvo lugar principalmente el levantamiento y deformación de este dominio tectónico (presencia de lahares cuaternarios levantados). De norte a sur presenta tres zonas morfo – estructurales bien definidas:

#### i. **Levantamiento Napo**

Se define como un inmenso domo alargado de estructuras anticlinales con orientación NNE – SSO de la formación Napo del Cretácico Superior, comprende un área de 150 km (Endara, 1979) de largo entre los ríos Napo y Aguarico, limitado por fallas transpresivas, donde afloran básicamente las formaciones sedimentarias cretácicas y terciarias de la Cuenca Oriente.

## ii. Depresión Pastaza

Definida como zona de transición entre el levantamiento Napo y el levantamiento Cutucú, conformado por sedimentos neógenos y cuaternarios. Las fallas aumentan su cabalgamiento al contacto de la Zona Subandina con la Cordillera Oriental.

## iii. Cordillera Cutucú

Según Endara (1979) se asemeja al Levantamiento Napo, hacia el Norte, aunque es más pequeña, compleja y se caracteriza por dos culminaciones principales: a.) un anticlinal estrecho, situada al Oeste, donde afloran rocas Paleozoicas, y b.) dos anticlinales anchos al Este donde afloran rocas del Cretácico y Terciario.

Asimismo, se caracteriza por un cambio de orientación de N – S a NNO – SSE de las estructuras y la aparición de formaciones Triásicas y Jurásicas (Santiago y Chapiza).

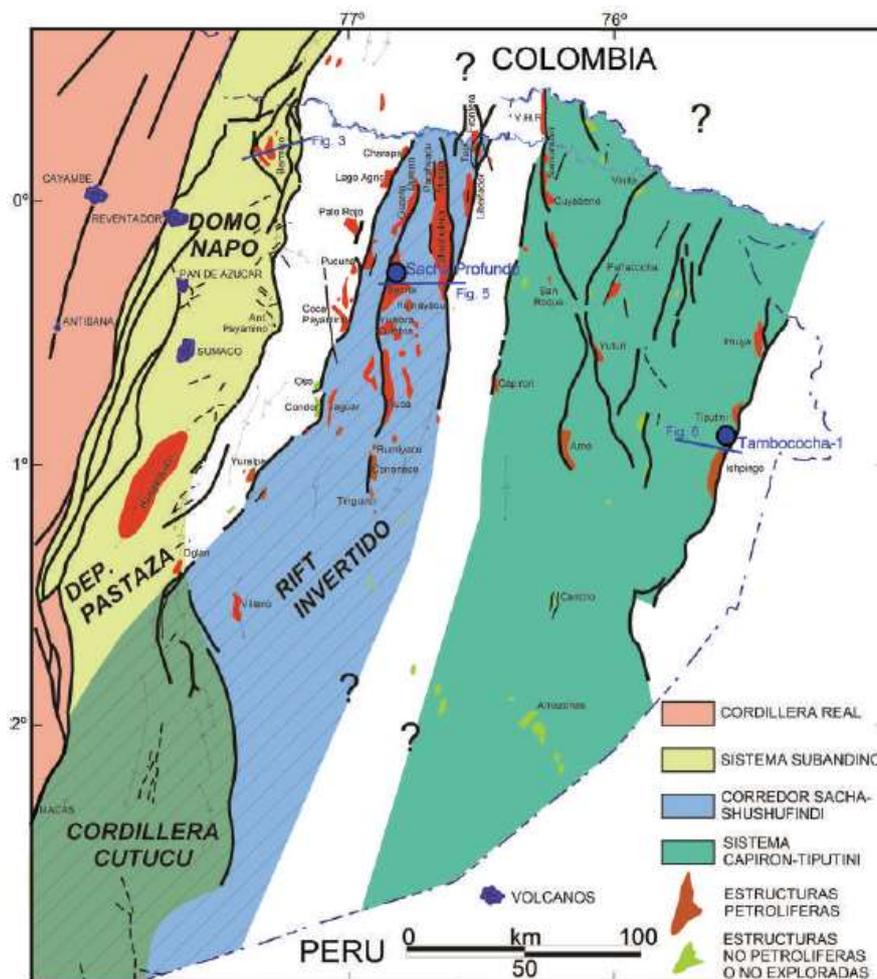


Figura 7-13 Dominios Tectónicos y Zonas Morfo-estructurales

Fuente: Baby et al. (2014).

#### **7.1.4.3.2 Litoestratigrafía regional**

El Ecuador continental se encuentra dividido en tres grandes provincias geológicas como lo son la Sierra o Cordillera Andina, el Oriente o Cuenca Amazónica y la Costa o Planicie Costera.

La Cordillera Andina está conformada por dos cadenas montañosas paralelas, al occidente la Cordillera Occidental y al oriente la cordillera Real, separadas por el callejón Interandino. La Cordillera Occidental está constituida principalmente por rocas volcánicas basálticas, terrenos oceánico alóctonos marinos acrecionados y volcanoclásticas del Mesozoico tardío al Cenozoico temprano y turbiditas clásticas instruidas por granitoides del Terciario medio al tardío, sobrepuestas por margen continental post Eocénico, principalmente secuencias volcánicas calco- alcalinas ácidas a intermedias.

La Cordillera Real está conformada por cinturones lineales de rocas metamórficas, intruídas por granitoides del Mesozoico temprano de tipo I así como de tipo S, cubiertos en gran medida por volcánicos del Cenozoico. El Valle Interandino está cubierto por extensas secuencias volcanosedimentarias Terciarias y anteriores al Oligoceno-Mioceno, rodeadas por fallas activas. La Planicie Costera presenta una morfología de bajo relieve representando una cuenca o serie de cuencas de antearco del Cretácico tardío al Cenozoico, subyacidas por corteza oceánica básica aflorantes en las cordilleras costeras.

La Cuenca Oriente o Amazónica representa una cuenca sedimentaria de trasarco Mesozoica a Cenozoica. El basamento cratónico antiguo esta sobreyacido también por una secuencia de plataforma carbonatadas, así como secuencias de materiales de diferente tamaño por regresiones y transgresiones marinas. Estas secuencias se encuentran intruídas por grandes batolitos granitoideos en la zona más occidental (zona Subandina o Cordillera Oriental), sector de fallamiento y plegamiento entre el borde Oriente y la Sierra.

Las macroestructuras geológicas cercanas a la zona de estudio según el Mapa Geológico de la República del Ecuador (IIGE, 2017) muestra al NO el Canal de Jambelí, dentro del Golfo de Guayaquil el cual separa la Isla Puná del territorio continental de la provincia de Guayas y la de El Oro. En el costado NNE, E y SSE se ubica las estribaciones de la Cordillera Occidental conformada por volcánicos ígneos intrusivos y extrusivos con lineamientos estructurales de dirección preferencial NE-SO y NO-SE.

##### **7.1.4.3.2.1 Litologías Pre- a sin- batolíticas**

#### **Secuencias volcánicas mesozoicas**

Litherland et al., (1994) reportó a la unidad Piuntza en la cordillera del Cóndor como una secuencia sedimentaria calcárea; calizas y lutitas intercalada con brechas volcánicas, andesitas basálticas y areniscas de período Triásica (Ivimey-Cook and Morris, 1989). Drobe et al., (2013) adhiere a esta unidad las rocas volcánico – clásticas y volcánicas afectadas por la intrusión del batolito de Zamora.

La Formación Santiago en la cordillera Cutucú está conformada de calizas negras, lutitas y areniscas calcáreas con presencia de facies volcánicas (Tschopp, 1953), de período Jurásico Inferior (Ivimey-Cook and Morris, 1989). A continuación, se observa

Sobreyaciendo a la Formación Chapiza compuesta por red beds, conglomerados, areniscas y limolitas rojas continentales (Jaillard et al., 1997), de período Jurásico Medio a Superior (Litherland et al., 1994)

### **Unidad Piuntza**

En la base se compone de conglomerados, oligomíticos, con clastos de chert, cuarzo azul, cuarcitas y fragmentos andesíticos, en la parte media está conformado por secuencias de limolitas con clastos volcánicos y tobas de cristales de color gris y rosado y al tope de la unidad se constituye de intercalaciones de brechas volcánicas, matriz soportada, mal sorteada, con abundantes fragmentos de andesitas y andesitas basálticas.

### **Formación Santiago**

Sobreyacen discordantemente a la Unidad Piuntza. La base está representada por el Miembro Río Santiago, se conforma de intercalaciones estratificadas de calizas mudstone, wackstone y lutitas calcáreas con abundantes fósiles. La parte media la representa el Miembro Yuquianza, compuesto por finas intercalaciones de areniscas masivas y lutitas calcáreas, con tendencia estratocreciente, discordantemente se depositó el Miembro Patuca conformado por brechas volcánicas, andesitas, andesitas volcánicas, peperitas y areniscas volcánicas con microslumps, clastos soportados y gradación inversa. En el tope de la Formación el Miembro Puchimi se caracteriza por potentes estratos de lodolitas negras con carbón y abundantes bivalvos y amonites, cubiertas en concordancia por intercalaciones de areniscas con estratificación cruzada.

### **Formación Chapiza**

Sobreyacen discordantemente a la Formación Santiago. Su base se caracteriza por areniscas canalizadas, finas a medias con estratificación cruzada, gradación normal, y ripples de corrientes intercaladas entre gruesos paquetes de limolitas arenosas rojas mientras que en la parte media se observan niveles de yeso y anhidrita.

### **Formación Yaupi**

Sobreyacen concordantes a la formación Chapiza, compuesta por conglomerados de cuarzo, lutitas con clastos volcánicos, lodolitas con materia orgánica, areniscas limosas con ripples de corriente, y niveles volcánicos de andesitas basálticas, andesitas, dacitas, riolitas y tobas de cristales, es común observar brechas volcánicas polimícticas, entre niveles volcánicos,

La secuencia de volcánicos mesozoicos es sobreyacida en discordancia angular por la secuencia cretácica de la Formación Hollín.

### **Formación Misahuallí**

Litherland et al. (1994) argumenta que las rocas que componen la formación (edades de 230 a 143 Ma) son principalmente rocas volcánicas calco-alcalinas de arco magmático continental, consiste de lavas andesíticas-dacíticas, basaltos y piroclastos

con esporádicos sedimentos interestratificados los cuales están asociados en varios sitios con intrusiones porfídicas subvolcánicas.

#### **7.1.4.3.2.2 Batolito de Zamora**

Su composición varía principalmente de intrusivos multifase predominantemente conformado por series de magnetita de granodioritas hornbléndicas-biotíticas y dioritas hornbléndicas, además también existen intrusivos subvolcánicos finamente granulados probablemente asociados comagmáticamente con los volcánicos Misahuallí, la mayoría incluyen microdioritas y pórfidos de hornblenda+/-feldespato cuarzodiorítico a monzondiorítico, asimismo estas rocas localmente pueden presentar biotita y muscovita. Litherland et al. (1994) considera que la edad más confiable es 187+/-2Ma.

#### **7.1.4.3.2.3 Litologías post-batolíticas**

Durante el Cretácico-Cenozoico eventos transgresivos derivados del Este (Baldock, 1982) depositaron los sedimentos de la Formación Hollín (Albiano-Aptiano) conformada por areniscas blancas y cuarcitas alcanzando espesores entre 80 y 240 metros, estos sedimentos cubrieron discordantemente al Batolito de Zamora, Formación Misahuallí y otras unidades antiguas, sobreyaciendo estas formaciones se depositaron las Formaciones Napo y Tena, esta última representó el retiro del océano y el inicio de un ambiente continental de deposición proveniente de la proto cordillera Andina durante el Maestrichtiano tardío al Paleoceno (Wilkinson, 1982).

#### **7.1.4.3.2.4 Depósitos superficiales cuaternarios**

##### **Depósitos Coluviales**

Estos depósitos se localizan en zonas altas, en la parte inicial y media de las quebradas, compuestos por sedimentos de tamaños variables desde arenas a grandes bloques.

Son producto de la alteración y desprendimiento in situ de los macizos rocosos a lo largo de las laderas. Por lo general, están conformados por masas inestables de gravas (guijarros, cantos y bloques) angulosas transportadas por gravedad y agua bajo la forma de derrubios.

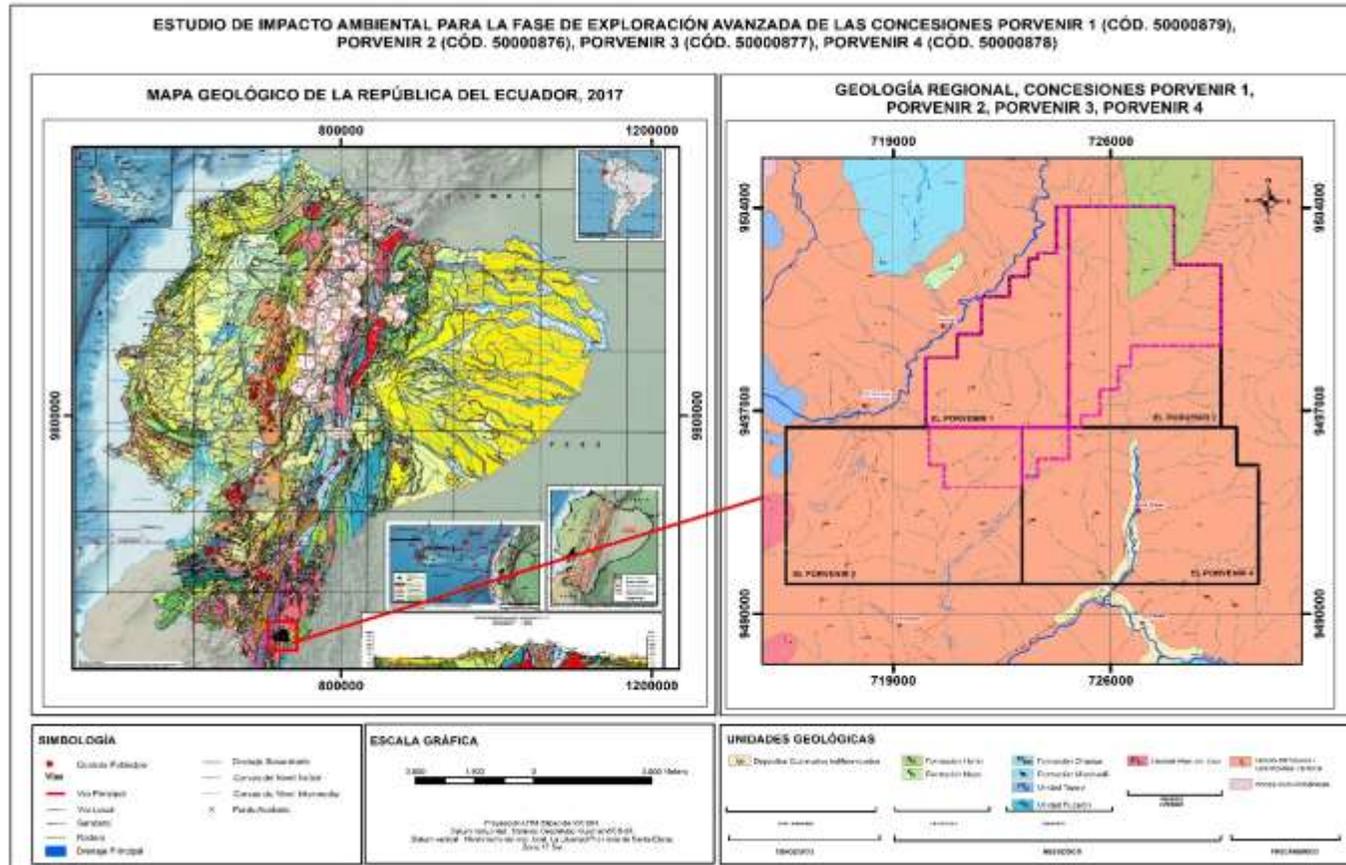


Figura 7-14 Ubicación y Geología Regional del Área de Estudio

Fuente: Instituto de Investigación Geológico y Energético IIGE, 2017  
 Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

#### 7.1.4.4 Geología estructural

El Mapa de Fallas y Pliegues Cuaternarios de Ecuador y Regiones Oceánicas Adyacentes (USGS y Escuela Politécnica Nacional, 2003) muestra que los lineamientos geológicos cercanos al área de estudio son las ramificaciones de la Falla 90 Numbala: 90a – Sección Norte, 90b – Sección Sur. En el documento Base de Datos y Mapa de Fallas y Pliegues del Cuaternario del Ecuador y sus Regiones Offshore (USGS y Escuela Politécnica Nacional, 2003) se caracteriza las fallas de la siguiente manera:

Tabla 7-16 Fallas geológicas regionales cercanas a la zona de estudio

NÚMERO DE FALLA / SECCIÓN		EC-90	EC-90a	EC-90b
NOMBRE DE FALLA / SECCIÓN		Numbala	Sección Norte	Sección Sur
CONFIGURACIÓN GEOLÓGICA Y SINOPSIS		La estructura yuxtapone el cinturón metamórfico al oeste con rocas volcánicas y sedimentarias no metamorfizadas al este.	----	----
GEOMETRÍA DE FALLA	Longitud	Determina desde GIS	97,1 km	42,9 km
	Rumbo promedio	----	N17°E±13°	N22°E±11°
	Buzamiento promedio	----	Desconocida, busa al oeste	
	Tipo de movimiento	----	Inversa	
EXPRESIÓN GEOMORFOLÓGICA		----	La falla está marcada localmente por echelones escalonados (escarpes).	La falla forma escarpes y controla los drenajes
TAZA DE DESLIZAMIENTO		Desconocido, probablemente <1 mm/año		
TIEMPO DE MOVIMIENTO MÁS RECIENTE		Cuaternario (<1,6 Ma)		

Fuente: USGS y Escuela Politécnica Nacional, 2003  
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

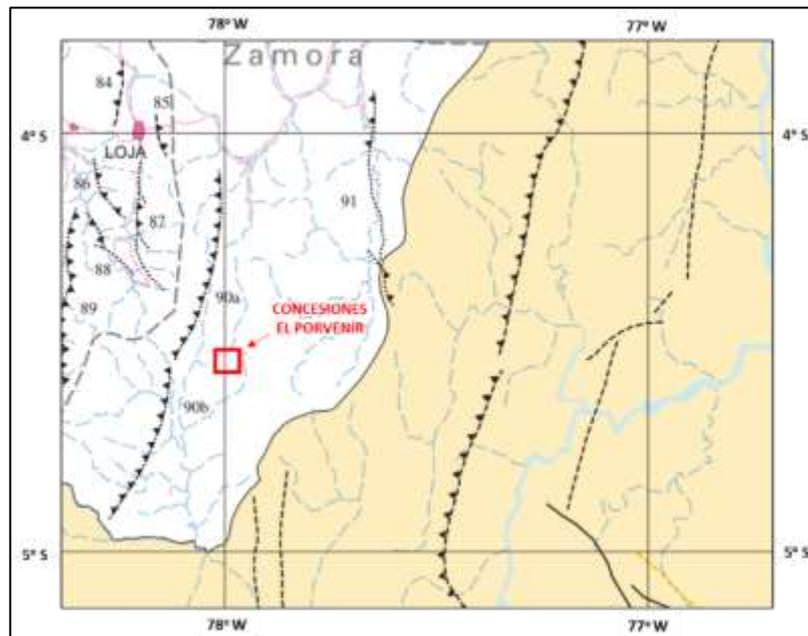


Figura 7-15 Geología Estructural del Área de estudio

Fuente: USGS y Escuela Politécnica Nacional, 2003  
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

#### 7.1.4.5 Geología local

La zona de estudio se ubica en el Distrito Minero de Zamora, considerado como un yacimiento de pórfido de cobre y oro, se emplaza dentro de dos fajas metalogénicas (Mapa Metalogénico de la República del Ecuador, escala 1:1 000 000):

- 1.) Skarn Au-Cu y Depósitos de reemplazamiento de carbonatos Pb-Zn Triásico – Jurásico, y
- 2.) Pórfidos Au-Cu-Mo del Jurásico Superior (IIGE, 2019)

El ambiente geológico de este tipo de yacimientos se caracteriza por generarse en zonas orogénicas, márgenes activos de subducción donde convergen e interactúan placas tectónicas, asimismo a arcos magmáticos ligados al proceso de subducción. Es decir se forman cuando el magma, producto de la fusión de material por convergencia de placas, asciende y se solidifica cerca de la superficie.

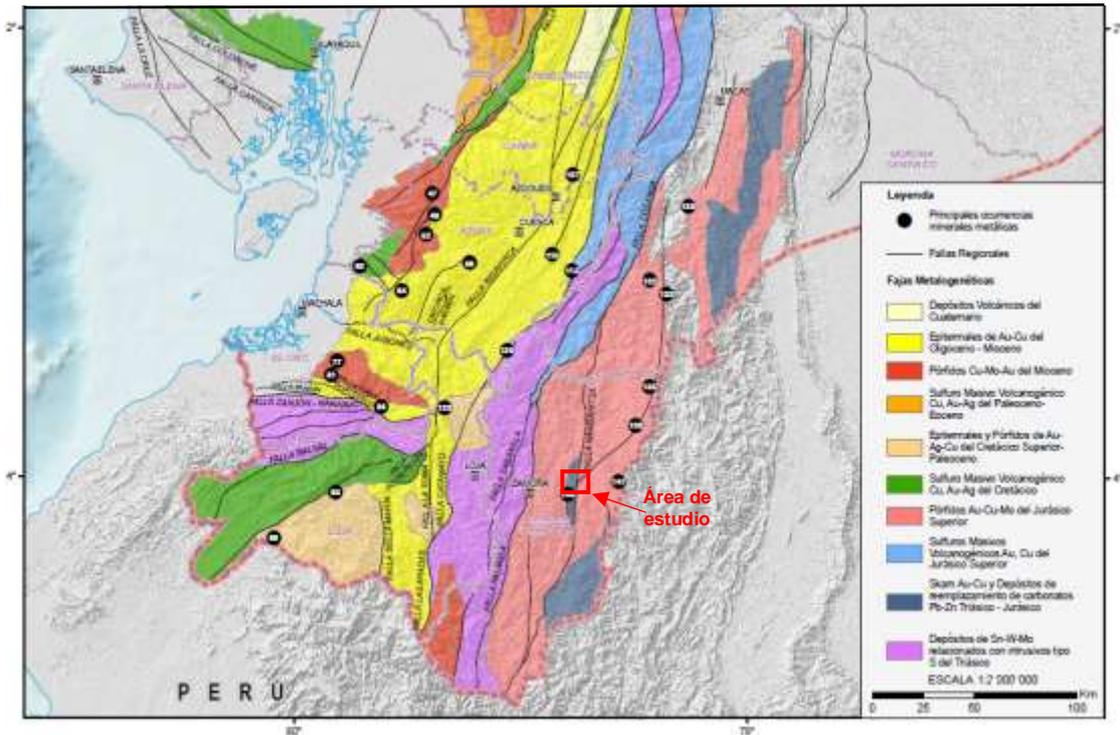


Figura 7-16 Fajas metalogénicas

Tomado: Mapa Metalogénico de la República del Ecuador, 1:1 000 000 (IIGE, 2017)  
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2024.

Mediante la Hoja Geológica escala 1:100.000 Las Aradas del INIGEM del año 2017 y Hoja Geológica de Nangaritza escala 1:100 000 del Servicio Geológico Nacional del año 2009; además, de los datos recopilados en la bibliografía disponible, se elaboró la Geología y Columna Estratigráfica de la zona de estudio. El área operativa de la concesión El Porvenir se asienta principalmente sobre terrenos Jurásicos del Complejo Intrusivo Zamora y terrenos Cretácicos de la Formación Hollín, además, durante la campaña de campo se constató la presencia de Depósitos coluviales de ladera. Estos depósitos superficiales al encontrarse en proceso de verificación por el IIGE, se los considera como no formales, por tanto no serán incluidos en el análisis de este estudio. A continuación, se detallan las formaciones geológicas antes mencionados.

A continuación, se detallan las formaciones – depósitos geológicos antes mencionados (Anexo I Cartografía, 1. Mapas\_pdf-08. Mapa de Geología Regional):

#### 7.1.4.5.1 Litoestratigrafía

##### a. Complejo Intrusivo Zamora

Comprende uno de los tres cuerpos batolíticos principales de la subdivisión plutónica Abitagua de la División Zamora, esta División se caracteriza principalmente por ser de afinidad calcoalcalina y no presenta deformaciones en su estructura.

El Batolito de Zamora conforma un complejo de intrusivos multifase predominantemente constituido por granodioritas hornbléndicas-biotíticas y dioritas hornbléndicas. Además, presenta intrusivos subvolcánicos finamente granulados probablemente asociados comagmáticamente con los volcánicos Misahuallí. Las fases más

desarrolladas incluyen stocks de monzogranitos y cuarzomonzonitas con biotita y muscovita (Prodeminca, 2000).

b. Formación Hollín

Conformada generalmente por areniscas cuarzosas blancas, de grano grueso – medio a fino, con escasos líticos de cherts, feldespatos y micas muy alteradas. Su selección varía de medianamente a poco seleccionada, en partes con estratificación cruzada y ondulitas, submadura a madura, con una predominancia de cuarzo mono a policristalino, La Formación presenta rasgos geomorfológicos característicos mesetas, escarpes verticales.

Tabla 7-17 Columna Litoestratigráfica del área de estudio

ERA	PERÍODO /ÉPOCA	NOMBRE	LITOLOGÍA	POTENCIA	CORRELACIÓN	SIMBOLOGÍA
Mesozoico	Cretácico	Formación Hollín	Areniscas cuarzosas blancas de grano grueso - medio a fino	80 -240 m	Sobreyacen discordantemente a las rocas del Complejo Intrusivo de Zamora, Formación Misahuallí, Formación Chapiza y Santiago.	$K_H$
	Jurásico	Complejo Intrusivo de Zamora	Constituido por rocas ígneas intermedias a ácidas de afinidad calcoalcalina, que no presenta deformación ni metamorfismo, generalmente se reportan granodioritas con cristales de hornblenda - biotita, cuarzomonzonitas, dioritas y raramente granitos, intruido por diques volcánicos de composición andesítica a basáltica	No definido	Cubierto en inconformidad por la Formación Hollín y Napo.	$J_Z$

Fuente: IIGE, 2017-2022

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

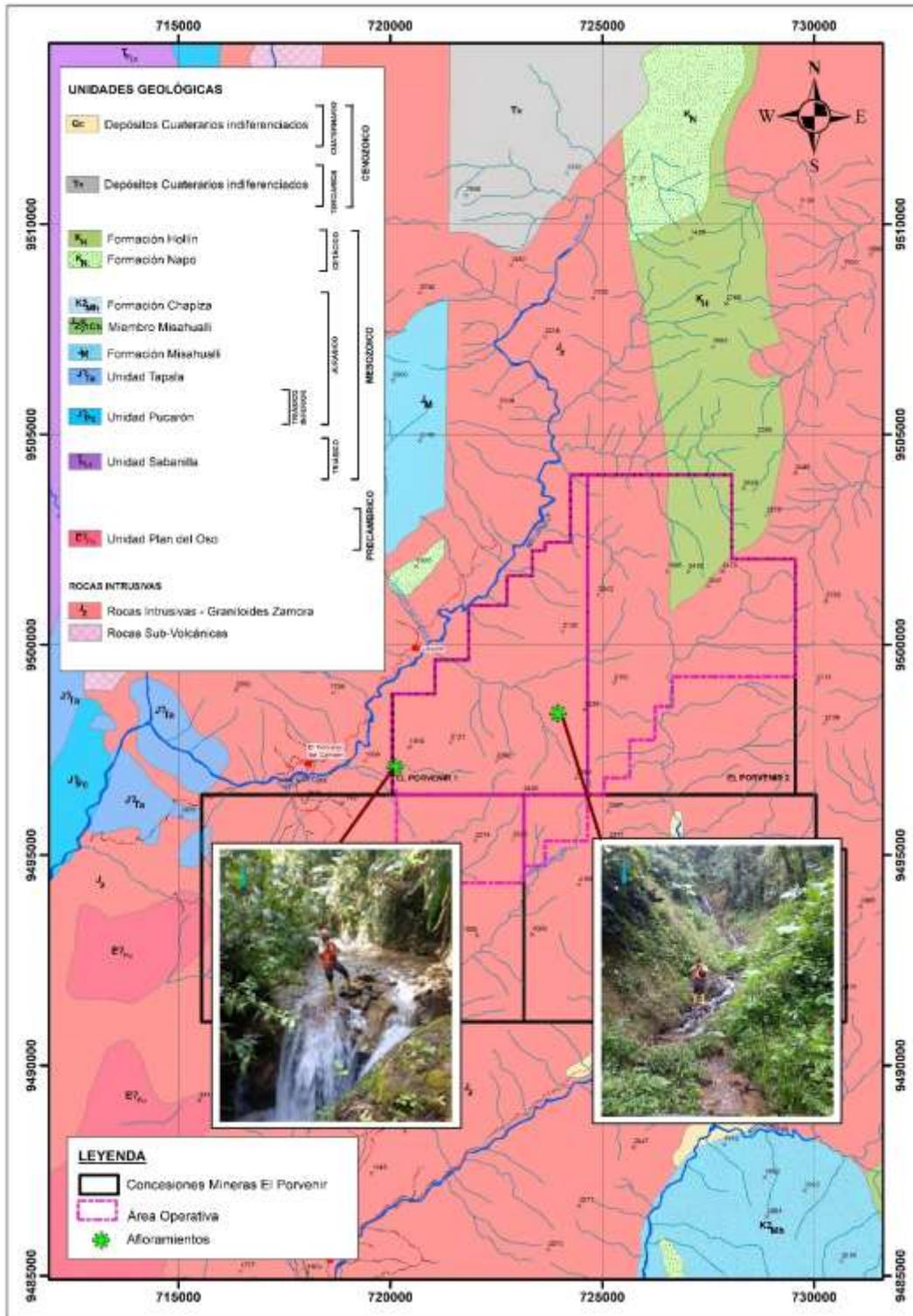


Figura 7-17 Mapa Geológico

Fuente: Hoja Geológica Las Aradas N° 58 escala 1: 100.000 INIGEMM 2017, Hoja Geológica Río Nangaritzta N° 78 escala 1: 100.000 del Servicio Geológico Nacional del año 2009.  
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2023

#### **7.1.4.5.2 Geología de detalle**

La información geológica levantada en las campañas de campo durante la exploración inicial por la empresa Solgold – Green Rock, se resume a continuación:

- Rocas volcánicas (JM): Roca de coloración verdosa, textura porfirítica con fenocristales de plagioclasa (30%) y hornblenda (5%) en una matriz fina (65%), no posee magnetismo.
- Cuarzo diorita (Qd JZ?): Roca de color gris, con textura equigranular de grano fino, compuesta por cuarzo (7%), máficos (30 %), y plagioclasa (63%). La roca no es magnética.
- Diorita (Dio JZ?): Roca de color verde oscuro de grano medio a fino y textura fanerítica, plagioclasa (30-40%), máficos (40%) en una matriz de grano fino y cuarzo (< 3%).
- Diorita porfirítica (Dp JZ?): De color gris verdoso, textura porfirítica, tamaño de grano medio, conformada por fenocristales subhedrales de cuarzo, plagioclasa y máficos dentro de una matriz de la misma composición. Presenta débil a moderado magnetismo y grado de meteorización leve en algunas zonas.
- Granodiorita (Gn JZ?): Roca de color gris claro de grano medio y textura fanerítica. Donde se identifican feldespatos de potasio tiene un color rosáceo leve (lucen como cuarzo monzonita reportada en el logueo de los testigos de perforación de Cacharposa). Contiene cuarzo (23%), feldespato de K (15%), máficos (12%) y plagioclasa (50%). Presenta leve magnetismo y es cortada por diques aplíticos blanquecinos.
- Cuarzo Monzonita: Roca de color gris rosáceo de grano medio a fino y textura porfirítica. Fenocristales de plagioclasa, feldespato de potasio y máficos en una matriz de grano fino de similar composición más cuarzo (ubicada junto a un contacto de granodiorita – tonalita – monzonita puntual, pero sin otros afloramientos visibles en la quebrada).
- Tonalita (Tn JZ?) (¿cuarzo diorita?): Roca de color gris claro, de grano medio y textura fanerítica, débil a moderado magnetismo, cristales de cuarzo (< 30%), máficos (biotita + hornblenda, 12%), plagioclasa (45-55%). Se observaron xenolitos de diorita en zonas puntuales.

A continuación, se presenta la Figura 7-18 Mapa con la geología de detalle de acuerdo con los trabajos de mapeos realizados en las concesiones. Adicionalmente, la figura se adjunta en el Anexo B. Línea Base, B1. Componente\_Físico, 4. Geología, imágenes 3 y 4, para una mejor visualización.

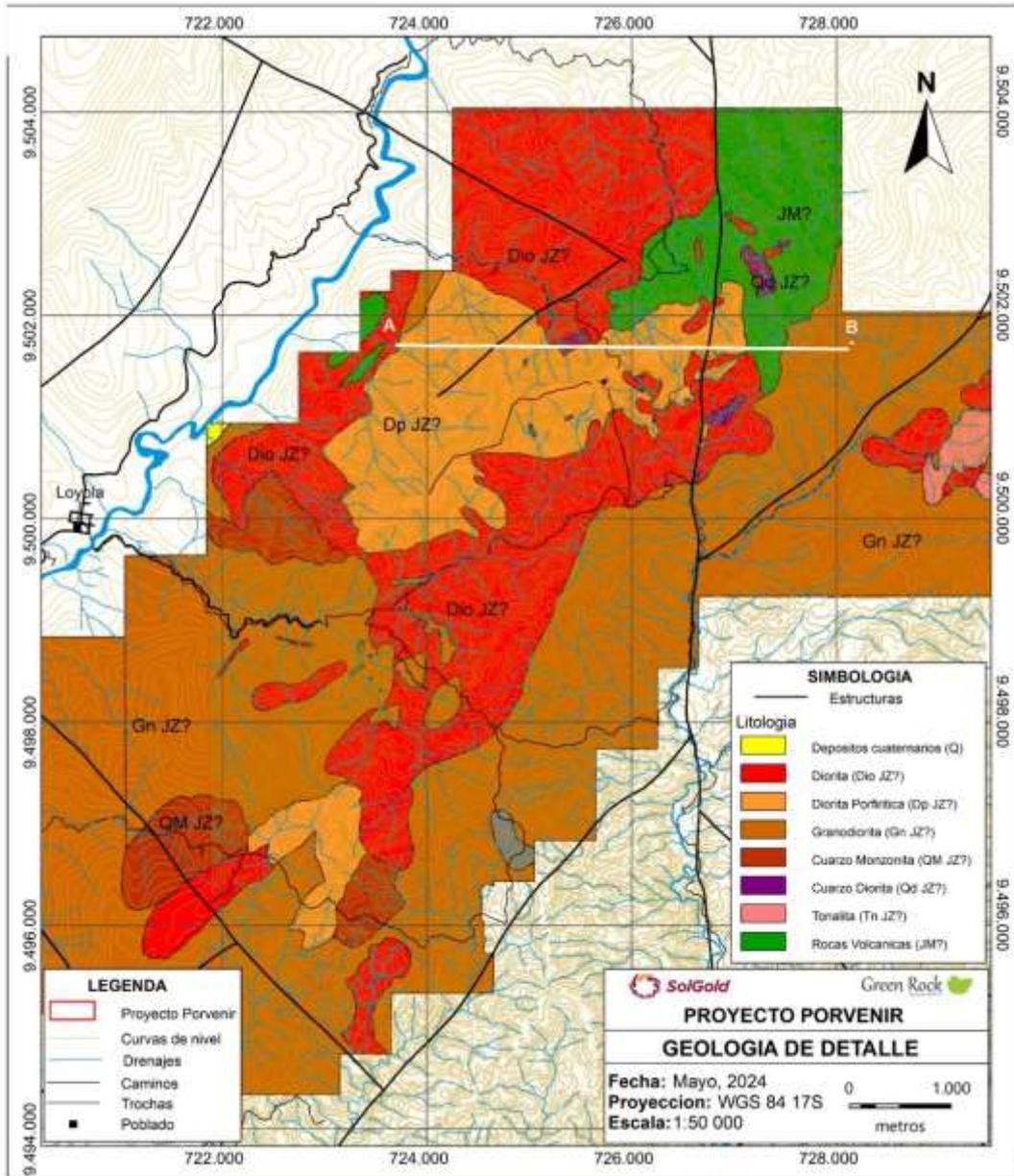


Figura 7-18 Mapa con la geología de detalle de acuerdo con los trabajos de mapeos realizados en las concesiones.

Fuente: Solgold – Green Rock (2024).

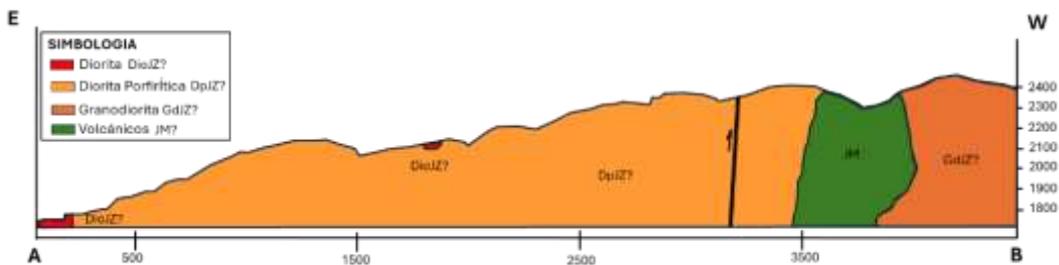


Figura 7-19 Corte geológico a través de la sección A-B, sentido Este – Oeste de la zona del depósito de Cacharposa.

Fuente: Solgold – Green Rock (2024).

#### **7.1.4.6 Geología económica.**

El proyecto está ubicado a unos 100 Km al norte de la frontera con Perú, en la provincia de Zamora Chinchipe y está ubicado dentro del segmento jurásico del cinturón de pórfidos andino, que alberga varios de los depósitos de cobre y oro más extensos e importantes del mundo.

La mineralización de la superficie en Cacharposa Creek muestra características geoquímicas del suelo y las rocas que a menudo son conspicuas en muchos depósitos de pórfido de clase mundial.

Los resultados más importantes de la prueba inicial del pozo dan cuenta de 147,8 m conteniendo 0,69% de CuEq inclusive; además de 82,63 m conteniendo 1,08% de CuEq.

En sitio se han detectado irregularidades en la estructura y composición del suelo y rocas, donde se identifica la posibilidad de existencia de un cuerpo mineral de buena Ley. Los datos recopilados sugieren la presencia de un pórfido de cobre/oro, por lo cual resulta interesante realizar actividades de exploración avanzada.

El proyecto Porvenir contiene mineralización de cobre y oro indicativa de un sistema de pórfido verticalmente extenso y bien conservado. Una Estimación de Recursos Minerales ("MRE") para el depósito Cacharposa ascendió a 396,8 Mt @ 0,44 % CuEq para 1,40 Mt Cu y 1,80 Moz Au en la categoría Indicada, más 96,9 Mt @ 0,37 % CuEq para 0,28 Mt Cu y 0,38 Moz Au en la categoría Inferidos, utilizando una ley de corte de 0,16% CuEq (SolGold, S/F).

#### **7.1.4.7 Caracterización del área de estudio**

Durante la campaña de campo se tomaron puntos aleatorios para registro de data geológica, principalmente en quebradas accesibles, aprovechando los afloramientos de material rocoso expuestos

##### **7.1.4.7.1 Afloramientos**

1. Coordenadas: 720116E, 9497086N WGS84 Zona 17S. Sector a 1 km al oeste de Palmal 1 Camp.  
Afloramiento en quebrada, masa rocosa muy compacta y alta dureza, de tonalidad gris claro y textura fanerítica equigranular, por medio de las características físicas de los minerales se visualizaron como minerales primarios: cuarzo , feldespatos potásicos alcalinos y plagioclasas de oligoclasa-andesita , y como minerales secundarios se identificaron máficos hornblendas lo cual provoca un leve magnetismo. Las características mineralógicas del afloramiento concuerdan con las rocas del Complejo Intrusivo de Zamora, Granodiorita.



Coordenadas: 720116E, 9497086N WGS84 Zona 17S/

Fotografía 7-1 Complejo Intrusivo de Zamora

Fuente y elaboración: Ecuambiente Consulting Group, abril 2023

2. Coordenadas: 723955E, 9498368N WGS84 Zona 17S. Sector Pineda Camp. Lecho rocoso de quebrada, masa rocosa de tonalidad grisácea de textura fanerítica, por medios de las características físicas de los minerales se visualizan como minerales principales feldespatos del grupo de las plagioclasas y minerales máficos de hornblenda y biotitas, como secundario cuarzo, la roca presenta magnetismo medio. Las características mineralógicas del afloramiento concuerdan con las rocas del Complejo Intrusivo de Zamora, Diorita.



Coordenadas: 723955E, 9498368N WGS84 Zona 17S

Fotografía 7-2 Complejo Intrusivo de Zamora

Fuente y elaboración: Ecuambiente Consulting Group, abril 2023

#### 7.1.4.8 Pendientes

De acuerdo con la información de SIGTIERRAS, 2019, la zona de estudio presenta generalmente pendientes que varían su inclinación de pendiente media a escarpada. A continuación, se presenta una tabla que resume los porcentajes de cobertura por tipo de pendiente. Así mismo, se presenta el mapa correspondiente en el Anexo \_Cartografía, 1.Mapas\_pdf, Mapa 25) Mapa de pendientes.

Tabla 7-18 Pendientes del área operativa

PENDIENTE	% PENDIENTE	ÁREA (HA)	% ÁREA
Escarpada	> 100 - 150 %	281,99	5,36
Fuerte	> 40 - 70 %	4183,63	79,52
Media	> 12 - 25 %	105,34	2,00
Media a Fuerte	> 25 - 40 %	237,83	4,52
Muy Fuerte	> 70 - 100 %	449,54	8,54
No Aplicable	No Aplicable	2,66	0,05
<b>TOTAL</b>		5260,99	100,00

Fuente: SIGTIERRAS, 2019

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

#### 7.1.4.9 Geomorfología

##### 7.1.4.9.1 Regiones y dominios fisiográficos

Según el MAGAP (2015), el sitio de estudio se asienta en la región amazónica dentro del Dominio Fisiográfico Vertientes externas de la cordillera Real la cual presenta la transición entre los modelos glaciales andinos y los relieves subandinos amazónicos. La altitud de este dominio varía entre 1000 msnm y 3500 msnm, la zona estudio presenta vertientes homogéneas sobre granitos y granodioritas.

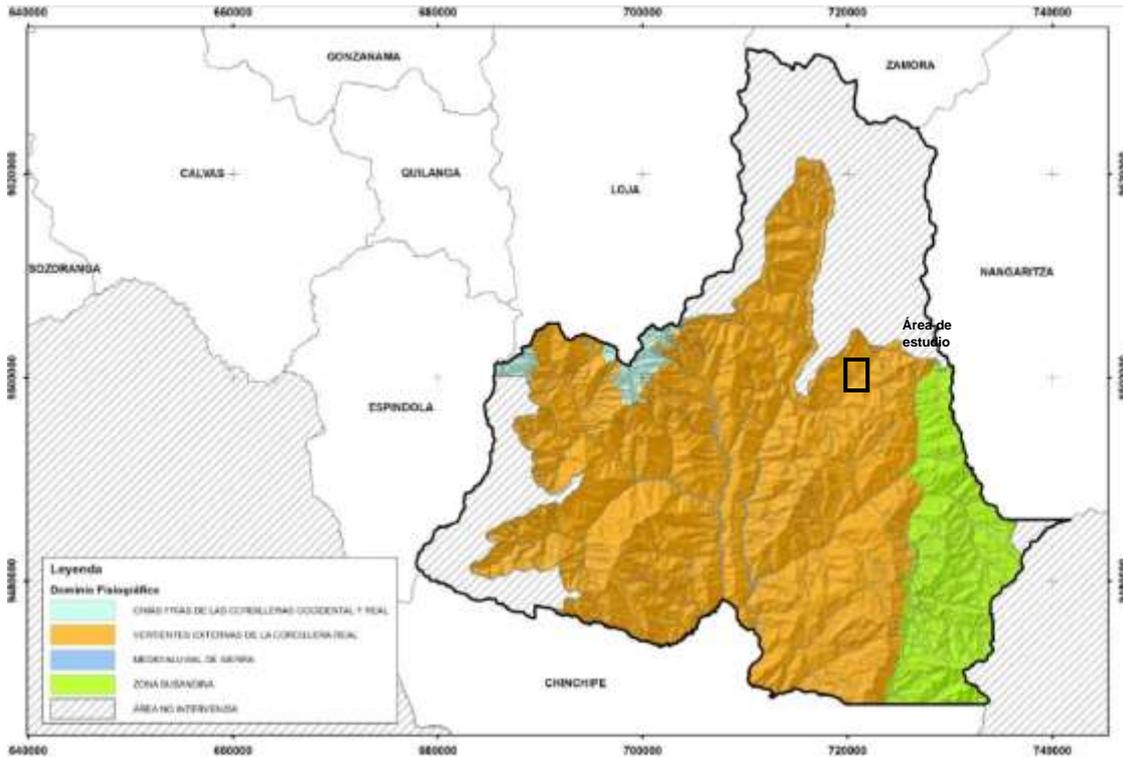


Figura 7-20 Región y Dominio Fisiográfico dentro del cantón Palanda

Fuente: Sigtierras, 2015

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

En las rocas ígneas intrusivas, principalmente representadas por los granitoides del Batolito de Zamora, el relieve presenta una disección mucho más homogénea y regular, sin orientaciones preferentes. A menudo la roca aparece con intensas alteraciones, tanto arenizaciones como otras en que se aprecian profundas argilizaciones y enriquecimiento en óxidos e hidróxidos de hierro (Anexo I. Cartografía, 1. Mapa\_pdf, mapa 09.1. Dominio Fisiográfico).

Tabla 7-19 Región y Dominio Fisiográfico

REGIÓN	DOMINIO FISIGRÁFICO
Amazonía	Vertientes externas de la Cordillera Real

Fuente: Sigtierras, 2015

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

#### 7.1.4.9.2 Contexto morfológico

Los contextos morfológicos presentes en el área de estudio, los cuales se ubican dentro de la parroquia El Carmen y en relación con el respectivo dominio fisiográfico y región al que pertenecen (Anexo I. Cartografía, 1. Mapa\_pdf, mapa 09.1. Dominio Fisiográfico), se presentan en la siguiente Tabla 7-20:

Tabla 7-20 Contexto morfológico

REGIÓN	DOMINIO FISIAGRÁFICO	CONTEXTO MORFOLÓGICO
Amazonía	Vertientes externas de la Cordillera Real	Vertiente oriental de la cordillera Real sin cobertura piroclástica
		Cordillera del Cóndor

Fuente: MAGAP, 2015-2019

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

a. Vertiente oriental de la cordillera Real sin cobertura piroclástica

Se caracteriza por presentar intensa alteración, disección homogénea, regular y densa y ausencia de direccionalidad en su modelado. Se encuentra un modelado tectónico-erosivo extenso representado por relieves colinados y montañosos y diferentes tipos de laderas.

b. Cordillera del Cóndor

El modelado predominante, muy homogéneo, da lugar a colinas y relieves montañosos de pronunciados desniveles, de cimas redondeadas y largas vertientes convexas. La red es densa y escasamente jerarquizada, característica de los cuerpos ígneos intrusivos, granitos y granodioritas, sobre los que se desarrolla. Las alteraciones adquieren una extraordinaria intensidad y extensión sobre estos materiales, tanto en forma de arenizaciones como en transformaciones a niveles arcillosos rojizos y rojizo-amarillentos, con cuarzo y ricos en hierro.

**7.1.4.9.3 Unidades geomorfológicas**

Las geoformas identificadas en el contexto morfológico determinado para la zona de estudio se resumen en la siguiente Tabla 7-21. Así mismo, en el Anexo I. Cartografía, 1. Mapa\_pdf, se remite el mapa 09. Mapa de Geomorfología.

Tabla 7-21 Unidades Geomorfológicas

CONTEXTO MORFOLÓGICO	GRUPO GENÉTICO	GEOFORMA	CARACTERÍSTICAS
Vertiente oriental de la cordillera Real sin cobertura piroclástica	Tectónico erosivo	Relieve colinado alto (R5)	Pendiente fuerte >40-70%. Desnivel relativo de 100 a 200 m. con longitudes entre 50 a más de 500 m, con formas rectilíneas, irregulares o mixtas. Los valles son en forma de V y las cimas son agudas o redondeadas.
		Relieve colinado muy alto (R6)	Pendiente: media a fuerte >25-40%, fuerte >40-70%. Desnivel relativo de 200 a 300 m, con longitudes mayores a 250 m y con formas son mixtas, irregulares o rectilíneas. Las cimas de estos relieves son agudas o redondeadas y generan valles en V.
		Relieve montañoso (R7)	Pendiente: fuerte >40-70%, muy fuerte >70-100%. Desnivel relativo superior a 300 m, longitud mayor a 500 m, Las cimas tienen forma tanto aguda como redondeada y los valles forma de V.
	Poligénicas	Coluvio aluvial antiguo (Co)	Pendiente: media >12-25%, media a fuerte >25-40%. Forma de valle tanto planas como en V y en algún caso con forma de U.

CONTEXTO MORFOLÓGICO	GRUPO GENÉTICO	GEOFORMA	CARACTERÍSTICAS
	Laderas	Vertiente heterogénea (Lh)	Pendiente muy fuerte >70-100%. Desnivel relativo >200 m, longitud larga 250 m a muy larga 500 m.
		Coluvión antiguo (Col2)	Pendiente: media >12-25%, fuerte >40-70%. Desniveles variables de 5 a más de 300 m y longitudes mayores a 50 m.
	Erosión fluvial	Barranco (E2)	Pendiente muy fuerte >70-100%
		Valle en V (Vv)	Pendiente escarpada >100-150%
	Fluvial	Barranco (E2)	Pendiente: fuerte >40-70%
Cordillera del Cóndor	Tectónico erosivo	Relieve colinado medio (Rt4)	Pendiente fuerte >40-70%. Desnivel relativo de 50 a 100m, con longitudes de 50 a 500 m. Las cimas de los relieves tienden a ser redondeadas, aunque también se dan formas agudas y los valles tienen forma de V
		Relieve montañoso (R7)	Pendiente: fuerte >40-70%, muy fuerte >70-100%, escarpada >100-150%. Desnivel relativo superior a 300 m, longitud mayor a 500 m, Las cimas tienen forma tanto aguda como redondeada y los valles forma de V.
	Laderas	Vertiente heterogénea (Lh)	Pendiente: media a fuerte >25-40%, fuerte >40-70%. Desnivel relativo >200 m, longitud larga 250 m a muy larga 500 m.
	Erosión fluvial	Barranco (E2)	Pendiente muy fuerte >70-100%
	Fluvial	Valle en V (Vv)	Pendiente fuerte >40-70%

Fuente: MAGAP, 2019

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

En la siguiente tabla se presenta el porcentaje de cobertura de cada geoforma en el área operativa, así como la infraestructura que la interseca.

Tabla 7-22 Cobertura geoformas e infraestructura

GEOFORMA	ÁREA (HA)	% GEOFORMAS	INFRAESTRUCTURA EXISTENTE	INFRAESTRUCTURA A IMPLEMENTAR
BARRANCO	366,59	6,97	PDH-21-011 PDH-21-013	Plataformas: 78, 85, 89, 38, 80, 61, 63, 111, 117, 112, 6, 18, 24, 31, 22, 127, 133, 137, 138, 180, 171, 163, 182, 203, 213, 222, 194, 215, 36
COLUVIO ALUVIAL ANTIGUO	130,86	2,49	-	Plataformas: 241, 261, 262, 263
COLUVIÓN ANTIGUO	46,78	0,89	-	Plataformas: 216, 217, 226
NO APLICABLE	2,66	0,05	-	-
RELIEVE COLINADO ALTO	191,26	3,64	-	Plataformas: 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 129, 130, 142, 145, 149, 153, 150, 154, 128
RELIEVE COLINADO MEDIO	5,58	0,11	-	-
RELIEVE COLINADO MUY ALTO	4,68	0,09	-	-
RELIEVE MONTAÑOSO	4237,38	80,54	MDH-21-001,MDH-21-002, VDH-21-001, VDH-21-002, PDH-21-006,PDH-21-009, PDH-21-014, PDH-21-016, PDH-21-018, PDH-21-020, PDH-21-022, PDH-21-024, PDH-22-027, PDH-20-004, PDH-21-007, PDH-21-015, PDH-21-017, PDH-21-025, PDH-21-023, PDH-20-005, PDH-21-008, PDH-21-010, PDH-21-012, PDH-21-026, PDH-20-001, PDH-20-002, PDH-20-003, PDH-21-019, PDH-21-021	Campamentos: Castillo, Balmore, Diablo, Pineda, Palmal, Palmal 1, Palmal 2 Helipuertos: Helipuerto 1- objetivo Diablo, Helipuerto 3 - objetivo Pineda, Helipuerto 4 - objetivo Palmal, Helipuerto 5 - objetivo Palmal 1, Helipuerto 6 - Objetivo Palmal 2  Plataformas: 16, 159, 17, 160, 19, 161, 21, 162, 23, 164, 25, 165, 26, 166, 27167, 28, 168, 29, 169, 30, 170, 32, 172, 33, 173, 34, 174, 35, 175, 37, 176, 39, 177, 40, 178, 41, 179, 42, 181, 43, 183, 44, 184, 45, 185, 46, 186, 47, 187, 48, 188, 49, 189, 50, 190, 52, 191, 53, 192, 54, 195, 55, 196, 56, 197, 57, 198, 58, 199, 59, 200, 60, 201, 62, 202, 64, 207, 65, 208, 66, 209, 67, 210, 68, 211, 69, 212, 70, 218, 71, 219, 72, 220, 73, 221, 74, 227, 75, 228, 76, 229, 77, 231, 79, 232, 81, 233, 82, 235, 83, 236, 84, 237, 86, 238, 87, 239, 88, 240, 90, 242, 91, 243, 92, 244, 93, 245, 94, 246, 95, 247, 96, 248, 97, 249, 98, 250, 99, 251, 100, 252, 101, 253, 102, 254, 103, 255, 104, 256, 105, 257, 106, 258, 107, 259, 108, 260, 109, 264, 110, 265, 113, 266, 114, 267, 115, 268, 116, 269, 118, 270, 131, 271, 132, 272, 134, 273, 135, 274, 136, 275, 139, 276, 140, 277, 141, 278, 143, 279, 144, 280, 146, 281, 147, 282, 148, 283, 151, 284, 152, 285, 155, 286, 156, 288, 157, 289, 158, 290.
VALLE EN V	14,98	0,28	-	-
VERTIENTE HETEROGENEA	260,24	4,95	-	Plataformas: 5, 10, 11, 1, 2, 3,4, 7, 8, 9, 12, 13, 14, 15, 193, 204, 205, 214, 223, 230, 234, 224 225
TOTAL	5260,99	100,00	-	-

Fuente: SIGTIERRAS, 2019, Soldgold 2023  
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

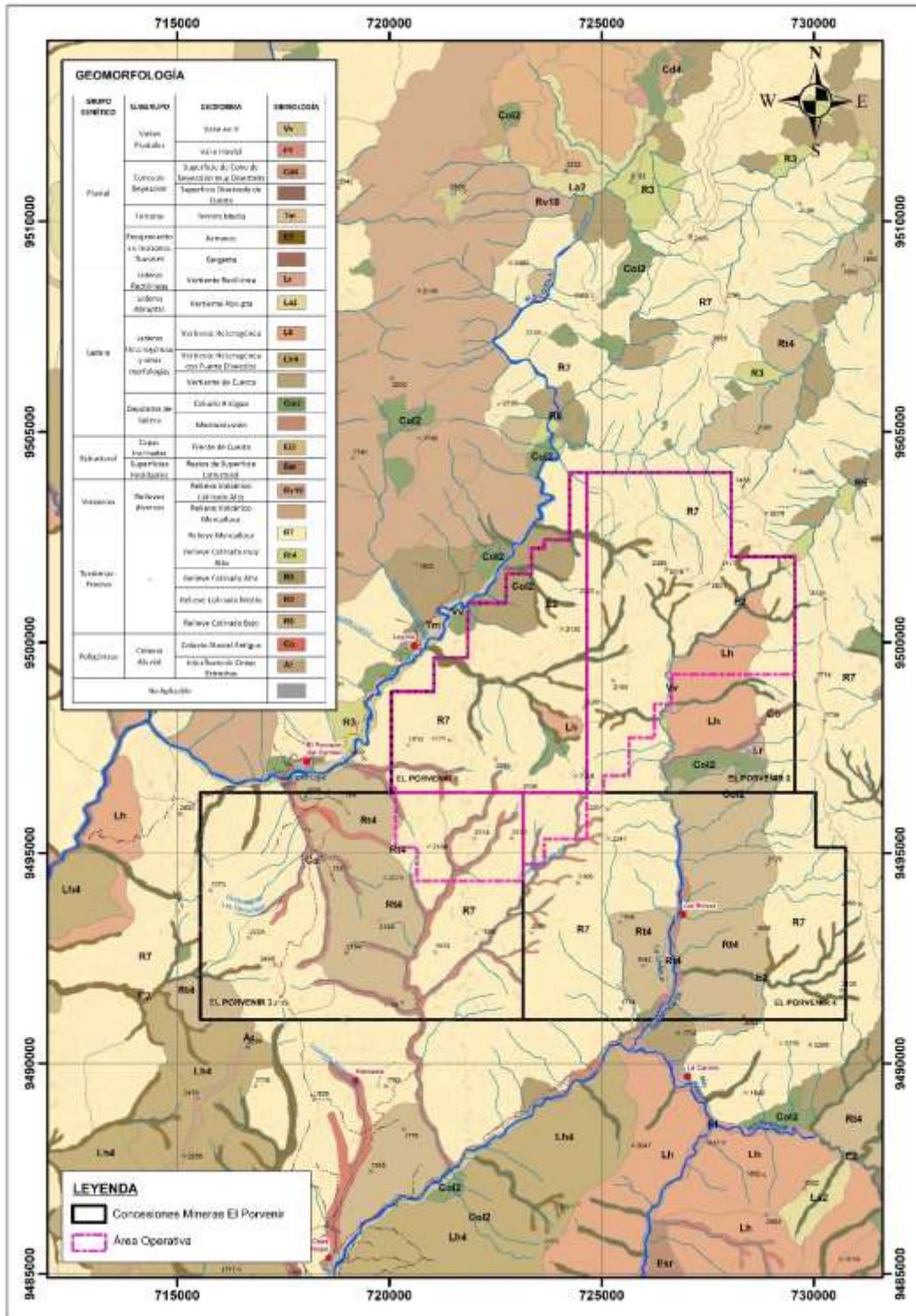


Figura 7-21 Mapa Geomorfológico

Fuente: SIGTIERRAS, 2019  
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

A continuación se presentan fotos de las geofomas identificadas en campo.



Fotografía 7-3 Vertiente heterogénea  
724570E / 9498078N WGS84 17s  
Referencia: Bartolo House  
Fecha:15/04/2023



Fotografía 7-4 Relieve montañoso  
723791E / 9498719N WGS84 17s  
Referencia: Pineda Camp  
Fecha:15/04/2023



Fotografía 7-5 Barranco  
725508E / 9501079N WGS84 17s  
Referencia: Cacharposa Camp  
Fecha:16/04/2023



Fotografía 7-6 Relieve colinado medio  
729336E / 9501859N WGS84 17s  
Referencia: Merino Camp  
Fecha:21/04/2023



Fotografía 7-7 Relieve colinado muy alto  
720272E / 9495747N WGS84 17s  
Referencia: extremo SO del área operativa  
Fecha:25/04/2023



Fotografía 7-8 Valle en V  
726828E / 94996217N WGS84 17s  
Referencia: Merino 1 House  
Fecha:26/04/2023



Fotografía 7-9 Coluvión antiguo  
723637E / 9497160N WGS84 17s  
Referencia: Bartolo House  
Fecha:19/04/2023



Fotografía 7-10 Coluvio aluvial antiguo  
721318E / 9496807N WGS84 17s  
Referencia: Palmal 1 camp  
Fecha:21/04/2023

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

#### 7.1.4.9.4 Estabilidad geomorfológica

En la estabilidad geomorfológica se correlacionan las características litológicas, morfológicas y pendientes, para así estimar y darle un valor cualitativo a cada una de las Geoformas presentes en el sitio. El resumen y ponderación de la estabilidad geomorfológica se detalla en la siguiente Tabla:

Tabla 7-23. Estabilidad geomorfológica

GEOFORMAS	PENDIENTES	FORMACIÓN	ESTABILIDAD GEOMORFOLÓGICA	SÍMBOLO
Barranco	>40-100 %	Batolito Zamora	Zona inestable	E3
Coluvio aluvial antiguo	>5-25 %	Depósito coluvio aluvial	Zona inestable	E3
Coluvión antiguo	>12-40 %	Depósito coluvio aluvial	Zona inestable	E3
Relieve colinado alto	>40-70 %	Batolito Zamora	Zona estable	E1
Relieve colinado medio	>40-70 %	Batolito Zamora	Zona estable	E1
Relieve colinado muy alto	>25-70 %	Batolito Zamora	Zona estable	E1
Relieve montañoso	>40-70 %	Batolito Zamora	Zona medianamente estable	E2
Vertiente heterogénea	>70-100% >25-40	Batolito Zamora	Zona medianamente estable	E2
Valle en V	>40-70% >100-150%	Batolito Zamora	Zona estable	E1

Fuente: MAGAP, 2019

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

Considerando que gran parte del área de estudio está conformado por rocas magmáticas intrusivas, se estimó que la estabilidad geomorfológica varía de zonas medianamente estables (E2) a estables (E1), únicamente los depósitos formados por

gravidad fueron considerados como inestables (E3) sin embargo, es importante aclarar que el alcance de este estudio no permite determinar o ponderar características cuantitativas de la estabilidad, ya que para ello se necesitaría un estudio más detallado y específico del tema.

Además, se debe aclarar que sobre los macizos rocosos que abarcan gran parte del área están cubiertos de material deleznable o suelos cohesivos y granulares, los cuales en presencia y saturación de agua pueden desestabilizarse y cambiar a una zona inestable.

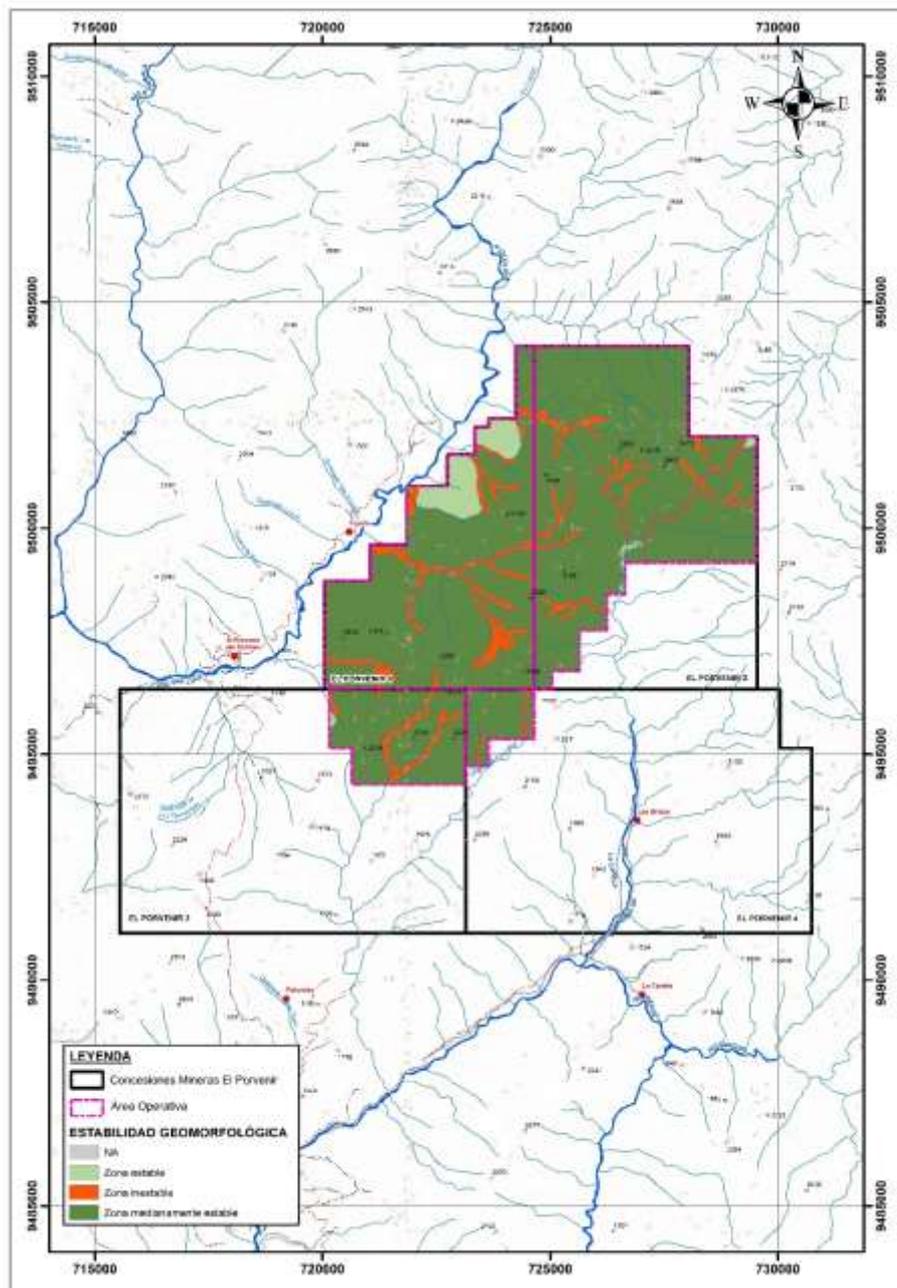


Figura 7-22 Estabilidad Geomorfológica

Fuente: SIGTIERRAS, 2019

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

#### 7.1.4.10 Vulcanismo

Según la información y mapas disponibles en la plataforma virtual del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IG-EPN) donde muestran y detallan el estado de los edificios volcánicos y sus características, se menciona que en el Ecuador existen 34 volcanes activos y potencialmente activos. Dichos volcanes se concentran en la parte central y norte del país, siendo el volcán Sangay el último edificio volcánico presente en la parte central del Ecuador y el más cercano al área de estudio, se ubica a 45 km al sureste de Riobamba (Figura 7-23), es el volcán con mayor actividad de la zona volcánica norte de los Andes y uno de los estratovolcanes andesíticos más activos del mundo.



Figura 7-23 Vulcanismo cercano a la zona de estudio

Fuente: Tomado de: <https://www.igepn.edu.ec/red-de-observatorios-vulcanologicos-rovig>, junio 2023.

El Instituto Geofísico ha desarrollado el mapa de peligros volcánicos del Sangay donde identifica varios productos volcánicos como consecuencia de las erupciones pasadas y futuras erupciones como son la caída de piroclastos, flujos piroclásticos, flujos de lava, flujos de escombros y rocas rodantes. Los resultados de los análisis ejecutados por el IG muestran que dichos productos volcánicos (Figura 7-24) no han afectado la zona del presente estudio por tal motivo es muy baja la probabilidad que en futuras erupciones se vea afectada el área de estudio.

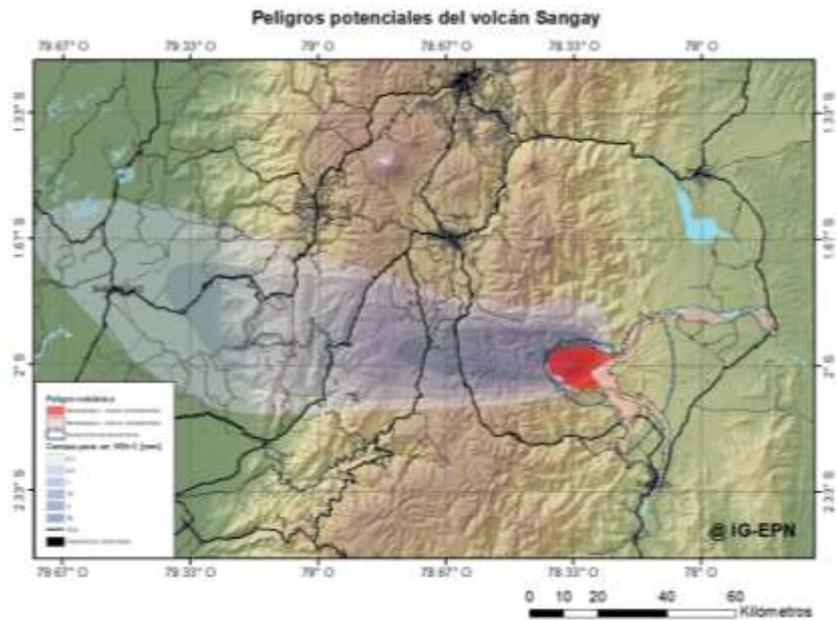


Figura 7-24 Peligros potenciales del volcán Sangay

Fuente: Tomado de: <https://www.igepon.edu.ec/amenaza-volcanica/mapa-amenaza-sangay>, junio 2023

#### 7.1.4.11 Sismotectónica

##### 7.1.4.11.1 Sismicidad

Según el Informe sísmico para el año 2023, disponible en la página web del Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional (IGEPN), la Red Nacional de Sismógrafos de dicho instituto localizó 3466 eventos de origen tectónico en el Ecuador de los cuales 43 tuvieron una magnitud igual o superior a 4 MLv (magnitud local), la mayoría de los sismos tuvieron magnitudes inferiores a 2.5 grados.

Yepes et al. (2016) y Beauval et al. (2018) mencionan que “para el Ecuador, las fuentes sísmicas se han clasificado como: fuentes de la interfaz, fuentes corticales y fuentes profundas” (). Por medio del análisis de la data y sismos registrados, se considera que las fuentes sísmicas que podrían afectar la zona de estudio son las fuentes: corticales y de slab.

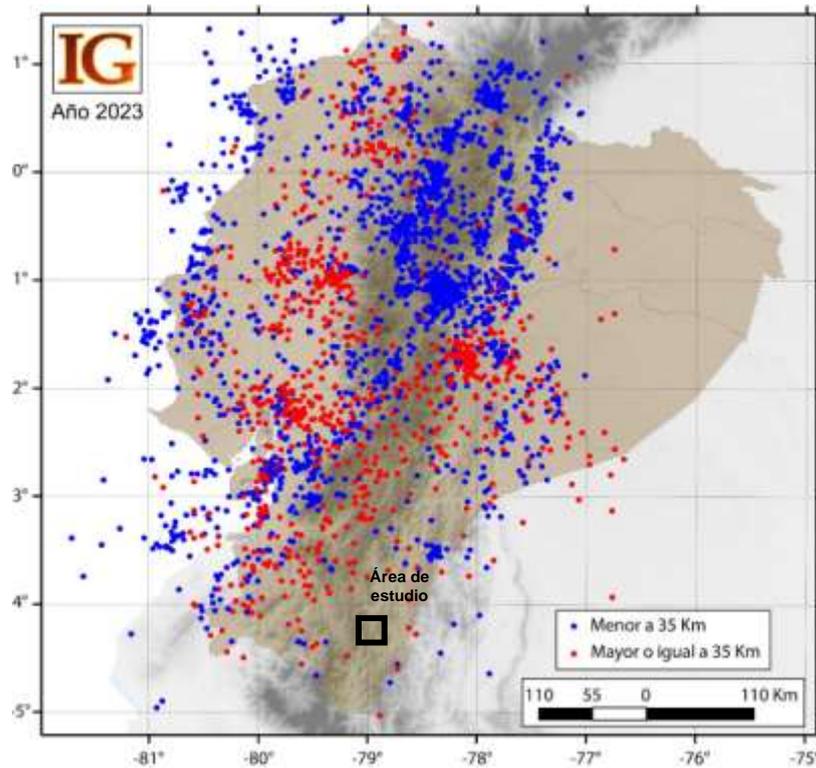


Figura 7-25 Eventos sísmicos localizados por la RENSIG durante el año 2023. Los sismos superficiales relacionados con las fuentes de la interfaz o con las fuentes corticales se muestran en color azul y los sismos relacionados con las fuentes profundas se muestran en color rojo.

Fuente: Tomado de Informe Sísmico para el año 2023. (IG-EPN, 2024)

#### a. Sismicidad en las fuentes corticales

Dentro de las fuentes corticales que mencionan Yepes et al. (2016) y Beauval et al. (2018), las fuentes que generarían sismos que podrían afectar a la zona de estudio son las fallas que definen el levantamiento y los pliegues en la zona subandina: Napo y Cutucú; y la fuente adicional que engloba la sismicidad dispersa o de background fuera de las fallas principales: BGS (Background Sur) que comprende la zona sur del límite NAS (Sliver Norandino) – Sudamérica.

Tabla 7-24. Características de la sismicidad en la fuente sísmica cortical. Consulta a la base: febrero 2024

Tipo de fuente	Nombre de la fuente	Profundidad	Magnitud máxima	Magnitud mínima	Magnitud promedio	Número de eventos
Fuentes corticales	BGS	0-35	4.35	0.00	2.46	126
	Cutucú	0-35	5.13	1.19	2.52	163

Fuente: IG-EPN, 2024

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

Dentro de las fuentes corticales ocurrieron cuatro sismos de magnitud  $>5ML_v$  considerados como sismos grandes, uno de los sismos se generó en la fuente Cutucú.

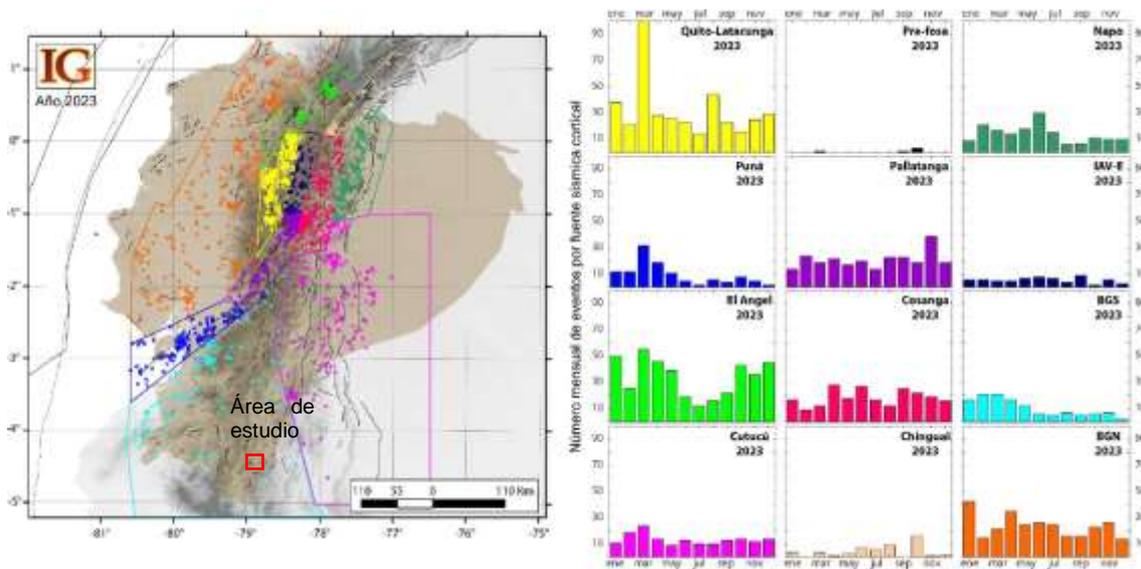


Figura 7-26 Número mensual de los eventos en las fuentes corticales (Beauval et al. 2018).

Tomado de Informe Sísmico para el año 2023. (IG-EPN, 2024)

#### b. Sismicidad en las fuentes de slab

En las fuentes de slab la ocurrencia de sismos al parecer está delimitada por la prolongación de la fractura de Grijalva bajo el continente. "Al norte de la fractura se observan sismos con magnitudes relativamente pequeñas, comparado a los observados al sur de la fractura". (Yepes et al., 2016, Beauval et al., 2018), ya que la fractura de Grijalva separa dos cortezas oceánicas, al norte la "joven" placa Nazca y al sur la "vieja" placa Farallón.

Dentro de las fuentes de slab que mencionan Yepes et al. (2016) y Beauval et al. (2018), las fuentes que generarían sismos que podrían afectar a la zona de estudio son: Morona y Loja. Dentro de la fuente Loja se registraron cuatro sismos de magnitud >5MLv considerados como sismos grandes.

Tabla 7 21. Características de la sismicidad en la fuente del slab. Consulta a la base: febrero

Tipo de fuente	Nombre de la fuente	Profundidad	Magnitud máxima	Magnitud mínima	Magnitud promedio	Número de eventos
Fuentes del slab	Loja	35-100	6.57	0.00	2.55	353
	Morona	100-130	3.80	1.86	2.61	38

Fuente: IG-EPN, 2024

Tomado de Informe Sísmico para el año 2023. (IG-EPN, 2024)

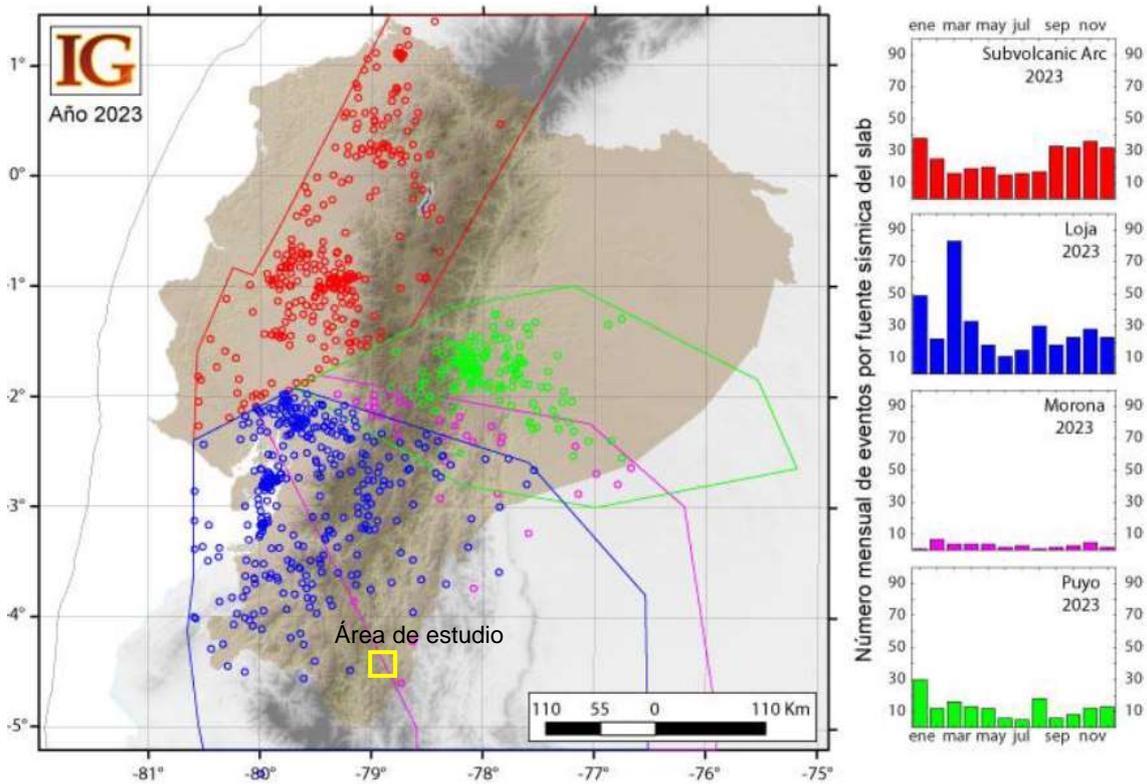


Figura 7-27 Número mensual de los eventos en las fuentes profundidad intermedia que abarcan el slab. Tomado de Informe Sísmico para el año 2023. (IG-EPN, 2024)

### 7.1.4.12 Geotécnica

#### 7.1.4.12.1 Metodología para la toma de muestras

Mediante la excavación de calicatas de 1 metro de profundidad por 1 metro de diámetro se observó y analizó todos los horizontes que conforman en perfil estratigráfico del suelo. Se recolectó 500 gramos de muestra alterada de los horizontes presentes subyacentes al estrato orgánico de tonalidad oscura. Las muestras se almacenaron en fundas herméticas ziploc y se transportaron al laboratorio de mecánica de suelos para su respectivo análisis.

Tabla 7-25 Coordenadas calicatas

CALICATAS	COORDENADAS WGS87	
	ESTE	NORTE
CA-1	724065	9498533
CA-2	724576	9498070
CA-3	723907	9498306
CA-4	725628	9500075
CA-5	725841	9500870
CA-6	726538	9501813
CA-7	726538	9496947
CA-8	720162	9496947

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2024.

A continuación se presenta la ubicación de los puntos donde se realizó el análisis estratigráfico se indica en la siguiente FIGURA (Anexo I Cartografía, 1. Mapas\_pdf-Mapa 20. Muestreo de Geología)

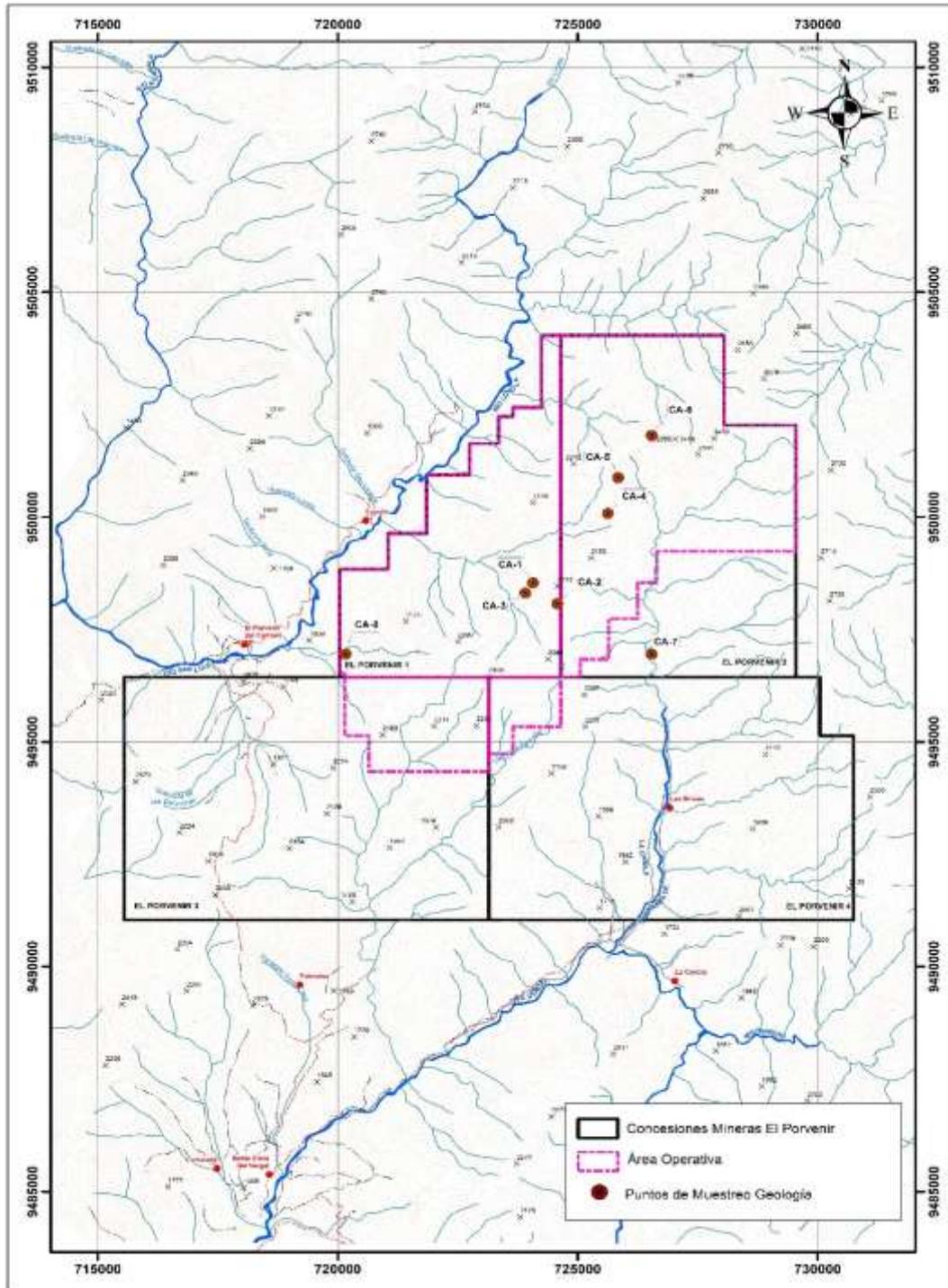


Figura 7-28 Ubicación calicatas dentro de la zona de estudio

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

#### **7.1.4.12.2 Análisis de los resultados obtenidos**

La granulometría que predomina en los sitios donde se recolectó las muestras de suelo son principalmente limos de alta y baja compresibilidad MH y ML correspondientes al 78% del total de las muestras, mientras que el restante corresponde a gravas y arenas limosas.

Al ser el material cohesivo el que se predomina los sitios de muestreo, es imperante el análisis de la humedad ya que con este parámetro se logra determinar numerosas propiedades geotécnicas. Por ello a partir de la humedad natural (W) de los suelos con los que se determinan los Límites de Atterberg es posible establecer el Índice de Fluidez (IL), el cual nos da idea de la consistencia relativa de un suelo cohesivo en estado natural.

El IL de las muestras indica que los suelos predominantes tienen consistencia relativa de muy duros a duros siendo el 85% de las muestras, mientras que el 15% de los suelos presenta una consistencia muy blanda, principalmente en los suelos más cercanos a la superficie.

Los resultados de laboratorio de las muestras recolectadas en campo con una profundidad total de un metro arrojan las siguientes características físico-mecánicas:

Tabla 7-26 Características físico-mecánicas

CALICATA	HORIZONTE SUELO	PROFUNDIDAD M	HUMEDAD %	GRAVA %	ARENA %	FINOS %	L.L. %	L.P. %	I.P. %	SUCS
CA1	HB	0,20-0,80	55,4	17	16	67	76,25	55,96	20,28	MH
	HC	0,80-1,00	37,69	2	20	78	80,9	46,54	34,37	MH
CA-2	HB	0,40-0,70	49,67	0	36	64	64,76	49,61	15,15	MH
	HC	0,70-1,00	29,12	0	48	52	54,76	40,83	13,93	MH
CA-3	HB	0,20-1,00	39,28	24	40	37	0	0	0	SM
CA-4	HB	0,25-0,50	42,37	24	45	32	0	0	0	SM
CA-5	HB	0,40-0,50	27,75	20	25	55	38,28	30,43	7,84	ML
	HC	0,50-1,00	32,34	46	13	41	39,52	32,23	7,29	GM
CA-6	HB	0,20-0,40	86,66	0	20	80	89,42	55,72	33,7	MH
	HC	0,40-1,00	67,35	0	15	85	79,2	48,14	31,05	MH
CA-7	HB	0,05-1,00	47,31	6	26	68	75,71	43,69	32,02	MH
CA-8	HA	0,00-0,35	55,96	1	37	62	77,06	45,64	31,42	MH
	HB	0,35-0,40	41,82	1	25	74	85,42	47,3	38,12	MH
	HC	0,40-1,00	36,75	1	25	74	64,96	38,21	26,75	MH

LL = Límite líquido; LP = Límite plástico; IP = Índice de plasticidad; SUCS = Sistema Unificado de Clasificación de Suelos; ML = limo de baja compresibilidad; MH = limos de alta compresibilidad; SM = arena fina limosa; GM = grava limosa

Fuente Ecuambiente Consulting Group, junio 2023  
 Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

Los resultados del muestreo y registros fotográficos del levantamiento de información en campo se presentan en el Anexo B. Línea\_Base, carpeta B1 Componente Físico, subcarpeta 4. Geología.

#### 7.1.4.12.3 Zonificación geotécnica

La zonificación geotécnica se realizará en base a la correlación de las características geológicas de cada formación con las condiciones geomorfológicas, morfológicas, pendientes y características del sitio de estudio.

La zonificación geotécnica comprende la subdivisión del área de estudio en regiones con características similares en cuanto a tipos de suelos y rocas con sus propiedades físicas y mecánicas, lo que implica que en esas zonas se esperarían comportamientos mecánicos semejantes ante un mismo evento.

##### a. Calidad geotécnica de las unidades litológicas

Varnes (1984) menciona que la litología es importante para determinar la resistencia al corte, permeabilidad, susceptibilidad a la meteorización física y/o química, y demás propiedades que puedan afectar su calidad geotécnica y por tanto su estabilidad potencial es decir el comportamiento de los diferentes materiales variará así se apliquen sobre ellos las mismas condiciones o factores externos.

Generalitat (2010) concluye que la composición mineralógica, textura, compactación, tamaño, forma y cementación de las partículas que formen la roca o sedimento influenciaría directamente en los parámetros de resistencia, es decir materiales poco cementados, con tamaños de grano fino (limo-arcilla o arenas limo-arcillosas), o de un amplio rango granulométrico serán litologías de menor calidad geotécnica.

La zonificación geotécnica se enmarcará en 2 grupos principales: Características Geotécnicas en roca determinadas en base al estudio del macizo rocoso establecido por Bieniawski (1989) donde se asigna valores del I al IV (Excelente a Malo; Tabla 7-27) y características geotécnicas en depósitos superficiales (Tabla 7-27 y Tabla 7-28), asignando de igual manera valores del I al IV (Excelente a Malo).

Tabla 7-27. Características Geotécnicas

CALIDAD GEOTÉCNICA		EXCELENTE	BUENO	MEDIO	MALO
		TIPO I	TIPO II	TIPO III	TIPO IV
Litología	Macizo Rocosos	Macizos rocosos de muy buena calidad 81<RMR<100	Macizos rocosos de buena calidad 61<RMR<80	Macizos rocosos de media calidad 41<RMR<60	Macizos rocosos de Mala calidad RMR<40
	Depósitos superficiales	Material muy consolidado, muy duro. Suelos cementados, muy densos, no plásticos	Material consolidado, duro. Suelos densos, (IP < 5).	Material medianamente consolidado, Suelos cohesivos (IP<10)	Materiales sueltos, blandos. Suelos cohesivos 10<IP<40

Fuente: Modificado de Bieniawski (1989); Vallejo et al. (2004)  
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

La Calidad Geotécnica por zonas se detalla a continuación (Ver Anexo I Cartografía, 1. Mapas\_pdf, – 56 Mapa Calidad Geotécnica):

- Zona Tipo I.- Corresponden a zonas que presentan alto grado de estabilidad, pertenecen a esta zona: macizos rocosos con resistencia entre extremadamente dura, baja densidad de fracturas, sin signos de meteorización. Fracturas muy separadas, muy rugosas, continuidad muy baja paredes de las fracturas sin separación ni relleno, completamente secas. Depósitos superficiales muy consolidados o muy duros.
- Zona Tipo II.- Se refieren a zonas estables, considerándose dentro de esta zona: Macizos rocosos con resistencia muy dura, ligeramente meteorizados, fracturas separadas, rugosas, continuidad baja, paredes de las fracturas con separación muy cerrada y relleno duro, ligeramente húmedas. Depósitos superficiales consolidados o duros.
- Zona Tipo III.- La estabilidad global de estas zonas dependerá del manejo que se dé a procesos morfodinámicos y al tipo de intervención que se proyecte sobre estas áreas, dentro de esta zona se encuentran: macizos rocosos con resistencia dura, moderadamente meteorizados, fracturas moderadamente juntas, ligeramente rugosas, continuidad media, paredes de las fracturas con separación cerrada y relleno duro, húmedas. Depósitos superficiales consolidados o duros. Depósitos superficiales medianamente consolidados, y suelos cohesivos.
- Zona tipo IV.- Son aquellas con evidente inestabilidad por las características de las componentes litológicas que la componen. Se deberá considerar que las obras de estabilización proyectadas serán técnicamente complejas y de alto costo. A esta zona corresponde los macizos rocosos con baja a moderada resistencia, muy meteorizados, fracturas juntas a extremadamente juntas. Las paredes de las fracturas son onduladas, alta continuidad, abiertas a parcialmente abiertas y relleno > a 5mm, generalmente blando, muy húmedas o con presencia continua de agua. Depósitos superficiales sueltos – muy sueltos, y blandos a muy blandos.

Tabla 7-28 Calidad Geotécnica de las Formaciones y Depósitos Geológicos

DEPÓSITOS / FORMACIÓN GEOLÓGICA	GEOMORFOLOGÍA	PENDIENTE	CARACTERÍSTICAS LITOLÓGICAS	CALIDAD GEOTÉCNICA
<b>Batolito de Zamora</b>	Relieve montañoso Relieve colinado, medio, alto y muy alto Barranco Valle en V Vertiente heterogénea	Fuerte - escarpada >40 - 70 %	Rocas volcánicas intrusivas calcoalcalinas y subvolcánicas	II Buena
<b>Formación Hollín</b>	Relieve montañoso	Fuerte – escarpada >40 – 150%	Constituida por areniscas blancas y cuarcitas muy compactas	II Buena

Fuente: SIGTIERRAS, 2019

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

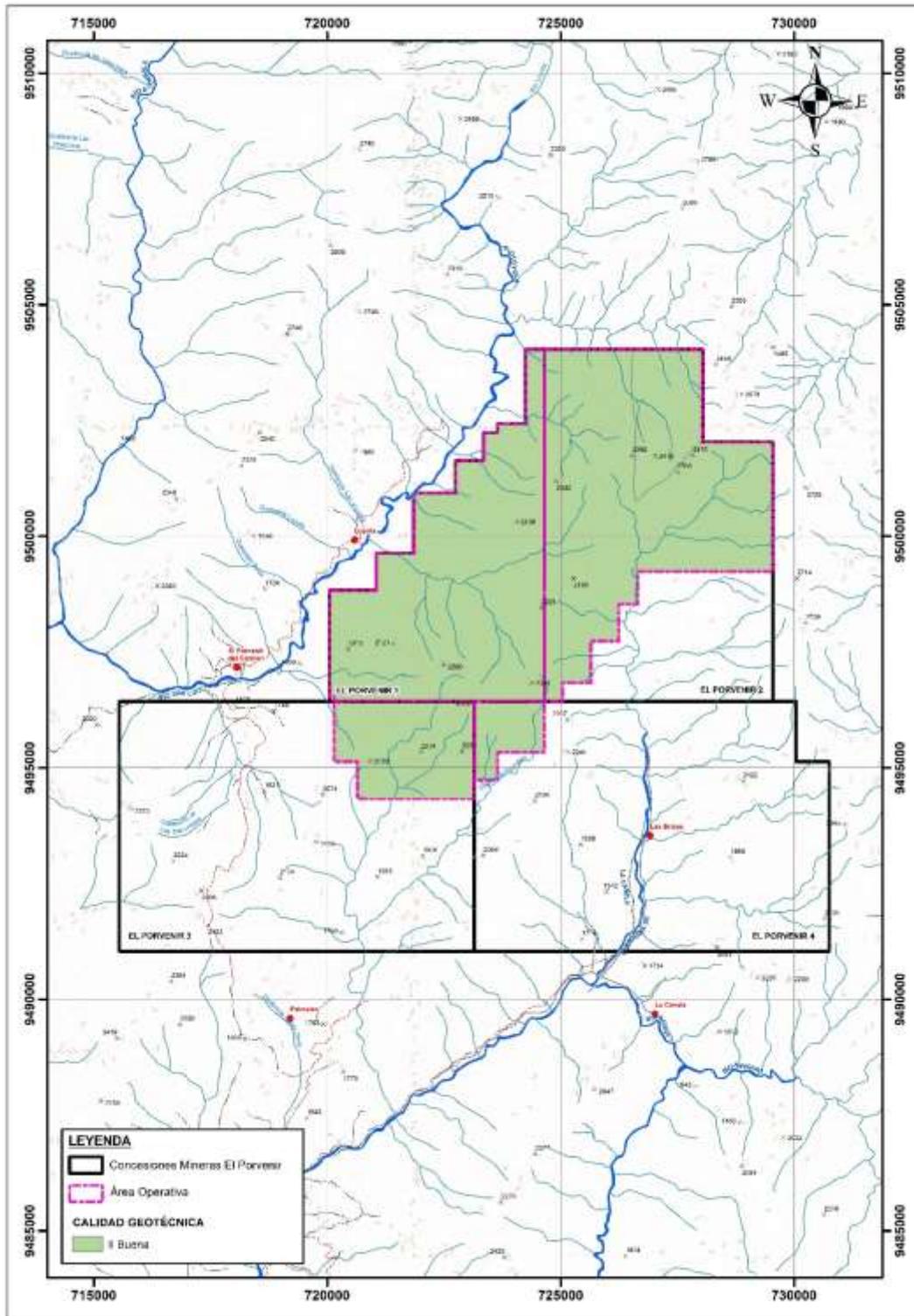


Figura 7-29 Calidad geotécnica

Fuente: SIGTIERRAS, 2019, Hoja Geológica Las Aradas N° 58 escala 1: 100.000 INIGEMM 2017, Hoja Geológica Río Nangaritza N° 78 escala 1: 100.000 del Servicio Geológico Nacional del año 2009  
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

### **7.1.4.13 Conclusiones del componente geológico**

#### **7.1.4.13.1 Geología**

El Ecuador se ubica sobre un límite convergente donde interactúan dos placas tectónicas de diferente composición química, provocando la subducción de la placa oceánica más antigua y densa por debajo de la placa continental más joven. La subducción engloba el proceso de formación de las rocas en continente, tanto ígneas extrusivas como intrusivas, así como también el ascenso de fluidos mineralizados y posterior formación de minerales de interés económico.

##### **a. Geología local**

La zona de estudio se ubica en el Distrito Minero de Zamora, dentro de la faja metalogénica Pórfidos AU-Cu-Mo del Jurásico Superior (IIGE, 2017), considerado como un yacimiento de tipo pórfido Cu-Au.

Según la Hoja Geológica Las Aradas N° 58 escala 1: 100.000 del INIGEMM del año 2017 y Hoja Geológica Río Nangaritza N° 78 escala 1: 100.000 del Servicio Geológico Nacional del año 2009 la litología predominante en la zona de estudio corresponde a las rocas del Complejo Intrusivo de Zamora y las rocas de la Formación Hollín.

La geología a detalle proporcionada por Solgold – Green Rock denota que la zona de estudio está conformada por: rocas volcánicas, cuarzo diorita, diorita, diorita porfirítica, granodiorita, cuarzo monzonita y tonalita.

#### **7.1.4.13.2 Geología Estructural**

Cercana a la zona de estudio se localiza la falla Numbala conformada por sus secciones norte y Sur, es una falla de tipo inverso, con rumbo promedio hacia el NE. La estructura yuxtapone el cinturón metamórfico al oeste con rocas volcánicas y sedimentarias no metamorfasadas al este.

#### **7.1.4.13.3 Pendientes**

La zona de estudio presenta pendientes desde medias en depósitos superficiales hasta pendientes escarpadas en laderas y acantilados, en zonas montañosas.

#### **7.1.4.13.4 Geomorfología**

El área se asienta en el Oriente dentro del dominio fisiográfico Vertientes externas de la Cordillera Real, su contexto geomorfológico corresponde a Vertiente oriental de la cordillera Real sin cobertura piroclástica y cordillera Cutucú, en los cuales se identificaron los grupos genéticos: Fluvial, Erosión fluvial, Poligénicas, Laderas y Tectónico erosivo. Las unidades geomorfológicas o geoformas presentes son barranco, valle en V, coluvio aluvial antiguo, coluvión antiguo, vertiente heterogénea, relieve colinado medio, alto y muy alto, relieve montañoso.

En cuanto a la estabilidad geomorfológica el área se considera de buena calidad geotécnica en las rocas del Complejo Intrusivo de Zamora y de la Formación Hollín.

#### **7.1.4.13.5 Geotecnia**

El índice de fluidez de las muestras indica que los suelos predominantes tienen consistencias relativas de muy duros a duros siendo el 85% de las muestras, mientras que el 15% de los suelos presenta una consistencia muy blanda, principalmente en los suelos más cercanos a la superficie.

#### **7.1.4.13.6 Sismicidad**

Se considera que las fuentes sísmicas que podrían afectar la zona de estudio son:

- Las fuentes corticales: fallas que definen el levantamiento y los pliegues en la zona subandina: Napo y Cutucú; y la fuente de las fallas principales: BGS (Background Sur) que comprende la zona sur del límite NAS (Sliver Norandino) – Sudamérica.
- Las fuentes de slab: Morona y Santiago.

#### **7.1.4.13.7 Vulcanismo**

El volcán más cercano a la zona es el Sangay, a pesar de ser uno de los volcanes con mayor actividad de la zona volcánica norte de los Andes, los resultados de los análisis ejecutados por el IG muestran que dichos productos volcánicos no han afectado la zona del presente estudio por tal motivo es muy baja la probabilidad que en futuras erupciones se vea afectada el área de estudio.

#### **7.1.4.13.8 Geología económica.**

En sitio se han detectado irregularidades en la estructura y composición del suelo y rocas, donde se identifica la posibilidad de existencia de una capa de mineral de buena Ley. Los datos recopilados sugieren la presencia de un pórfido de cobre/oro, por lo cual resulta interesante realizar actividades de exploración avanzada.

### **7.1.5 Suelos**

#### **7.1.5.1 Edafología**

El suelo es un cuerpo natural, no consolidado, compuesto por sólidos (material mineral y orgánico), líquidos y gases, que se caracteriza por tener horizontes o capas diferenciales, resultado de las adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de energía y materia a través del tiempo, y cuyo espesor puede ir desde la superficie terrestre hasta varios metros de profundidad (Sposito, 1989). La edafología estudia aspectos importantes del suelo como su morfología, composición, propiedades físicas, propiedades químicas y biológicas, tipos de suelo, taxonomía, nutrientes (Chavarría, 2009).

Las propiedades de los suelos clasificadas de acuerdo a la “USDA – Soil Taxonomy” (Tabla 7-29) permite agrupar a los suelos con una génesis similar y utilizar un criterio específico, de modo que cada suelo esté agrupado en una categoría que a su vez quede englobada en otra más amplia que alberga otras. Cada nivel está basado en las características observables (campo o laboratorio) del suelo y utiliza una nomenclatura basada en dos lenguas griega y latín (USDA, 1999).

Tabla 7-29 Nivel de Orden para la Clasificación del Suelo.

TIPO	CARACTERÍSTICA	SUBFIJO
GELISOL	Suelos que presentan permafrost y materiales gélidos dentro de los 100 cm de la superficie.	el
HISTOSOL	Suelos compuestos principalmente por materia orgánica, conocidos como turbas, se encuentran saturados de agua.	ist
SPODOSOL	Otros suelos que no tienen un epipedón plaggen o un horizonte argílico o kándico sobre un horizon espódico.	od
ANDISOL	Otros suelos que tienen propiedades ándicas de suelo en 60% o más del espesor.	and
OXISOL	Otros suelos que tienen un horizonte óxico dentro de los 2 m medidos desde la superficie. Alto contenido de Fe y Al.	ox
VERTISOL	Contenido del 30% o más de arcilla.	ert
ARIDISOL	Alto contenido de arcilla, pero se forma en ambientes desérticos.	id
ULTISOL	Otros suelos que tienen un régimen de temperatura méxico, isoméxico o más cálido.	ult
MOLLISOL	Los horizontes superficiales tienen alto contenido de MO, por lo tanto son oscuros.	oll
ALFISOL	Otros suelos que tienen: horizonte argílico, kándico o nátrico. Un fragipán con películas de arcilla.	alf
INSEPTISOL	Incipiente desarrollo pedogénico, dando lugar a la formación de horizontes alterados.	
ENTISOL	Son diferenciados, de reciente formación, material altamente lixiviado, generalmente suelos jóvenes.	ent

Fuente: USDA (1999).

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

El área de estudio presenta cuatro tipos de suelo (MAGAP, 2019) los cuales se detallan en la siguiente Tabla (Ver Anexo I Cartografía, 1. Mapas\_pdf, 13 Mapa Taxonómico de Suelo):

Tabla 7-30 Tipos de suelo

ORDEN	SUBORDEN	LITOLOGÍA	ÁREA (M <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)
Entisol	Orthents	Franco arcilloso	3303996,15	6,28
Inceptisol	Udepts	Franco arcillo-arenoso Franco arcilloso Arcilla pesada Arcilloso	26913946,55	51,16
Tierras misceláneas	Tierras misceláneas	No están caracterizadas como unidades de suelo o unidades taxonómicas	3815681,79	7,25
Ultisol	Udufts	Franco arcillo-arenoso	18549669,25	35,26
NO APLICABLE			26626,86	0,05
TOTAL			52609920,60	100,00

Fuente: MAGAP, 2019

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

### 7.1.5.1.1 Descripción estratigráfica

El análisis y descripción de cada horizonte de suelo se realizó mediante visualización directa de forma cualitativa, únicamente con la percepción y sentidos del Técnico que las analiza, por tal razón la descripción de las mismas puede variar ligeramente, según el técnico que las analice.

Mediante la excavación de calicatas se determinó la distribución y composición de la estratigrafía dispuesta en la zona de estudio. La ubicación de los puntos donde se realizó el análisis estratigráfico se indica en la siguiente figura así como en el Anexo I Cartografía, 1. Mapas\_pdf– Mapa 20. Muestreo de Geología.

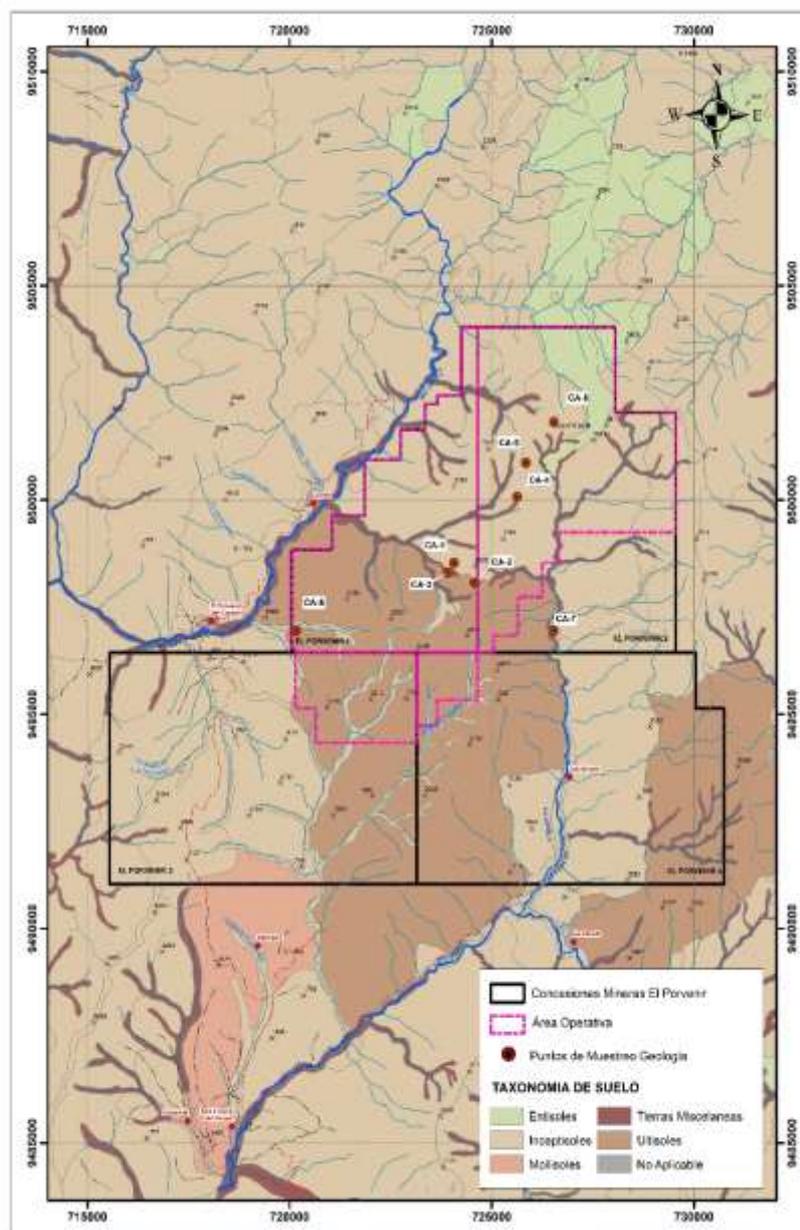
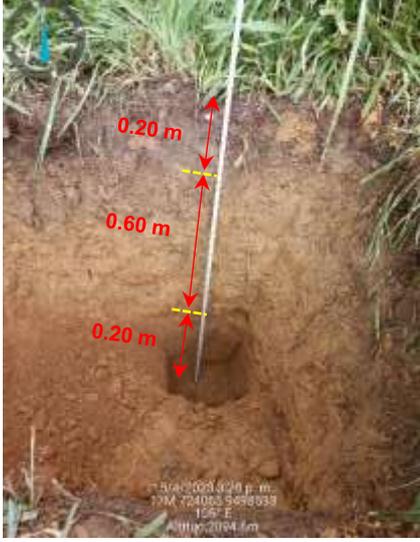


Figura 7-30 Ubicación calicatas dentro de la zona de estudio

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

b. Calicata CA-1

Tabla 7-31 Análisis calicata 1

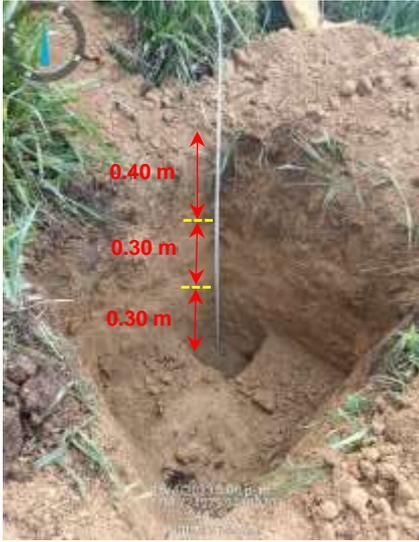
	<p>HA: suelo orgánico limoso.</p> <p>HB: limo de alta compresibilidad con fragmentos de grava tnm. 3/4" a 3/8", olor inorgánico, color café claro a oscuro, tonalidad amarillenta, humedad alta, plasticidad media, consistencia media.</p> <p>HC: limo de alta compresibilidad con clastos de grava, Olor inorgánico, color café claro a oscuro, Tonalidad rojiza, humedad media, plasticidad media,</p>
<p><b>Coordenadas WGS84:</b>  <b>Este:</b> 724065  <b>Norte:</b> 9498533</p>	

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, abril 2023

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

c. Calicata CA-2

Tabla 7-32 Análisis calicata 2

	<p>HA: suelo orgánico limoso.</p> <p>HB: limo de alta compresibilidad con clastos de grava, olor inorgánico, color café claro a oscuro, tonalidad amarillenta, humedad media, plasticidad baja a media, consistencia media.</p> <p>HC: limo de alta compresibilidad con clastos de grava, olor inorgánico, color café claro a oscuro, tonalidad rojiza, humedad media, plasticidad baja a Media, consistencia media.</p>
<p><b>Coordenadas WGS84:</b>  <b>Este:</b> 724575  <b>Norte:</b> 9498070</p>	

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, abril 2023  
 Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

d. Calicata CA-3

Tabla 7-33 Análisis calicata 3

	<p>HA: suelo orgánico limoso.</p> <p>HB: arena fina limosa con fragmentos de grava tnm. 3/4" a 3/8", olor inorgánico, color café claro a oscuro, tonalidad amarillenta, humedad</p>
<p><b>Coordenadas WGS84:</b>  <b>Este:</b> 723907  <b>Norte:</b> 9498306</p>	

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, abril 2023  
 Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

e. Calicata CA-4

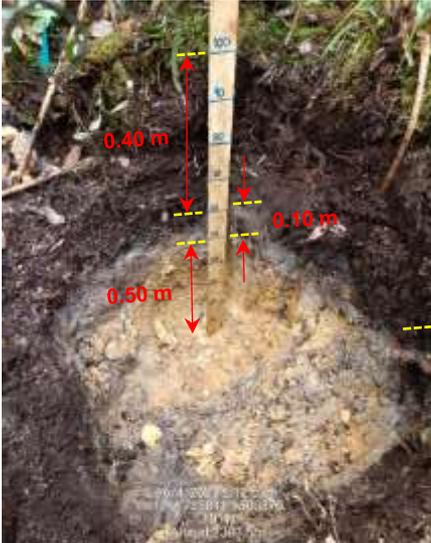
Tabla 7-34 Análisis calicata 4

	<p>HA: suelo orgánico limoso.</p> <p>HB: arena fina limosa con fragmentos de grava tnm. 3/4" a 3/8", olor inorgánico, color café claro a oscuro, tonalidad amarillenta, humedad media, plasticidad baja a nula, compacidad media.</p> <p>HC: roca fracturada</p>
<p><b>Coordenadas WGS84:</b>  <b>Este:</b> 725628  <b>Norte:</b> 9500075</p>	

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, abril 2023  
 Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

f. Calicata CA-5

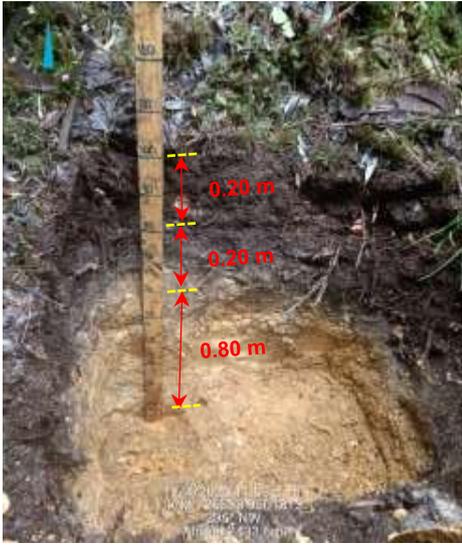
Tabla 7-35 Análisis calicata 5

	<p>HA: suelo orgánico limoso.</p> <p>HB: limo de baja compresibilidad con fragmentos de grava tnm. 3/4" a 3/8", olor inorgánico, color café claro a oscuro, tonalidad amarillenta, humedad media, plasticidad baja, consistencia media.</p> <p>HC: grava limosa tnm. 1" a 3/8", olor inorgánico, color café claro a oscuro, tonalidad amarillenta a rojiza, humedad media, plasticidad baja, compacidad densa.</p>
<p><b>Coordenadas WGS84:</b>  <b>Este:</b> 725841  <b>Norte:</b> 9500870</p>	

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, abril 2023  
 Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

g. Calicata CA-6

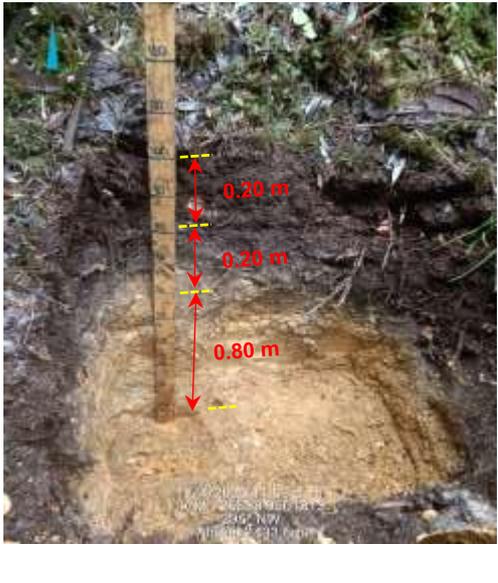
Tabla 7-36 Análisis calicata 6

	<p>HA: suelo orgánico limoso.</p> <p>HB: limo de alta compresibilidad con clastos de grava, olor inorgánico, color café claro a oscuro, tonalidad amarillenta, humedad alta, plasticidad Media, consistencia media.</p> <p>HC: limo de alta compresibilidad, olor inorgánico, color café claro a oscuro, tonalidad amarillenta, humedad media a alta, plasticidad media, consistencia media.</p>
<p><b>Coordenadas WGS84:</b>  <b>Este:</b> 726538  <b>Norte:</b> 9501813</p>	

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, abril 2023  
 Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

h. Calicata CA-7

Tabla 7-37 Análisis calicata 7

	<p>HA: suelo orgánico limoso.</p> <p>HB: limo de alta compresibilidad con clastos de grava, olor inorgánico, color café claro a oscuro, tonalidad amarillenta, humedad alta, plasticidad Media, consistencia media.</p> <p>HC: limo de alta compresibilidad, olor inorgánico, color café claro a oscuro, tonalidad amarillenta, humedad media a alta, plasticidad media, consistencia media.</p>
<p><b>Coordenadas WGS84:</b>  <b>Este:</b> 726538  <b>Norte:</b> 9496947</p>	

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, abril 2023  
 Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

## i. Calicata CA-8

Tabla 7-38 Análisis calicata 8

 <p>18/4/2023 8:52 a. m. 17M 720162 9496947 120° SE Altitud: 615.5m</p>	<p>HA: limo de alta compresibilidad con clastos de grava, olor inorgánico, color café claro a oscuro, tonalidad amarillenta, humedad alta, plasticidad media, consistencia media</p> <p>HB: limo de alta compresibilidad con clastos de grava, olor inorgánico, color café claro a oscuro, tonalidad amarillenta, humedad media, plasticidad media, consistencia media.</p> <p>HC: limo de alta compresibilidad con clastos de grava, olor inorgánico, color café claro a oscuro, tonalidad amarillenta, humedad media, plasticidad media, consistencia media.</p>
<p><b>Coordenadas WGS84:</b> Este: 720162 Norte: 9496947</p>	

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, abril 2023

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

### 7.1.5.2 Características químicas de los suelos

El análisis del componente de suelos hace referencia a los diferentes paisajes identificados en el proyecto. La caracterización de los suelos para el proyecto propuesto se hizo utilizando la información secundaria disponible del proyecto y muestreos de campo.

Para realizar el análisis del suelo del área del proyecto minero, se obtuvo información edafológica de los estudios publicados por el Programa Nacional de Regionalización Agraria (PRONAREG). La clasificación edafológica está basada en la naturaleza de los horizontes que exhiben el perfil de suelo, especialmente en el área directa del proyecto minero.

El suelo es un cuerpo natural complejo, cuya caracterización e interpretación requiere de conocimientos y experiencias en campos diferentes en esta ciencia, por tal motivo, el análisis de este componente de la línea base se lo efectuó tomando en consideración tres objetivos:

- Identificar las características físicas y mecánicas.
- Determinar las características químicas ambientales mediante la línea base.
- Determinar las características edafológicas, la taxonomía de las poblaciones de los suelos, su morfología, las características químicas y fisiográficas, su demarcación y distribución geográfica, a partir de las que se deriva la capacidad de uso. También se analiza la cobertura vegetal y el uso actual.

En función de los alcances que se propusieron en el estudio de suelos, los criterios utilizados para la toma de muestras (cantidad y ubicación de los puntos de muestreo) fueron: Los órdenes de suelo identificados, así como los tipos de suelo.

De acuerdo a la información taxonómica recopilada para el área de estudio, se definió que en el área de estudio existen tres tipos de suelos: Entisol, Inceptisol y Ultisols y cinco diferentes texturas de suelo. En función de esto, se definieron 12 puntos de muestreo a lo largo del área de estudio con el objetivo de caracterizar el tipo de suelo (Anexo I Cartografía, 1. Mapas\_pdf, Mapa 19 “Mapa de Muestreo de Suelo”).

Cabe indicar que el objetivo de definir la calidad de suelo en el área de estudio es conocer a groso modo las características físico – químicas donde se asienta el proyecto y con esto tener una línea base sólida que permita identificar zonas con concentraciones anómalas en las áreas donde se asienta el proyecto.

En la Tabla 7-39 se indica la ubicación geográfica de los sitios de muestreo de suelos.

Tabla 7-39 Ubicación de las muestras de suelo

ID	CONCESIÓN	WGS-84 ZONA 17 SUR		FECHA
		ESTE	NORTE	
S-01	Porvenir 3	721151	9495701	14/04/2023
S-02	Porvenir 4	723437	9495906	14/04/2023
S-03	Porvenir 3	724054	9497273	14/04/2023
S-04	Porvenir 3	723485	9498810	14/04/2023
S-05	Porvenir 5	722980	9500609	14/04/2023
S-06	Porvenir 2	725953	9500583	14/04/2023
S-07	Porvenir 2	725047	9503177	14/04/2023
S-08	Porvenir 2	725721	9503179	14/04/2023
S-09	Porvenir 2	726944	9503471	14/04/2023
S-10	Porvenir 2	729380	9501418	14/04/2023
S-11	Porvenir 2	728330	9499898	14/04/2023
S-12	Porvenir 2	729257	9499830	14/04/2023

Fuente: Gruentec Cía Ltda., mayo 2023

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

Para la caracterización química de los suelos, recolectó muestras de suelo compuestas para analizar parámetros fisicoquímicos en laboratorio.

El análisis de los parámetros fisicoquímicos de las muestras de suelo lo realizó la empresa Gruentec, laboratorio acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE).

Los reportes de muestreo y registros fotográficos realizados por el laboratorio en campo se presentan en el Anexo B. Línea\_Base, carpeta B1. Componente Físico, subcarpeta 5. Calidad de suelo. Mientras que en el Anexo I Cartografía, 1. Mapas\_pdf, Mapa 19, se presenta la ubicación de los puntos de muestreo. El cual fue elaborado sobre la base de información de campo y la información edafológica de SIGAGRO, 2019.

Es importante mencionar que la empresa ha liberado información referente a muestreo de suelos con fines de análisis geológico, realizados entre los años 2018 y 2022. Debido a la extensión de dicha información la misma se coloca únicamente en el Anexo B. Línea Base, B1. Componente físico, 5. Calidad de suelo, documento: 1. SOILS\_MASTER\_GRR\_Porvenir\_fp.

Así mismo, la empresa liberó resultados de muestreo de suelo ambiental, realizados por el área de Ambiente. Dicha información, se presenta en el presente documento mientras que resultados se incluyen en el Anexo B. Línea Base, B1. Componente físico, 5. Calidad de suelo, carpeta: 2. Suelo Ambiental.

Toda la información entregada por el cliente ha sido analizada y se incluye en la discusión el análisis de los mismos.

En lo referente a sedimentos se debe mencionar que el Artículo 215 del Texto Unificado de Legislación Secundaria, señala que:

*“Los sedimentos pueden ser de origen natural, tales como los existentes en el mar, los lechos de lagos y lagunas, ríos, quebradas y demás cuerpos hídricos, ya sean éstos de caudales permanentes o temporales; y los de origen industrial, como aquellos provenientes de plantas de tratamiento, tanques de almacenamiento u otros.*

*Para realizar la evaluación de la calidad ambiental mediante análisis de sedimentos se deberá aplicar muestreos y monitoreos de las áreas directamente influenciadas por la actividad regulada, siguiendo los protocolos que normen la Autoridad Ambiental Nacional y en el caso de no existir, siguiendo protocolos aceptados internacionalmente”.*

Al respecto, es importante destacar que en Ecuador no existe una normativa específica para el análisis de sedimentos, por lo tanto, no se llevó a cabo el muestreo de sedimentos. No obstante, se contempla este monitoreo en el Plan de Manejo Ambiental, donde se sugiere tomar únicamente como valores referenciales los criterios de calidad de suelo mostrados en la Tabla 1, Anexo 2 del A.M 097 -A

En el marco del Plan de Manejo Ambiental, se ha propuesto realizar el muestreo de sedimentos de manera semestral en los puntos AG-09 y AG-23. Esta medida se plantea con el siguiente enfoque:

*“Con el fin de evaluar la calidad del sedimento, se llevará a cabo el muestreo semestral en los puntos AG-09 y AG-23. El análisis de los sedimentos se llevará a cabo conforme a lo establecido en el Artículo 215 del Acuerdo Ministerial Número 061 y a la falta de normativa relacionada con criterios de calidad en sedimentos, se ha tomado únicamente como valores referenciales los criterios de calidad de suelo mostrados en la Tabla 1, Anexo 2 del A. M. No. 097-A.*

#### **7.1.5.2.1 Procedimiento de muestreo**

La toma de muestras de suelo se basa en lo establecido en las normas y metodologías de referencia:

- Norma de Calidad Ambiental del Recurso Suelo y criterios de remediación para suelos contaminados, ANEXO 2, A.M. 097, LIBRO VI, TULSMA.

- Norma Técnica de Suelos (NT004). Código Municipal para el Distrito Metropolitano de Quito.
- Capítulo 1 (sección 3,4 y 5) y capítulo 2 (sección 1) del Manual para muestreo de aguas y sedimentos, Dirección del Medio Ambiente.
- Norma ASTM Designación: D6044 - 96. Guía estándar para muestreo representativo para el manejo de desechos y medios contaminados.
- Norma ASTM Designación: D6907-05 Práctica estándar para muestrear suelos y medios contaminados con barrenos manuales.
- Norma ASTM Designación: D4687 - 95 Guía estándar para la planificación general de muestreo de desechos.
- Norma NTE INEN-ISO 10381-4: 2014-01. Calidad del Suelo. Muestreo. Parte 4: Guía de procedimiento para la Investigación de sitios naturales, casi naturales y cultivados.

Como se mencionó anteriormente, a futuro para la ejecución de muestreo de sedimentos se sugiere tomar como referencia los criterios de calidad establecidos en el Anexo 2 del A.M 097 –A.

#### **7.1.5.2.2 Selección de parámetros**

Los parámetros fueron seleccionados en base a lo que establece el Acuerdo Ministerial 097A - Anexo 2 - Tabla No. 1 “Criterios Calidad del Suelo”, donde se establecen límites máximos permisibles. Los parámetros seleccionados son:

- Parámetros generales: pH, conductividad, boro soluble, humedad.
- Aniones: flúor, fluoruro, cianuro libre.
- Metales: Aluminio, Arsénico, Azufre, Bario, Berilio, Cadmio, Cobalto, Cobre, Cromo, Estaño, Hierro, Manganeseo, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Plata, Plomo, Selenio, Talio, Vanadio, Zinc, Cromo Hexavalente
- Parámetros orgánicos: TPH, aceites y grasas.

#### **7.1.5.2.3 Resultados**

A continuación, se muestran los resultados de los parámetros analizados en laboratorio.

Tabla 7-40 Ubicación de las muestras de suelo

ID		S-01	S-02	S-03	S-04	S-05	S-06	S-07	S-08	S-09	S-10	S-11	S-12	TABLA 1. ANEXO 2 . ACUERDO MINISTERIAL 097-A TULSMA CRITERIOS DE CALIDAD DEL SUELO
FECHA		15/04/2023	15/04/2023	14/04/2023	15/04/2023	15/04/2023	16/04/2023	15/04/2023	15/04/2023	15/04/2023	14/04/2023	14/04/2023	14/04/2023	
COORDENADAS WGS84 ZONA 17S	X	721151	723437	724054	723485	722980	725953	725047	725721	726944	729380	728330	729257	
	Y	9495701	9495906	9497273	9498810	9500609	9500583	9503177	9503179	9503471	9501418	9499898	9499830	
pH	Unidades de pH	6,60	6,00	5,10	5,30	5,80	5,50	5,40	5,10	5,40	4,70	5,3	5,6	6<pH<8
Conductividad	µS/cm	6,00	24,00	69,00	7,00	8,00	25,00	26,00	13,00	4,00	23,00	34,00	6	200
Boro soluble	mg/kg	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	1
Humedad	%	13	16	42	31	26	41	43	24	27	32	39	33	N/A
Flúor como Fluoruro	mg/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	N/A
Fluoruro	mg/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	200
Cianuro libre	mg/kg	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	0,9
Aluminio	mg/kg	11957	10717	19388	24868	7521	19125	17148	16176	16977	14123	11247	10328	N/A
Arsénico	mg/kg	4,8	17	0,4	3,9	13	3,1	7,6	6,7	6,2	0,6	0,2	0,2	12
Azufre	mg/kg	<500	<500	<500	<500	<500	<500	<500	<500	<500	<500	<500	<500	250
Bario	mg/kg	220,00	136	84	62	124	50	145	182	203,00	66	74	48	200
Berilio	mg/kg	0,7	0,3	0,1	0,2	0,4	0,2	0,4	0,5	0,5	0,3	0,3	0,2	N/A
Cadmio	mg/kg	0,3	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,3	0,3	0,3	<0,1	<0,1	<0,1	0,5
Cobalto	mg/kg	10	13	4,2	23	8,7	10	22	20	20	11	6,6	5,9	10
Cobre	mg/kg	16	28	49	38	41	93	46	41	33	70	21	20	25
Cromo	mg/kg	0,9	4,6	1,1	2,5	0,9	1,6	3,4	3,6	4,7	2,2	0,7	0,6	54
Estaño	mg/kg	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	5
Hierro	%	2,3	3,8	1,7	4,5	1,8	2,3	3,4	3,3	3,2	2,6	1,8	1,8	N/A
Manganeso	mg/kg	1178	572	732	932	786	778	4077	3186	3209	659	947	430	N/A
Mercurio	mg/kg	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1
Molibdeno	mg/kg	<0,2	1,1	0,9	0,8	0,9	1,0	1,2	0,8	1,3	1,7	0,2	<0,2	5
Níquel	mg/kg	2	1	<1	<1	<1	1	3	3	3	1	<1	1	19
Plata	mg/kg	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	N/A
Plomo	mg/kg	2,6	8,1	6,2	40	21	9,1	34	41	31	7,4	5,5	4,6	19
Selenio	mg/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1
Talio	mg/kg	0,3	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	<0,1	0,2	0,2	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	N/A
Vanadio	mg/kg	78	125	63	175	77	53	77	92	86	81	58	61	76
Zinc	mg/kg	70	28	38	6,5	28	42	170	196	187	33	27	25	60
Cromo Hexavalente	mg/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0,4
Aceites y Grasas	mg/kg	<50	70	241	<50	80	273	276	135	280	240	386	136	N/A



ID		S-01	S-02	S-03	S-04	S-05	S-06	S-07	S-08	S-09	S-10	S-11	S-12	TABLA 1. ANEXO 2. ACUERDO MINISTERIAL 097-A TULSMA CRITERIOS DE CALIDAD DEL SUELO
FECHA		15/04/2023	15/04/2023	14/04/2023	15/04/2023	15/04/2023	16/04/2023	15/04/2023	15/04/2023	15/04/2023	14/04/2023	14/04/2023	14/04/2023	
COORDENADAS WGS84 ZONA 17S		721151	723437	724054	723485	722980	725953	725047	725721	726944	729380	728330	729257	
	X	721151	723437	724054	723485	722980	725953	725047	725721	726944	729380	728330	729257	
	Y	9495701	9495906	9497273	9498810	9500609	9500583	9503177	9503179	9503471	9501418	9499898	9499830	
Hidrocarburos Totales de petróleo (C8-C40)	mg/kg	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	150
Valores fuera del valor acreditado del laboratorio.														
Valores fuera de criterio de calidad establecido para dicho parámetro.														

Fuente: Gruentec Cía Ltda., mayo 2023

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

Punto de muestreo S-01: Los resultados de monitoreo indican que todos los parámetros, se encuentra dentro del rango de calidad del suelo establecido en el A.M. 097A Tabla1, excepto por los parámetros: Bario (220 mg/kg; LMP: 200 mg/kg), Vanadio (78 mg/kg; LMP: 76 mg/kg), Zinc (70 mg/kg; LMP: 60 mg/kg).

Punto de muestreo S-02: Los resultados de monitoreo indican que todos los parámetros, se encuentra dentro del rango de calidad del suelo establecido en el A.M. 097A Tabla1, excepto por los parámetros: Arsénico (17 mg/kg; LMP: 12 mg/kg), Cobalto (13 mg/kg; LMP: 10 mg/kg), Cobre (28 mg/kg; LMP: 25 mg/kg), Vanadio (125 mg/kg; LMP: 76 mg/kg).

Punto de muestreo S-03: Los resultados de monitoreo indican que todos los parámetros, se encuentra dentro del rango de calidad del suelo establecido en el A.M. 097A Tabla1, excepto por los parámetros: pH (5,1; LMP: 6<pH<8), Cobre (49 mg/kg; LMP: 25 mg/kg).

Punto de muestreo S-04: Los resultados de monitoreo indican que todos los parámetros, se encuentra dentro del rango de calidad del suelo establecido en el A.M. 097A Tabla1, excepto por los parámetros: pH (5,1; LMP: 6<pH<8), Cobalto (23 mg/kg; LMP: 10 mg/kg), Cobre (38 mg/kg; LMP: 25 mg/kg), Plomo (40 mg/kg; LMP: 19 mg/kg), Vanadio (175 mg/kg; LMP: 76 mg/kg).

Punto de muestreo S-05: Los resultados de monitoreo indican que todos los parámetros, se encuentra dentro del rango de calidad del suelo establecido en el A.M. 097A Tabla1, excepto por los parámetros: pH (5,8; LMP: 6<pH<8), Arsénico (13 mg/kg; LMP: 12 mg/kg), Cobre (41 mg/kg; LMP: 25 mg/kg), Plomo (21 mg/kg; LMP: 19 mg/kg), Vanadio (77 mg/kg; LMP: 76 mg/kg).

Punto de muestreo S-06: Los resultados de monitoreo indican que todos los parámetros, se encuentra dentro del rango de calidad del suelo establecido en el A.M. 097A Tabla1, excepto por los parámetros: pH (5,5; LMP: 6<pH<8), Cobre (93 mg/kg; LMP: 25 mg/kg).

Punto de muestreo S-07: Los resultados de monitoreo indican que todos los parámetros, se encuentra dentro del rango de calidad del suelo establecido en el A.M. 097A Tabla1, excepto por los parámetros: pH (5,4; LMP: 6<pH<8), Cobalto (22 mg/kg; LMP: 10 mg/kg), Cobre (46 mg/kg; LMP: 25 mg/kg), Plomo (34 mg/kg; LMP: 19 mg/kg), Vanadio (77 mg/kg; LMP: 76 mg/kg), Zinc (170 mg/kg; LMP: 60 mg/kg).

Punto de muestreo S-08: Los resultados de monitoreo indican que todos los parámetros, se encuentra dentro del rango de calidad del suelo establecido en el A.M. 097A Tabla1, excepto por los parámetros: pH (5,1; LMP: 6<pH<8), Cobalto (20 mg/kg; LMP: 10 mg/kg), Cobre (41 mg/kg; LMP: 25 mg/kg), Plomo (41 mg/kg; LMP: 19 mg/kg), Vanadio (92 mg/kg; LMP: 76 mg/kg), Zinc (196 mg/kg; LMP: 60 mg/kg).

Punto de muestreo S-09: Los resultados de monitoreo indican que todos los parámetros, se encuentra dentro del rango de calidad del suelo establecido en el A.M. 097A Tabla1, excepto por los parámetros: pH (5,4; LMP: 6<pH<8), Bario (203 mg/kg; LMP: 200 mg/kg), Cobre (33 mg/kg; LMP: 25 mg/kg), Plomo (31 mg/kg; LMP: 19 mg/kg), Vanadio (86 mg/kg; LMP: 76 mg/kg), Zinc (187 mg/kg; LMP: 60 mg/kg).

Punto de muestreo S-10: Los resultados de monitoreo indican que todos los parámetros, se encuentra dentro del rango de calidad del suelo establecido en el A.M. 097A Tabla1, excepto por los parámetros: pH (4,7; LMP: 6<pH<8), Cobre (70 mg/kg; LMP: 25 mg/kg), Vanadio (81 mg/kg; LMP: 76 mg/kg).

Punto de muestreo S-11: Los resultados de monitoreo indican que todos los parámetros, se encuentra dentro del rango de calidad del suelo establecido en el A.M. 097A Tabla1, excepto por los parámetros: pH (5,3; LMP: 6<pH<8).

Punto de muestreo S-12: Los resultados de monitoreo indican que todos los parámetros, se encuentra dentro del rango de calidad del suelo establecido en el A.M. 097A Tabla1, excepto por los parámetros: pH (5,6; LMP: 6<pH<8).

#### **7.1.5.2.1 Discusión de resultados**

Los parámetros identificados fuera de rango de calidad de conformidad con la legislación ambiental vigente (Tabla 1, Anexo 2, AM 097-A) durante la campaña de muestreo de línea base corresponde a pH, cobre, vanadio, zinc, plomo, cobalto, arsénico y bario.

A continuación, se presenta un análisis basado en la correlación de los resultados obtenidos, con la geología local, así como la información liberada por el titular minero, la cual consta de la siguiente:

- En un primer análisis se considera el análisis químico de 1441 muestras suelo realizados entre los años 2018 y 2022 por el área de geología, con finalidad de estudiar geológicamente el área. Se debe indicar que, debido a la extensión de dicha información la misma se coloca únicamente en el Anexo B. Línea Base, B1. Componente\_físico, 5. Calidad de suelo, documento: 1. SOILS\_MASTER\_GRR\_Porvenir\_fp.
- Posteriormente se incluye información de muestreo de suelo ambiental, realizado por el área correspondiente. Dicho monitoreo cuenta con 12 muestras tomadas entre 2019-2021 analizadas por el laboratorio Gruentec Cía. Ltda. La información proporcionada por dicha área se presenta en el Anexo B. Línea Base, B1. Componente\_físico, 5. Calidad de suelo, carpeta: 2. Suelo Ambiental.

La información señalada anteriormente permitirá reforzar el análisis al respecto de la ocurrencia de parámetros identificados como fuera de norma.

Dentro del contexto geológico de la zona, ha quedado previamente establecido que en el sitio se identifica la formación Batolito de Zamora, donde de forma característica se identifican sistemas de pórfidos Cu – Au (Romero, et al, 2023), este tipo de pórfido alberga varios de los tipos de mineralización más ampliamente distribuidos en los límites de placas convergentes, incluidos depósitos epitermales suprayacentes de alta e intermedia sulfuración. La reología y composición de las rocas hospedantes pueden influir fuertemente en el tamaño, la ley y el tipo de mineralización generada en los sistemas de pórfido de Cu (Sillitoe, 2000).

De manera general dependiente del tipo de asociación concentran elementos como: Cu, Mo, Ag, Au, Pb, Zn y Mn, mientras otros elementos aparecen como trazas: As, Bi,

Sn, Rh y Pt, mientras que la calcopirita es el mineral hipogénico dominante, existiendo otros minerales importantes como la tetraedrita, tennantita, enargita.

La distribución de la alteración hidrotermal se forma en capas concéntrica a partir de un núcleo de alteración potásica cubierto sucesivamente de alteraciones filítica, argilítica y propilítica, correspondiendo probablemente a un ambiente de actividad deutérica de las últimas fases del magmatismo. La mineralización y alteraciones que se producen por la formación de un pórfido están ampliamente definidas y estandarizadas.

Cubriendo la zona de alteración potásica se muestra la capa de alteración filítica donde envuelven minerales de alteración como cuarzo, sericita, pirlita, hidromica, clorita y rutilo; incluyendo partes del cuerpo mineralizado, especialmente de pirlita. En la alteración argilítica dominan minerales como cuarzo, caolinita y montmorillonita. La alteración propilítica contiene el conjunto de minerales de alteración clorita-epidota-calcita, que reemplazan a anfíboles, biotita y plagioclasas; afectando a gran parte de la roca.

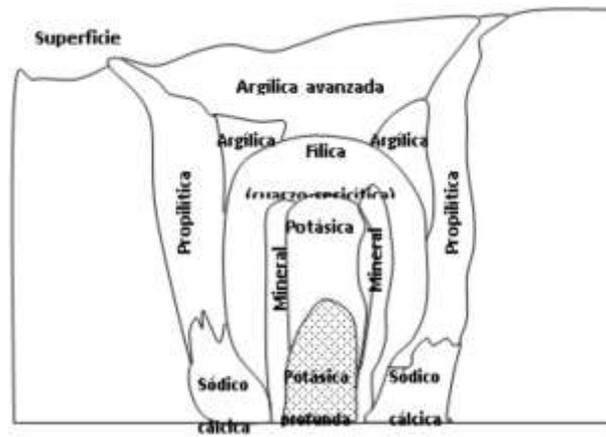


Figura 7-31 Esquema general de una masa de pórfido cuprífero, modelo de yacimiento hidrotermal con los minerales diseminados en cristales individuales o en filoncillos, sin una separación neta entre la mena y la ganga (Modificado de Lowell y Guilbert, 1970).

Al respecto del pH, existen suelos naturalmente ácidos debido a la presencia de ciertos metales, como el aluminio y el hierro, en su composición por sobre niveles como cationes alcalinos como calcio, magnesio, potasio y sodio. La precipitación excesiva es un agente eficaz para la eliminación de cationes básicos, con lo cual los suelos en estas regiones tienden a volverse ácidos. Otro factor, es la roca madre, por ejemplo, suelos formados a partir de material granítico suelen ser ácidos, con respecto a aquellos formados a partir de esquistos calcáreo o piedra caliza. La mayoría de los metales tienden a estar más disponibles a pH ácido (Kabata-Pendias, 2000, citado en González, et al, 2009). Por otra parte, la descomposición de materia orgánica en conjunto con la lluvia forma ácido carbónico que contribuye a la acidificación del suelo (Zhang, 2017).

El Batolito de Zamora, es una gran intrusión ígnea compuesta predominantemente por granodioritas hornbléndicas-biotíticas y dioritas hornbléndicas (Prodeminca, 2000). De acuerdo con Romero, y otros, 2023 el mismo, cuenta con pequeños cuerpos intrusivos de composición intermedia a ácida, en las que se reporta mineralizaciones especialmente, pórfidos de Cu-Au, entre otros. Las rocas graníticas, como las que componen el Batolito de Zamora, se alteran químicamente y se descomponen

lentamente, por su composición ácida, deriva en la formación de suelos ligeramente ácidos (Dorronsor, 2024). En consecuencia, como fue citado en el párrafo anterior, un pH ácido puede aumentar la solubilidad y movilidad de metales pesados en el suelo, lo que es coherente con los altos niveles de metales pesados como los observados en el área de estudio en los múltiples muestreos realizados por la empresa así como los levantados durante la elaboración de la línea base.

En tal sentido, el análisis de la geología local, sugiere que los valores fuera de norma de los elementos químicos / trazas en los resultados del análisis de las muestras de suelo están relacionados a las mineralizaciones y alteraciones explicadas previamente del proceso en conjunto que se genera por la formación de un pórfido e infusiones hidrotermales sobreyaciendo al mismo.

Por otra parte, a continuación se realiza una descripción de los hallazgos encontrados en la base de datos de resultados de 1441 puntos de muestreo de suelo realizados por el área de geología de la empresa, con respecto a los parámetros fuera de norma obtenidos durante el levantamiento de línea base.

- **Cobre:** Se identifica que de los 1441 puntos muestreados, 1312 presentan valores fuera de norma (91% de los puntos muestreados). Los puntos se encuentran distribuidos en las concesiones Porvenir 1 (567), Porvenir 2 (653), Porvenir 3 (74) y Porvenir 4 (18). Así mismo, la matriz señala que solo 151 de estos puntos se tomaron en áreas donde se desarrollan actividades como agricultura (25), silvicultura (58), ganadería (50) y actividad doméstica (18); de manera que en 1161 puntos muestreados no existe ningún tipo de intervención. La concentración promedio de entre aquellas fuera de norma se encuentra en 148,65 mg/kg. Siendo la concentración mínima 25,2 mg/kg y 4170 mg/kg la máxima.
- **Vanadio:** Se identifican que 1153 puntos se encuentran fuera de norma (80% de los puntos muestreados). Los puntos se encuentran distribuidos en las concesiones Porvenir 1 (456), Porvenir 2 (598), Porvenir 3 (80) y Porvenir 4 (19). Así mismo, la matriz señala que solo 138 de estos puntos se tomaron en áreas donde se desarrollan actividades como agricultura (21), silvicultura (48), ganadería (52) y actividad doméstica (16); de manera que en 1015 puntos no existe ningún tipo de intervención. La concentración promedio de entre aquellas fuera de norma se encuentra en 144,17 mg/kg. Siendo la concentración mínima 76,3 mg/kg y 524 mg/kg la máxima.
- **Zinc:** Se identifican 349 puntos con valores fuera de norma (24% de los puntos muestreados). Los puntos se encuentran distribuidos en las concesiones Porvenir 1 (159), Porvenir 2 (188), Porvenir 3 (1) y Porvenir 4 (1). Así mismo, la matriz señala que solo 32 de estos puntos se tomaron en áreas donde se desarrollan actividades como agricultura (10), silvicultura (8), ganadería (13) y actividad doméstica (1); de manera que en 317 puntos no existe ningún tipo de intervención. La concentración promedio de entre aquellas fuera de norma se encuentra en 121,83 mg/kg. Siendo la concentración mínima 60,2 mg/kg y 622 mg/kg la máxima.
- **Plomo:** En relación con las muestras tomadas por la empresa durante la fase de exploración realizada entre 2018 y 2022 en el área del proyecto se identifica que de los 1441 puntos muestreados, 768 presentan valores fuera de norma (53,3% de los puntos muestreados). Los puntos se encuentran distribuidos en las

concesiones Porvenir 1 (342), Porvenir 2 (383), Porvenir 3 (37) y Porvenir 4 (6). Así mismo, la matriz señala que solo 61 de estos puntos se tomaron en áreas donde se desarrollan actividades como agricultura (13), silvicultura (18), ganadería (27) y actividad doméstica (3); de manera que en 707 puntos no existe ningún tipo de intervención. La concentración promedio de entre aquellas fuera de norma se encuentra en 63,24 mg/kg. Siendo la concentración mínima 19,1 mg/kg y 1005 mg/kg la máxima.

- **Cobalto:** Se identifica que de los 1441 puntos muestreados, 604 presentan valores fuera de norma (41,9% de los puntos muestreados). Los puntos se encuentran distribuidos en las concesiones Porvenir 1 (303), Porvenir 2 (265), Porvenir 3 (27) y Porvenir 4 (9). Así mismo, la matriz señala que solo 73 de estos puntos se tomaron en áreas donde se desarrollan actividades como agricultura (19), silvicultura (24), ganadería (21) y actividad doméstica (9); de manera que en 531 puntos no existe ningún tipo de intervención. La concentración promedio de entre aquellas fuera de norma se encuentra en 176,52 mg/kg. Siendo la concentración mínima 10,05 mg/kg y 1995 mg/kg la máxima.
- **Arsénico:** En relación con las muestras tomadas por la empresa durante la fase de exploración realizada entre 2018 y 2022 en el área del proyecto se identifica que de los 1441 puntos muestreados, 642 presentan valores fuera de norma (44,6 % de los puntos muestreados). Los puntos se encuentran distribuidos en las concesiones Porvenir 1 (383), Porvenir 2 (206), Porvenir 3 (46) y Porvenir 4 (7). Así mismo, la matriz señala que solo 90 de estos puntos se tomaron en áreas donde se desarrollan actividades como agricultura (11), silvicultura (35), ganadería (35), ocupación domestica (10 sitios); de manera que en 552 puntos no existe ningún tipo de intervención. La concentración promedio de entre aquellas fuera de norma se encuentra en 31,79 mg/kg. Siendo la concentración mínima 12,05 mg/kg y 302 mg/kg la máxima.
- **Bario:** En relación con las muestras tomadas por la empresa durante la fase de exploración realizada entre 2018 y 2022 en el área del proyecto se identifica que de los 1441 puntos muestreados, 91 presentan valores fuera de norma (6,3% de los puntos muestreados). Los puntos se encuentran distribuidos en las concesiones Porvenir 1 (54), Porvenir 2 (35), Porvenir 3 (1) y Porvenir 4 (1). Así mismo, la matriz señala que solo 13 de estos puntos se tomaron en áreas donde se desarrollan actividades como agricultura (4), silvicultura (4), ganadería (7); de manera que en 78 puntos no existe ningún tipo de intervención. La concentración promedio de entre aquellas fuera de norma se encuentra en 287,77 mg/kg. Siendo la concentración mínima 201 mg/kg y 795 mg/kg la máxima.
- Se debe mencionar que la base de datos liberada por la empresa existen otros parámetros fuera de norma entre ellos: boro (99,9% de las muestras tomadas), cromo (0,1% de las muestras tomadas), mercurio (92,1 % de las muestras tomadas), molibdeno (10,8 % de las muestras tomadas), selenio (60,7% de las muestras tomadas), los cuales si bien no presentaron anomalías en el levantamiento de línea base, si podrían presentar resultados por sobre la norma en futuros muestreos.

Los resultados del muestreo indican una alta incidencia de concentraciones de metales pesados fuera de norma en las concesiones evaluadas. Con el 91% de los puntos muestreados para cobre, 80% para vanadio, 24% para zinc, 53.3% para plomo, 41.9%

para cobalto, 44.6% para arsénico y 6.3% para bario excediendo los límites normativos, se evidencia una presencia significativa de estos elementos en el área.

Un aspecto crucial del análisis es la localización de los puntos fuera de norma. La gran mayoría de estos puntos se encuentran en áreas sin intervención humana significativa. Por ejemplo, en el caso del cobre, 1161 de los 1312 puntos fuera de norma están en zonas no intervenidas. Esta tendencia se repite para otros metales como el vanadio, donde 1015 de los 1153 puntos fuera de norma también están en áreas sin actividad humana. Este patrón sugiere que las concentraciones elevadas de metales pesados son atribuibles a fuentes naturales más que a actividades antropogénicas.

En cuanto a las muestras de suelo ambiental, a continuación se presenta una tabla con los resultados de las 12 muestras de suelo ambiental analizadas entre 2019-2021.

Tabla 7-41 Resultados análisis de suelo ambiental elaborado por Green Rock.

Tabla 1 Anexo 2 . Acuerdo Ministerial 097-A TULSMA										
	LÍMITES PERMISIBLES		6 - 8	12	200	10	25	19	76	60
	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN		2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2
	UNIDADES			mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
	INCERTIDUMBRE CÁLCULO: $C \pm UXC$ EN DONDE: C=VALOR MEDIDO; U= INCERTIDUMBRE.		0,2	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
PUNTO DE MUESTREO	FECHA DE MUESTREO	CONCESIÓN	PH	ARSÉNICO TOTAL	BARIO TOTAL	COBALTO TOTAL	COBRE TOTAL	PLOMO TOTAL	VANADIO TOTAL	ZINC TOTAL
NPP07	10-dic-20	Porvenir	5,1	4,5	25	1,8	144	24	241	10
P1-R-POR001-2 (S)	25-jun-19	Porvenir	4,4	3,9	11	1,7	170	70	142	1,9
P5-R_POR009-10-11 (S)	28-jun-19	Porvenir	3,7	0,1	40	0,1	4,8	38	2,3	0,2
NP04-S	13-dic-20	Porvenir	4,5	6,7	15	0,9	183	73	148	34
NPP15-S	05-mar-21	Porvenir	4,7	4,6	57	0,2	102	26	15	4,6
NPP16-S	05-mar-21	Porvenir	5,1	4,8	63	11	337	18	65	85
NPP17-S	05-mar-21	Porvenir	4,4	6,1	190	<0.1	150	84	34	19
NPP18 (S)	17-jun-21	Porvenir	4,5	10	23	33	279	154	92	39
NPP19 (S)	17-jun-21	Porvenir	4,8	5,6	50	9,5	93	75	82	37
NPP22-S	14-sep-21	Porvenir	4,3	21	4,3	0,5	35	20	145	5,8
PLT-09 (S)	01-oct-21	Porvenir	4,1	20	16	0,3	95	23	72	30
PLT-02 (S)	02-oct-21	Porvenir	4,5	19	31	0,4	86	15	69	12

Fuente: Green Rock., mayo 2023

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

Los resultados del monitoreo de suelo ambiental de las muestras tomadas en el proyecto El Porvenir, permiten identificar tendencias marcadas entre ellas.

Los suelos del área de estudio son principalmente ácidos, lo cual concuerda con el análisis geológico anteriormente presentado, que señala que esto se debe a la roca madre del área de estudio, en este caso el batolito de Zamora, formado de rocas granitoides principalmente ácidas.

El cobre, plomo y vanadio tienen una presencia importante en el área de estudio, se puede observar que las concentraciones son bastante elevadas con respecto al criterio de calidad establecido en normativa. Nuevamente, estos hallazgos son congruentes con la información geológica revisada anteriormente.

En cuanto a arsénico, bario, cobalto y zinc, si bien presentan menor densidad de puntos que superan el criterio de calidad, se aprecia una tendencia en su presencia, que se corrobora con las muestras tomadas por el área geológica.

Como se puede observar, al realizar el análisis geológico, de las muestras del área geológica y el área ambiental, podemos determinar que debido a las condiciones mineralógicas de la zona, ciertos parámetros de metales pesados y pH se encuentran fuera de los límites permisibles.

Los resultados actuales son consistentes con los hallazgos del muestreo puntual de línea base realizado para el presente estudio, donde también se encontraron niveles elevados de metales pesados fuera de norma. Esta consistencia geográfica y temporal refuerza la hipótesis de un origen natural. La uniformidad en la distribución de las concentraciones anómalas a lo largo de diferentes concesiones (Porvenir 1, 2, 3, y 4) sin una correlación clara con áreas de actividad humana reciente apoya aún más esta conclusión.

La diversidad de metales pesados encontrados en concentraciones elevadas, incluyendo cobre, vanadio, zinc, plomo, cobalto, arsénico y bario, sugiere una fuente geológica común. La composición mineral del subsuelo en esta región parece ser la causa más posible de estas concentraciones elevadas, dado que los puntos fuera de norma están predominantemente en áreas sin intervención agrícola, silvícola, ganadera o doméstica.

En tal sentido, se deberá considerar a futuro lo señalado en el Anexo 2 del AM 097 – A, numeral 4.4.1. “En caso de evidenciar valores superiores a los establecidos en la Tabla 1, de origen natural, estos se considerarán como línea base inicial antes de la implementación del proyecto.”

### **7.1.6 Cobertura vegetal y uso actual**

El análisis de este componente fue elaborado a partir de información oficial generada por el Ministerio del Ambiente (2018) y de la imagen satelital de la zona. Para su interpretación se tomaron criterios tales como: tono, color, textura, tamaño y, luego, con trabajos de campo, se llegó a definir los diferentes tipos de uso existentes en el

sector. Además, se consideraron aspectos fisonómicos de la vegetación del área y parámetros geomorfológicos<sup>2</sup>.

En base a lo anterior, se definió que la cobertura vegetal y uso de suelo presente en el área de estudio es: Bosque Nativo (BN), Vegetación Arbustiva (VA) y Tierra Agropecuaria, cuyos porcentajes de cobertura por área operativa se describen a continuación. (Ver Anexo I Cartografía, 1. Mapas\_pdf, Mapa 11: Mapa de uso de Suelo y Cobertura Vegetal).

Tabla 7-42 Cobertura vegetal área operativa de El Porvenir

CONCESIÓN (ÁREA OPERATIVA)	COBERTURA	ÁREA HA (ÁREA OPERATIVA)	TOTAL	%
El Porvenir 1	Bosque	1674,03	2050,00	81,66
	Tierra Agropecuaria	375,97		18,34
El Porvenir 2	Bosque	2318,05	2426,00	95,55
	Tierra Agropecuaria	40,82		1,68
	Vegetación Arbustiva y Herbácea	67,12		2,77
El Porvenir 3	Bosque	482,58	590,00	81,79
	Tierra Agropecuaria	107,41		18,21
El Provenir 4	Bosque	187,78	194,99	96,30
	Tierra Agropecuaria	7,22		3,70

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023  
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

A continuación, se describen las características de cada tipo de cobertura de acuerdo con lo señalado en la bibliografía oficial MAATE, 2018.

#### 7.1.1.1 Bosque Nativo (BN)

Es un ecosistema arbóreo, caracterizado por la presencia de árboles y arbustos de múltiples especies nativas, edades y alturas variadas, regenerado por sucesión natural, con una asombrosa biodiversidad de vegetales, animales y microorganismos, que viven en armonía

#### 7.1.1.2 Vegetación Arbustiva y Herbácea (VA)

Producto del desbroce, la línea para evitar erosión y la definición de senderos permanentes, pastizales pobres generalmente no fertilizados y no mantenidos, incluso cuando contengan una vegetación arbustiva.

<sup>2</sup> Metodología definida por el Ministerio del Ambiente en el Catalogo de Metadatos del Mapa de Cobertura y Uso de la Tierra del Ecuador Continental Año 2018.

### **7.1.1.3 Tierra Agropecuaria**

La tierra agropecuaria corresponde a un área de terreno orientada tanto al cultivo del campo como a la crianza de animales, es decir, está destinada para actividades tanto agrícolas como y ganaderas.

Los cultivos están constituidos por extensiones de terreno de pocas hectáreas hasta de menos de una hectárea, destinadas a la siembra de especies de subsistencia y comerciales.

### **7.1.7 Hidrogeología**

El mapa Hidrogeológico del Ecuador escala 1:250.000 elaborado por ESPOL TECH E.P. del año 2014 se tomó como base para describir las características hidrogeológicas regionales de la litología de la zona de estudio. Sin embargo, es importante aclarar que dicho mapa no cuenta con una actualización litológica de conformidad con el Mapa Geológico Regional del Ecuador, escala 1:1 000 000 (exINIGEM, 2017), por tal motivo, se tomará únicamente la información hidrogeológica y se relacionará con la litología del Mapa Geológico Regional del año 2017.

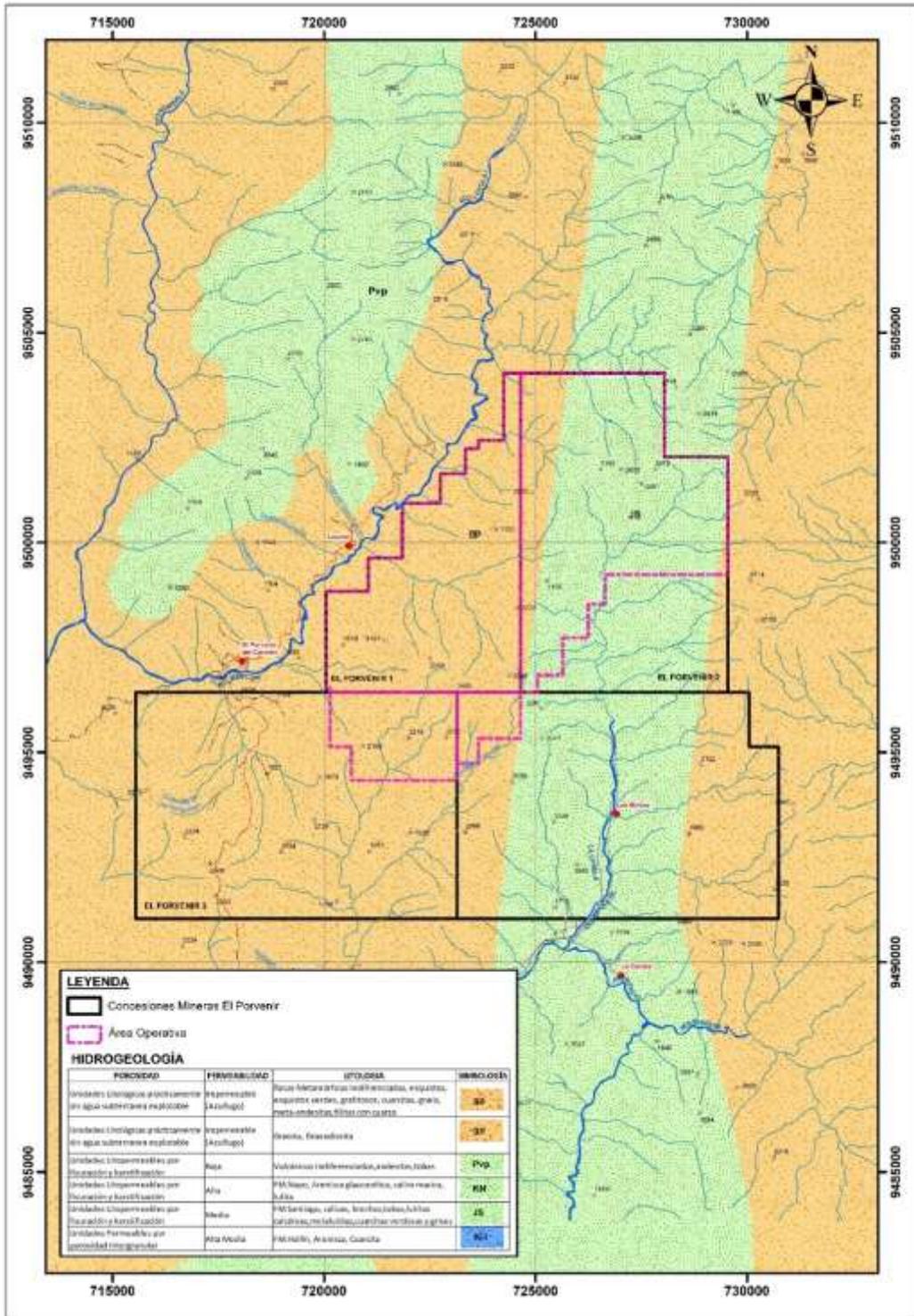


Figura 7-32 Mapa hidrogeológico del Ecuador escala 1:1'000.000

Fuente: Mapa Hidrogeológico del Ecuador SENAGUA 2014  
 Elaboración: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

### 7.1.7.1.1 Características hidrogeológicas

La Empresa Pública de Servicios ESPOLTECH E.P. y el Centro de Investigación y Proyectos Aplicados a las Ciencias de la Tierra (CIPAT) (2014) señalan en su Informe las características hidrogeológicas de las litologías presentes en la zona de estudio las cuales se detallan en la siguiente Tabla (Ver Anexo I Cartografía, 1. Mapas\_pdf, – 10 Mapa Hidrogeológico).

Tabla 7-43 Características Hidrogeológicas de los depósitos presentes en el área de estudio

<b>LITOLOGÍA</b>	<b>POROSIDAD</b>	<b>PERMEABILIDAD</b>
Rocas volcánicas intrusivas calcoalcalinas y subvolcánicas	Secundaria	Impermeable
Constituida por areniscas blancas y cuarcitas muy compactas	Primaria	Alta a media

Fuente: ESPOL TECH – CIPAT (2014)

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

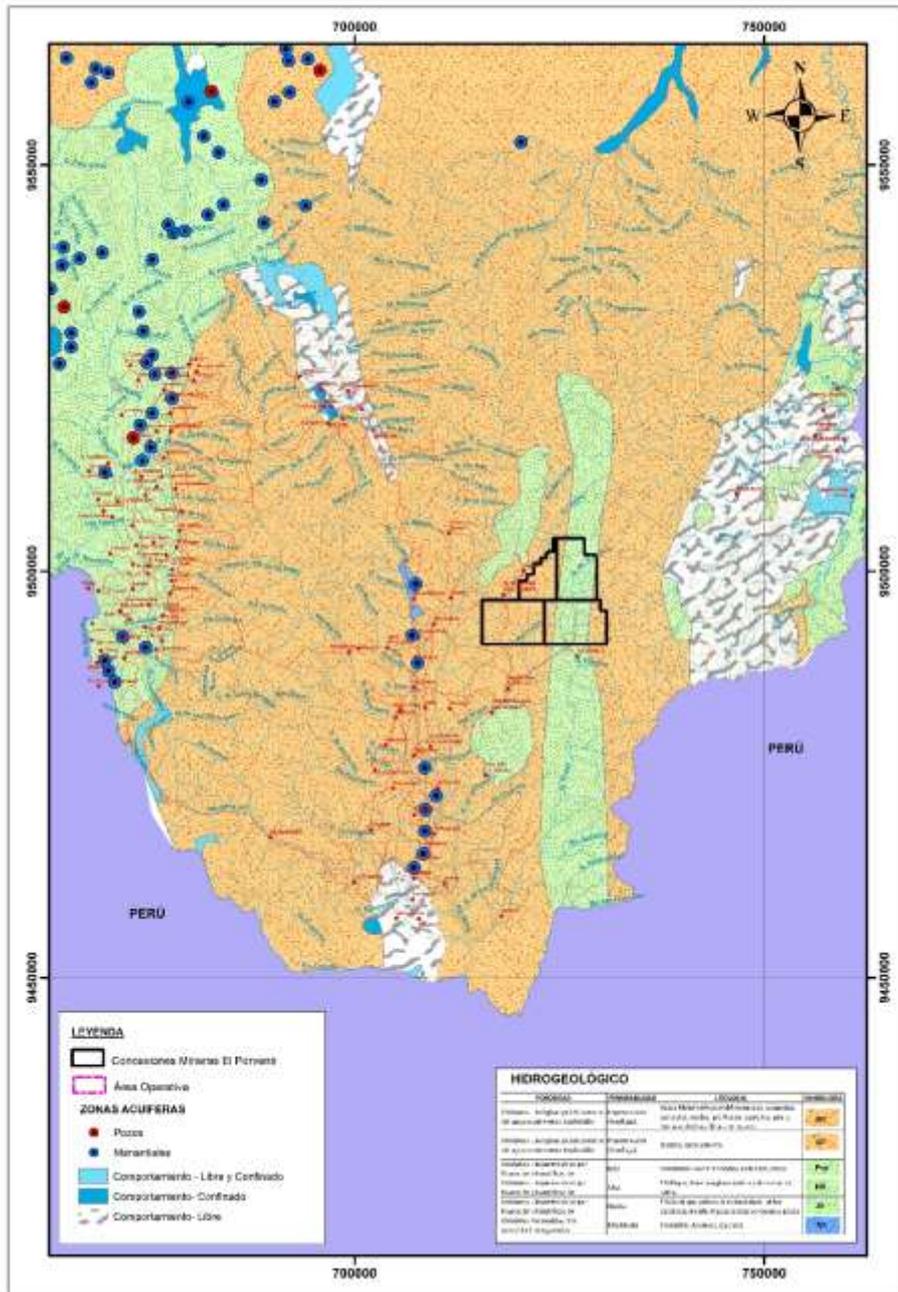


Figura 7-33 Zonas acuíferas

Fuente: SENAGUA 2014  
Elaboración: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

De acuerdo con SENAGUA 2014, en el área de estudio no existen zonas acuíferas. (Ver Anexo I Cartografía, 1. Mapas\_pdf, – 10.1 Zonas Acuíferas).

#### 7.1.7.1.2 Conclusión

La permeabilidad y porosidad de una masa rocosa o de suelo dependerá principalmente de la litología donde recorran las aguas subterráneas, las transmisibilidad e intercomunicación de los poros que lo conforman, es así que se determina que principalmente dentro del área de estudio las permeabilidades serán

prácticamente impermeables en las rocas intrusivas calcoalcalinas y en las areniscas compactas la permeabilidad será alta a media. En función del comportamiento litológico frente a las aguas subterráneas, se diferencian 2 sistemas hidrogeológicos: acuíferos, en los depósitos clásticos; y acuífugos en las rocas intrusivas.

### **7.1.8 Hidrología**

El análisis hidrológico permite evaluar el comportamiento del recurso hídrico superficial de los principales ríos, quebradas y drenajes que forman parte del medio físico del proyecto minero Porvenir, y entender su relación con potenciales impactos durante el desarrollo del proyecto minero.

Se ha identificado la red de drenaje superficial considerando las áreas donde se realizarán actividades de exploración dentro del proyecto minero Porvenir, definiendo sitios de interés, en los cuales se han determinado las características hidrológicas.

Se definieron subcuencas hidrográficas hasta los sitios considerados de interés, para el análisis de las características hidrológicas y a la calidad del agua del recurso hídrico superficial.

#### **7.1.8.1 Información disponible**

La información recopilada y considerada para la definición de la línea base del componente de hidrología, se detalla a continuación:

##### **7.1.8.1.1 Información cartográfica base**

- Cartas topográficas a escala 1:50.000, en formato digital, que fue obtenida del Instituto Geográfico Militar (IGM), 2011, en el sistema de referencia Universal Transversal de Mercator (UTM) Datum WGS84 17S.
- Cartografía básica a escala 1:25.000. IGM, 2017, en el sistema de referencia Universal Transversal de Mercator (UTM) Datum WGS84 17S.
- Modelo de Elevación Digital, JAXA NASA 2012, IMAGEN SATELITAL ALOS PALSAR, Resolución 12 x 12 m. (AP\_26155\_FBS\_F7090\_RT1.dem.tif).

##### **7.1.8.1.2 Información cartográfica temática**

- Concesión minera. - Límite de las concesiones mineras Porvenir 1 (50000879), Porvenir 2 (50000876), Porvenir 3 (50000877) y Porvenir 4 (50000878), Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables – ARCERNNR, 2023.
- Área operativa. – Límite del área operativa en las Porvenir 1 (50000879), Porvenir 2 (50000876), Porvenir 3 (50000877) y Porvenir 4 (50000878), durante la fase de exploración avanzada, Green Rock Resources S.A., 2023.
- Subcuencas hidrográficas. - Sobre la base de la cartografía de información básica de curvas de nivel y red hidrográfica a escala 1:25.000 (IGM, 2017) y

del Modelo de elevación digital escala 1:10.000 (JAXA NASA, 2012), se definieron las subcuencas hidrográficas de interés.

- Geopedología. - información de Taxonomía de Suelos, texturas, pendientes, formaciones. Generada por MAGAP, SIPA, 2017. Escala 1:25 000.
- Sistemas Productivos. - información de Mapa de Cobertura y Uso del suelo, Generada por MAGAP, SIPA, 2017. Escala 1:25.000.
- Estaciones hidrometeorológicas. - En base a la información de los anuarios meteorológicos e hidrológicos del INAMHI, 2015, se ha conformado una base de datos de la ubicación de estaciones en el área del proyecto.
- Isoyetas. - información de Isoyetas a nivel Nacional, Escala 1:250.000, Año 2002, generada por Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca – MAGAP y el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI.
- Unidades hídricas. – Corresponde a la información de codificación de unidades hídricas nivel 6 considerando la metodología Pfafstetter, MAATE, 2020. Escala 1:50.000.
- Banco Nacional de Autorizaciones. - información de autorizaciones de uso y aprovechamiento de agua, Año 2020, Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, MAATE.

#### **7.1.8.1.3 Información hidrológica**

- Anuarios Hidrológicos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2015).

#### **7.1.8.2 Metodología**

El análisis hidrológico del área de estudio asociada a la fase de exploración avanzada del proyecto minero Porvenir se realizó en las siguientes etapas:

- **Recopilación de Información**  
En esta fase se revisó y analizó la información hidrológica disponible. Se analizó la red de drenaje hídrica en el área de las concesiones mineras, definiendo sitios de interés considerando la cantidad y calidad del recurso hídrico, luego se delimitaron las subcuencas hidrográficas de interés con base en la cartografía y a los modelos de elevación digital tomando en cuenta los sitios de interés.
- **Levantamiento de Información de Campo**  
Durante los trabajos de campo se cumplieron las siguientes actividades: reconocimiento del área de estudio, identificación de los cursos hídricos principales, mediciones de caudal (aforos) con el fin de evaluar la cantidad del recurso hídrico y adicionalmente se levantó la sección transversal del cauce en sitios de interés.
- **Caracterización hidrológica de la línea base**

Se realizó la integración de la información recopilada y levantada en campo, y con base en esta información hidrológica disponible se evalúa el recurso hídrico superficial presente en los diferentes cauces, se determinan los caudales medios, mínimos y máximos, los caudales ecológicos y los usos del recurso hídrico en las subcuencas de interés en el área de estudio.

Las actividades realizadas como parte del componente hidrológico fueron:

- Recopilación, y análisis de la información hidrometeorológicas existente en la zona;
- Definición de sitios de interés hidrológico asociadas a las actividades en las concesiones del proyecto minero Porvenir, considerando el área operativa de intervención durante la fase de exploración avanzada;
- Analizar la red hidrográfica existente y las condiciones de drenaje (Pendientes, tipo de suelos, cobertura vegetal, etc.);
- Definición de las características físicas de las subcuencas hidrográficas de interés;
- Conformación de la base de datos hidrológicos de la estación base, considerada para el análisis;
- Análisis del balance hídrico del área del proyecto minero Porvenir.
- Análisis de caudales medios, mínimos y máximos en las subcuencas hidrográficas de interés.
- Determinación de caudales ecológicos en los cauces de interés.
- Análisis de usos de agua en las subcuencas de interés.

Determinación de riesgos naturales hacia el proyecto asociado a eventos de tormentas, estimación de niveles y velocidades de flujo para caudales de crecida.

Se ubicaron sitios de interés en la red de drenaje natural, se definieron sus respectivas subcuencas, para posteriormente establecer las características físicas y los caudales característicos en cada sitio. Los sitios de interés hidrológico se definen tomando en cuenta posibles impactos en la cantidad y la calidad del recurso hídrico presente en los cauces, en este sentido la definición de los sitios de interés considero secciones de los cauces ubicadas aguas arriba y aguas abajo del límite de las concesiones y del área operativa del proyecto minero Porvenir.

#### **7.1.8.2.1 Balance hídrico**

El balance hídrico permite definir el déficit o excesos de agua en el suelo, y que transforman luego en caudales superficiales o subterráneos.

El cálculo del balance hídrico considera el método de Thornthwaite, que define a nivel mensual las entradas y salidas de agua en el suelo, de esta manera permite definir la escorrentía en una zona determinada.

El balance permite contrastar la lámina de escorrentía superficial determinada a partir de los datos de precipitación versus la escorrentía superficial registrada en una estación hidrológica.

### 7.1.8.2.2 Caudales medios y mínimos

Para la estimación de caudales en una subcuenca de interés es necesario disponer de datos históricos. En general, la estimación de los caudales en una cuenca sin información es uno de los problemas de la hidrología.

La regionalización hidrológica permite la transferencia de información hidrológica a cuencas sin registro que pertenecen a una misma región hidrológica. Los modelos de regionalización son basados en las características fisiográficas y climáticas de una región de interés (Dalrymple, 1960; Tucci et al., 1995; Ourda et al., 2001, Falco et al., 2012).

El cálculo de los caudales medios mensuales en las subcuencas sin información hidrológica, se realiza la transferencia de caudales entre una estación hidrológica base y las subcuencas de interés.

De acuerdo con el Estudio Hidrológico y Ubicación de la Red de Estaciones Hidrométricas en la Cuenca del Río Rímac, para la transferencia de caudales medios, se puede aplicar la siguiente metodología (ANA, 2010):

La técnica de transferencia de información se realiza empleando parámetros adimensionales que contengan las variables a transferir. En general la transferencia de caudales es un método que consiste en relacionar el área, caudal y la precipitación.

Aplicando los parámetros adimensionales a una subcuenca con información conocida y a la subcuenca sin información, se aplican relaciones como la que se incluye a continuación<sup>3</sup>:

$$\frac{Q_C}{A_C P_C} = \frac{Q_S}{A_S P_S}$$

En la cuenca sin información casi nunca se conoce las escorrentías, pero sí se conoce el área y la precipitación, entonces la ecuación es la siguiente:

$$Q_S = Q_C \left( \frac{A_S}{A_C} \right) x \left( \frac{P_S}{P_C} \right)$$

Donde:

$Q_S$  = Caudal de la cuenca sin información ( $m^3/s$ ).

$Q_C$  = Caudal de la cuenca con información ( $m^3/s$ ).

$A_S$  = Área de la cuenca sin información ( $km^2$ ).

$A_C$  = Área de la cuenca con información ( $km^2$ ).

$P_S$  = Precipitación de la cuenca sin información (mm)

<sup>3</sup> Estudio Hidrológico y Ubicación de la Red de Estaciones Hidrométricas en la Cuenca del Río Rímac, Autoridad Nacional del Agua del Perú ANA, 2010.

$P_C$  = Precipitación de la cuenca sin información (mm)

Por tanto, el caudal en una cuenca se considera proporcional a la relación de las áreas de drenaje y de la precipitación de las subcuencas, lo que se conoce como proporcionalidad hidrológica.

### 7.1.8.2.3 Cálculo de CDG y CVE

El procedimiento para la elaboración de Curvas de Duración General (CDG) y Curvas de Variación Estacional (CVE), como metodología para evaluar los caudales medios y los caudales mínimos de las subcuencas, si se dispone de suficiente información, es detallado a continuación.

Se debe disponer de registros de caudales medios diarios o mensuales, de un periodo representativo de al menos de 10 años.

#### a. Curva de duración general (CDG)

Esta curva, llamada también curva de permanencia o persistencia de caudales, puede ser definida con caudales diarios, mensuales y anuales. Consiste en la representación gráfica en orden decreciente de los caudales observados ( $Q_i$ ), asociados a una frecuencia o duración que suele expresarse en porcentaje.

La duración representa el intervalo de tiempo durante el cual los caudales ( $Q_i$ ) son iguales o superiores a un valor específico  $Q_j$ . En la curva de duración general (CDG), constan los caudales con su correspondiente probabilidad de ser igualados o excedidos.

Así, por ejemplo:  $Q_{90\%}$  es un caudal que es igualado o excedido el 90% de las veces; es decir, el 90% de los caudales de la serie igualan o exceden al  $Q_{90\%}$ .

Para construir la CDG, la serie de caudales medios mensuales o diarios se ordena de forma descendente los valores (de mayor a menor) y se calcula la probabilidad empírica de cada valor considerando la siguiente relación empírica<sup>4</sup>:

$$\text{Weibull Probabilidad \%} = m/(n+1) * 100$$

Donde:

$m$  = orden de datos

$n$  = número total de datos

Finalmente, se obtiene la Curva de Duración General, ubicando en el eje de las abscisas las probabilidades de ocurrencia y en las ordenadas los caudales medios ordenados.

#### b. Curva de variación estacional (CVE)

La curva de variación estacional indica la probabilidad de que los caudales medios mensuales puedan ser excedidos o superados, en cada mes.

---

<sup>4</sup> Hidrología Aplicada Ven te Chow, 1994. Análisis de frecuencia, página 407.

Para la elaboración de la curva de variación estacional CVE es necesario disponer series de caudales medios mensuales.

Para la construcción de la Curva de Variación Estacional se ubicarán los datos de los caudales medios mensuales desde el mes de enero hasta diciembre de cada uno de los años del período de datos disponible. Y se obtendrán las características estadísticas para el vector de caudales de cada mes: (caudal medio), S (desviación estándar), Cv (coeficiente de variación) y Cs (Coeficiente de asimetría).

Se ajustan los valores a cada mes a una distribución de probabilidades, Normal, Log Normal, Gumbel, Pearson, etc. Si se aplica el método analítico se utiliza la ecuación para estimar el caudal con probabilidad<sup>5</sup>:

$$Q_p = Q_{med} + K_T * S$$

En donde:

$Q_p$  = caudales mensuales con probabilidad de ser, igualados o excedidos, (m<sup>3</sup>/s);

$Q_{med}$  = Caudal medio del mes en consideración

$K_T$  = factor de frecuencia (Tablas para cada distribución)

S = desviación estándar

Cuando,  $(-0,5 \leq C_s \leq 0,5)$ , se recomienda aplicar la función de densidad de probabilidades Normal.

Cuando  $C_{sy}$   $(-0,5 \leq C_s \leq 0,5)$  para la función Log Normal, en donde  $Y = \ln Q$ , se aplica una distribución Log Normal.

Cuando  $C_s$  tienda a 1,14, se suele utilizar la distribución Gumbel.

#### **7.1.8.2.4 Caudales máximos con período de retorno**

Para la estimación de los caudales máximos se han aplicado 3 metodologías:

Se aplica el método racional, las subcuencas tienen un área de drenaje menor a 5km<sup>2</sup>.

Para estimar los caudales máximos, en áreas de drenaje menor, se aplica el método racional, el cual toma en consideración las características de la subcuenca de drenaje, tanto en extensión, como en el tipo de suelo-cobertura mediante un coeficiente denominado de escorrentía, el tiempo de concentración, así como las características climáticas de la Intensidad y duración de la lluvia.

La fórmula del método racional es:

$$Q = 0,278 c I A$$

Donde:

Q: caudal máximo de diseño (m<sup>3</sup>/s).

---

<sup>5</sup> Hidrología Aplicada Ven te Chow, 1994. Análisis de frecuencia, página 400.

C: coeficiente de escurrimiento.  
I: intensidad de la tormenta (mm/hora).  
A: área de aportación de la subcuenca (km<sup>2</sup>).

Para subcuencas de entre 10 y 100 km<sup>2</sup>, se aplicó el método de hidrogramas unitarios sintéticos del Soil Conservation Service (SCS), para el cálculo de los caudales máximos.

Y para subcuencas mayores a 100 km<sup>2</sup> se consideró el método estadístico, obteniendo los caudales máximos con período de retorno mediante la aplicación de distribución de probabilidades a los datos de caudales máximos instantáneos de la estación hidrológica base.

#### **7.1.8.2.5 Niveles de crecida ordinarias y extraordinarias**

Se han evaluado los niveles de crecida y velocidades de flujo para eventos con período de retorno de 5 (evento ordinario) y 25 años (evento extraordinario), considerando las secciones transversales de los cauces.

Para generar relaciones entre niveles y caudales, se procedió a realizar la modelación hidráulica aplicando la ecuación de Manning, en el programa Flow Master. Considerando un modelo unidimensional de flujo permanente y uniforme.

Para el cálculo, el programa utiliza la ecuación de Manning<sup>6</sup>:

$$Q = 1/n \times A \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

Donde:

Q: Capacidad Hidráulica del canal (m<sup>3</sup>/s).

n: coeficiente de rugosidad de Manning.

A: Área de la sección Transversal (m<sup>2</sup>).

R: Radio hidráulico (m<sup>2</sup>/m).

S: Gradiente hidráulico (m/m).

#### **7.1.8.3 Descripción física-geográfica de las subcuencas de interés**

##### **7.1.8.3.1 Red de drenaje y sitios de interés asociados al proyecto minero Porvenir**

Los drenajes naturales superficiales son cuerpos o sistemas lóticos, pues están compuestos de ríos y quebradas cuyas aguas se encuentran en movimiento en una dirección principal a través de los cauces. Se observa una red de drenaje tipo dendrítica (morfología de la red de drenaje).

Los sitios de interés en la red de drenaje natural y las subcuencas hidrográficas de interés del proyecto Minero Porvenir se localizan en la subcuenca del río San Luis y en la subcuenca del río Vergel.

---

<sup>6</sup> Hidráulica de canales abiertos, Ven Te Chow, 1994. Cálculo de flujo uniforme, página 127.

El área de la concesión minera Porvenir 1 (Cód. 50000879) se ubica casi en su totalidad hacia la subcuenca del río San Luis, mientras las concesiones mineras Porvenir 2 (Cód 50000876) y Porvenir 3 (Cód 50000877) drenan parcialmente a la subcuenca del río San Luis. Varias quebradas que nacen en las concesiones mineras y aportan sus caudales hacia la margen izquierda del río Loyola y San Luis.

Las concesiones mineras Porvenir 2 (Cód. 50000876) y Porvenir 3 (Cód. 50000877) drenan parcialmente a la subcuenca del río Vergel, y la concesión minera Porvenir 4 (Cód 50000878) drena totalmente a la subcuenca del río Vergel. Las quebradas de la Canela y Palmales que nacen en las concesiones mineras aportan sus aguas hacia la margen derecha del río Vergel.

El río San Luis, nace a una altitud de 3360 msnm con el nombre de río Loyola.

El río Loyola presenta una trayectoria norte-sur, transita junto a la concesión Porvenir 1, aguas debajo de la población de Loyola cambia de nombre a río San Luis, a una altitud de 1520 msnm.

El río San Luis descarga sus aguas hacia el río Numbalá a una altitud de 1210 msnm.

El río Vergel nace hace el sur del área del proyecto minero Porvenir, nace a una altitud de 3203 msnm, y tiene una trayectoria principalmente sur-norte, hasta su unión con la quebrada de la Canela.

La quebrada de la Canela nace a una cota de 2630 msnm, y descarga sus caudales hacia el río Vergel en la cota 1470 msnm aproximadamente.

La quebrada Palmales se origina a una altitud de 2320 msnm, y aporta sus caudales hacia el río Vergel en la cota 1325 msnm.

El río Vergel se junta con el río Numbalá en la cota 880 msnm, para luego unirse con el río Palanda a una altitud de 840 msnm para formar el río Mayo.

Las subcuencas hidrográficas de interés son parte del sistema hidrográfico del río Mayo.

La codificación de unidades hídras Pfafstetter del nivel 6 (SENAGUA, 2017), determina que el proyecto minero Porvenir se ubica en la unidad hidrográfica 499949 cuenca del río Numbalá, la Tabla 7-39 muestra el detalle de las unidades hidrográficas.

Tabla 7-44 Unidades hidrográficas nivel 6 codificación Pfafstetter asociadas al proyecto minero Porvenir

NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5	NIVEL 6	ÁREA (KM2)
4 Cuenca río Amazonas	49 Unidad hidrográfica	499 Unidad hidrográfica	4999 Unidad hidrográfica	49994 Cuenca del río Mayo	499949 Cuenca del río Numbalá	1178.7

Fuente: SENAGUA, septiembre 2017

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

La Figura 7-34, presenta las unidades hidrográficas de la codificación Pfafstetter nivel 6 donde se ubican las concesiones mineras Porvenir 1 (50000879), Porvenir 2 (50000876), Porvenir 3 (50000877) y Porvenir 4 (50000878) del proyecto minero

Porvenir, ver Anexo cartográfico, 1. Mapas\_pdf, mapa 14. Mapa de cuencas hidrográficas.

Tomando en cuenta los principales cauces de la red hidrográfica, se definieron sitios de interés considerando las áreas operativas futuras en las concesiones mineras Porvenir 1 (50000879), Porvenir 2 (50000876), Porvenir 3 (50000877) y Porvenir 4 (50000878). Los sitios de interés desde el punto de vista del análisis de la cantidad del agua y la calidad del agua incluyen secciones en los orígenes de quebradas al interior de las concesiones (evaluar condición natural), drenajes efluentes de las concesiones mineras (evaluación de posibles impactos de la actividad de exploración), y unión con cauces importantes. Los sitios de interés hidrológico permitirán determinar la condición actual de la cantidad y calidad del agua de los principales cuerpos hídricos, y a futuro evaluar posibles impactos.

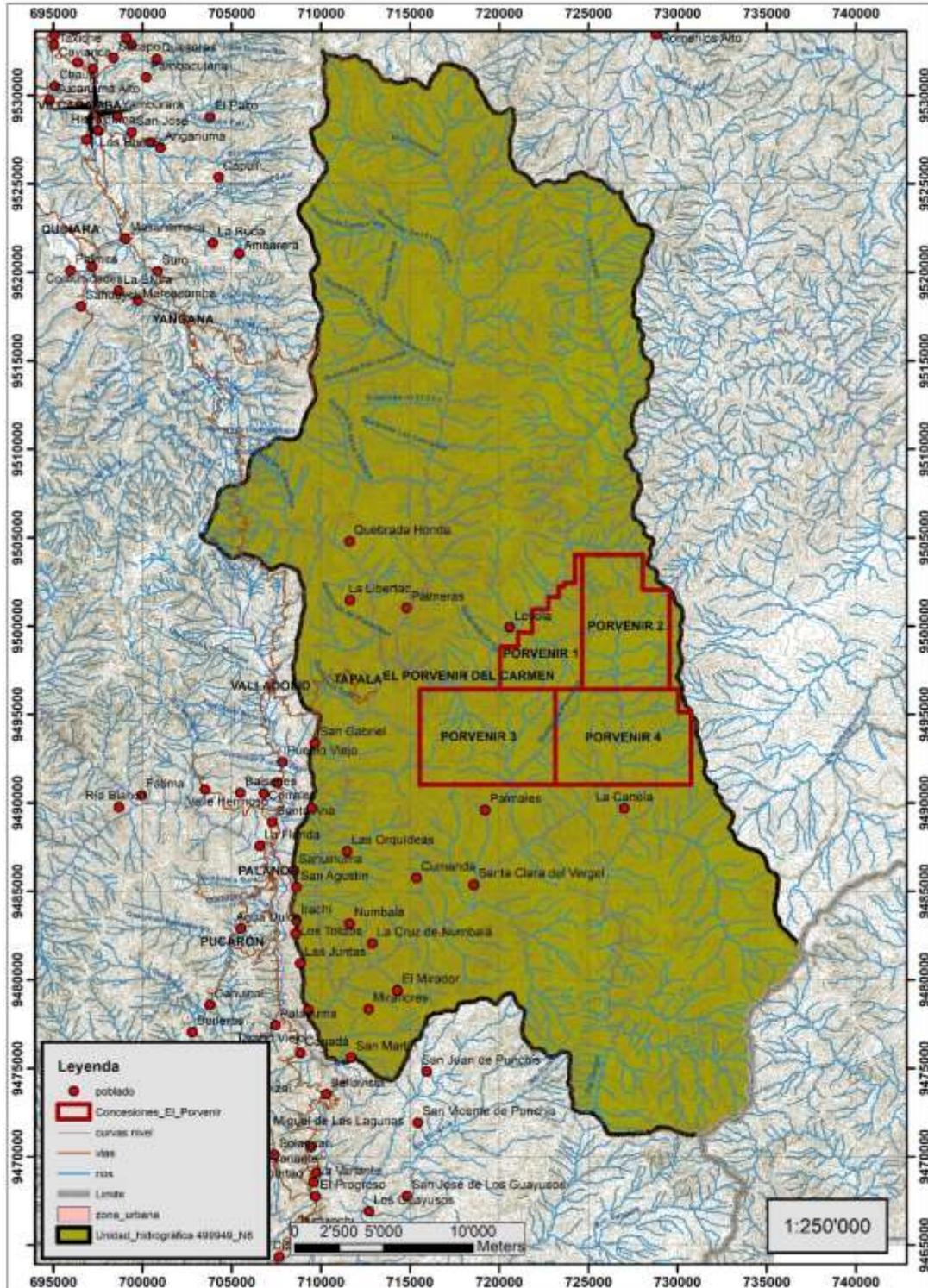


Figura 7-34 Unidades hidrográficas nivel 6 de la codificación Pfafstetter – proyecto minero Porvenir

Fuente: SENAGUA, septiembre 2017

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

La Tabla 7-45 incluye las coordenadas de la ubicación geográfica de los sitios de interés para el análisis hidrológico en el proyecto minero Porvenir.

Tabla 7-45 Ubicación geográfica de los sitios de interés en el proyecto minero Porvenir

CÓDIGO	NOMBRE SUBCUENCA	COORDENADAS: UTM WGS84 17S		ALTITUD (MSNM)	OBJETIVO	DESCRIPCIÓN DEL LABORATORIO
		LONGITUD (M)	LATITUD (M)			
AG-01	Río Loyola agua arriba	723766	9505344	1702	Arriba del proyecto minero Porvenir	Punto de monitoreo localizado en el río Loyola, aguas arriba de la concesión El Porvenir 1.
AG-02	Quebrada Sin Nombre 1 aguas abajo	724254	9504622	1696	Abajo área operativa Porvenir 2	Punto de monitoreo localizado en la Quebrada s/n, aguas arriba del río Loyola, concesión El Porvenir 1
AG-03	Quebrada Sin Nombre 1 aguas arriba A	726406	9504503	1847	Arriba área operativa Porvenir 2	Punto de monitoreo localizado en la Quebrada s/n, aguas arriba de la concesión El Porvenir 2. Área rodeada por vegetación arbórea.
AG-04	Quebrada Sin Nombre 1 aguas arriba B (También conocida como El Pájaro)	726627	9502930	2143	Arriba área operativa Porvenir 2	Punto de monitoreo localizado en la Quebrada El Pájaro, aguas arriba del campamento Cacharposa. Área rodeada por vegetación arbórea.
AG-05	Quebrada de la Canela cabecera	729111	9501681	2156	Arriba área operativa Porvenir 2	Punto de monitoreo localizado en la Quebrada La Canela, aguas arriba del campamento Merino, concesión El Porvenir 2. Área rodeada por vegetación arbórea.
AG-06	Quebrada Sin Nombre 2 cabecera A	725443	9500617	2083	Arriba área operativa Porvenir 1 y Porvenir 2	Punto de monitoreo localizado en la Quebrada Loyola, aguas abajo del punto de captación del campamento Cacharposa, concesión El Porvenir 2. Área rodeada por vegetación arbustiva.
AG-07	Quebrada de la Canela intermedio	726601	9498678	1917	Abajo área operativa Porvenir 2	Punto de monitoreo localizado en la Quebrada La Canela, aguas abajo del campamento

CÓDIGO	NOMBRE SUBCUENCA	COORDENADAS: UTM WGS84 17S		ALTITUD (MSNM)	OBJETIVO	DESCRIPCIÓN DEL LABORATORIO
		LONGITUD (M)	LATITUD (M)			
						Ávila, concesión El Porvenir 2. Área rodeada por vegetación arbustiva.
AG-08	Río Loyola aguas abajo	721308	9500849	1528	Abajo área operativa Porvenir 1 y Porvenir 2	Punto de monitoreo localizado en el río San Luis, aguas arriba de la comunidad Loyola. Área rodeada por vegetación arbustiva.
AG-09	Quebrada Sin Nombre 2 aguas abajo (Conocida como San Vicente)	721195	9499710	1540	Abajo área operativa Porvenir 1 y Porvenir 2	Punto de monitoreo localizado en la Quebrada San Vicente, aguas abajo de la comunidad Loyola. Área rodeada por vegetación arbustiva.
AG-010	Río San Luis aguas arriba	717728	9496870	1429	Abajo área operativa Porvenir 1, Porvenir 2 y Porvenir 3	Punto de monitoreo localizado en el río San Luis, aguas abajo de la comunidad El Porvenir del Carmen.
AG-011	Quebrada Sin Nombre 3 aguas abajo	719044	9497080	1472	Abajo área operativa Porvenir 1 y Porvenir 3	Punto de monitoreo localizado en el río San Luis, aguas arriba de la comunidad El Porvenir del Carmen. Área rodeada por vegetación arbustiva.
AG-012	Quebrada Sin Nombre 3 aguas arriba	721592	9497001	1952	Arriba área operativa Porvenir 1	Punto de monitoreo localizado en el río San Luis, aguas arriba del campamento El Palmal 1, concesión El Porvenir 1. Área rodeada por vegetación arbustiva.
AG-013	Quebrada Sin Nombre 4 aguas arriba	722472	9496825	2217	Arriba área operativa Porvenir 1 y Porvenir 3	Punto de monitoreo localizado en la Quebrada Palmales, aguas arriba del campamento El Palmal 1, concesión El Porvenir 1. Área rodeada por vegetación arbustiva.

CÓDIGO	NOMBRE SUBCUENCA	COORDENADAS: UTM WGS84 17S		ALTITUD (MSNM)	OBJETIVO	DESCRIPCIÓN DEL LABORATORIO
		LONGITUD (M)	LATITUD (M)			
AG-014	Quebrada Sin Nombre 2 cabecera B (conocida como San Vicente)	724133	9497339	2081	Arriba área operativa Porvenir 1	Punto de monitoreo localizado en la Quebrada San Vicente, aguas arriba del campamento Pineda, concesión El Porvenir 1. Área rodeada por vegetación arbustiva.
AG-015	Quebrada Palmales aguas arriba	724577	9496286	2177	Arriba área operativa Porvenir 4	Punto de monitoreo localizado en la Quebrada Palmales, aguas arriba de la concesión El Porvenir 4. Área rodeada por vegetación arbustiva
AG-016	Quebrada Sin Nombre 5 cabecera	725305	9494884	2132	Arriba Porvenir 4	Punto de monitoreo localizado en la Quebrada s/n, aguas arriba de la concesión El Porvenir 4. Área rodeada por vegetación arbustiva.
AG-017	Quebrada de la Canela intermedio	726838	9493995	1625	Abajo Porvenir 2	Punto de monitoreo localizado en la Quebrada La Canela, aguas arriba de la comunidad Las Brisas. Área rodeada por vegetación arbustiva.
AG-018	Rio Vergel aguas arriba	726476	9490154	1484	Arriba proyecto minero Porvenir	Punto de monitoreo localizado en el río Vergel, aguas arriba de la comunidad La Canela. Área rodeada por vegetación arbustiva.
AG-019	Quebrada de la Canela aguas abajo	725911	9490670	1480	Abajo Porvenir 4	Punto de monitoreo localizado en la Quebrada La Canela, aguas arriba de la comunidad La Canela. Área rodeada por vegetación arbustiva.
AG-020	Quebrada Palmales aguas abajo	721422	9487580	1326	Abajo área operativa Porvenir 3 y Porvenir 4	Punto de monitoreo localizado en la Quebrada Palmales, aguas abajo de la

CÓDIGO	NOMBRE SUBCUENCA	COORDENADAS: UTM WGS84 17S		ALTITUD (MSNM)	OBJETIVO	DESCRIPCIÓN DEL LABORATORIO
		LONGITUD (M)	LATITUD (M)			
						concesión El Porvenir 3. Área rodeada por vegetación arbustiva.
AG-021	Río Vergel aguas abajo	721307	9487350	1296	Abajo proyecto minero Porvenir	Punto de monitoreo localizado en el río Vergel, en la parte baja de la comunidad Palmales. Área rodeada por vegetación arbustiva.
AG-022	Quebrada Palmales intermedio	720995	9491736	1713	Abajo área operativa Porvenir 3 y Porvenir 4	Punto de monitoreo localizado en la Quebrada Palmales, aguas arriba de la comunidad Palmales. Área rodeada por vegetación arbustiva.
AG-023	Quebrada Sin Nombre 4 aguas arriba	721203	9493962	1914	Abajo área operativa Porvenir 3 y Porvenir 4	Punto de monitoreo localizado en la Quebrada Palmales, aguas arriba de la concesión El Porvenir 3. Área rodeada por vegetación arbustiva.
AG-024	Río San Luis aguas abajo	714556	9497795	1223	Abajo área operativa Porvenir 1 y Porvenir 3	Punto de monitoreo localizado en el río San Luis, cerca al complejo turístico Cueva de los Tayos. Área rodeada por vegetación arbustiva.

Nota: Con la finalidad de realizar un correcto análisis hidrológico, dentro de este acápite para la identificación de puntos se utilizarán, además de los códigos, los nombres de las subcuencas.

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2023

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

La Figura 7-35 presente de ubicación de los sitios de interés hidrológico para el proyecto minero Porvenir.

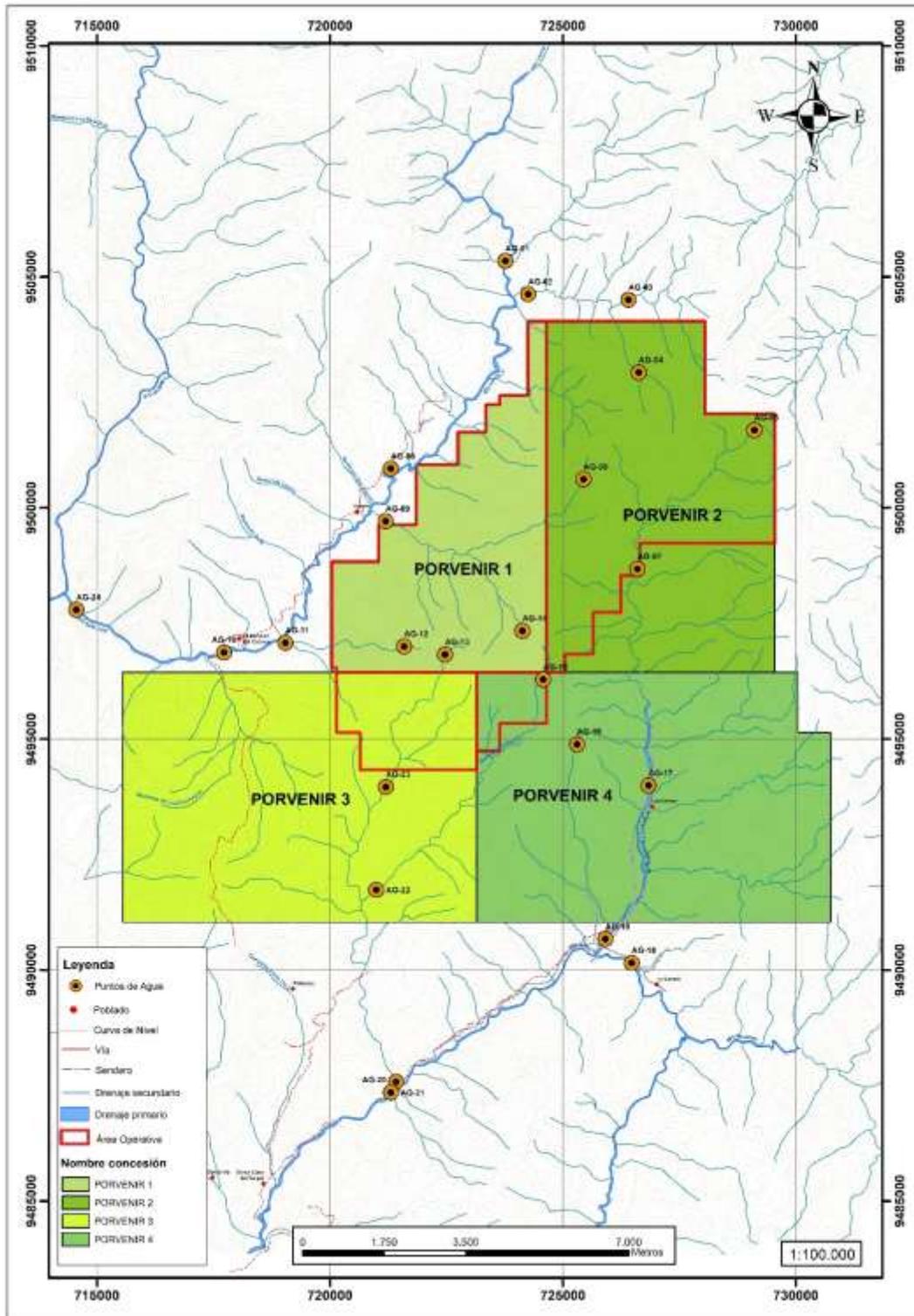


Figura 7-35 Sitios de interés hidrológico en el proyecto minero Porvenir

Fuente: SENAGUA, septiembre 2017

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

En función de los sitios de interés y la información del modelo de elevación digital NASA JAXA 2012, se han definido las subcuencas asociadas a los sitios de interés

hidrológico definidos para el proyecto minero Porvenir. La Figura 7-36 presenta las subcuencas para el proyecto minero Porvenir.

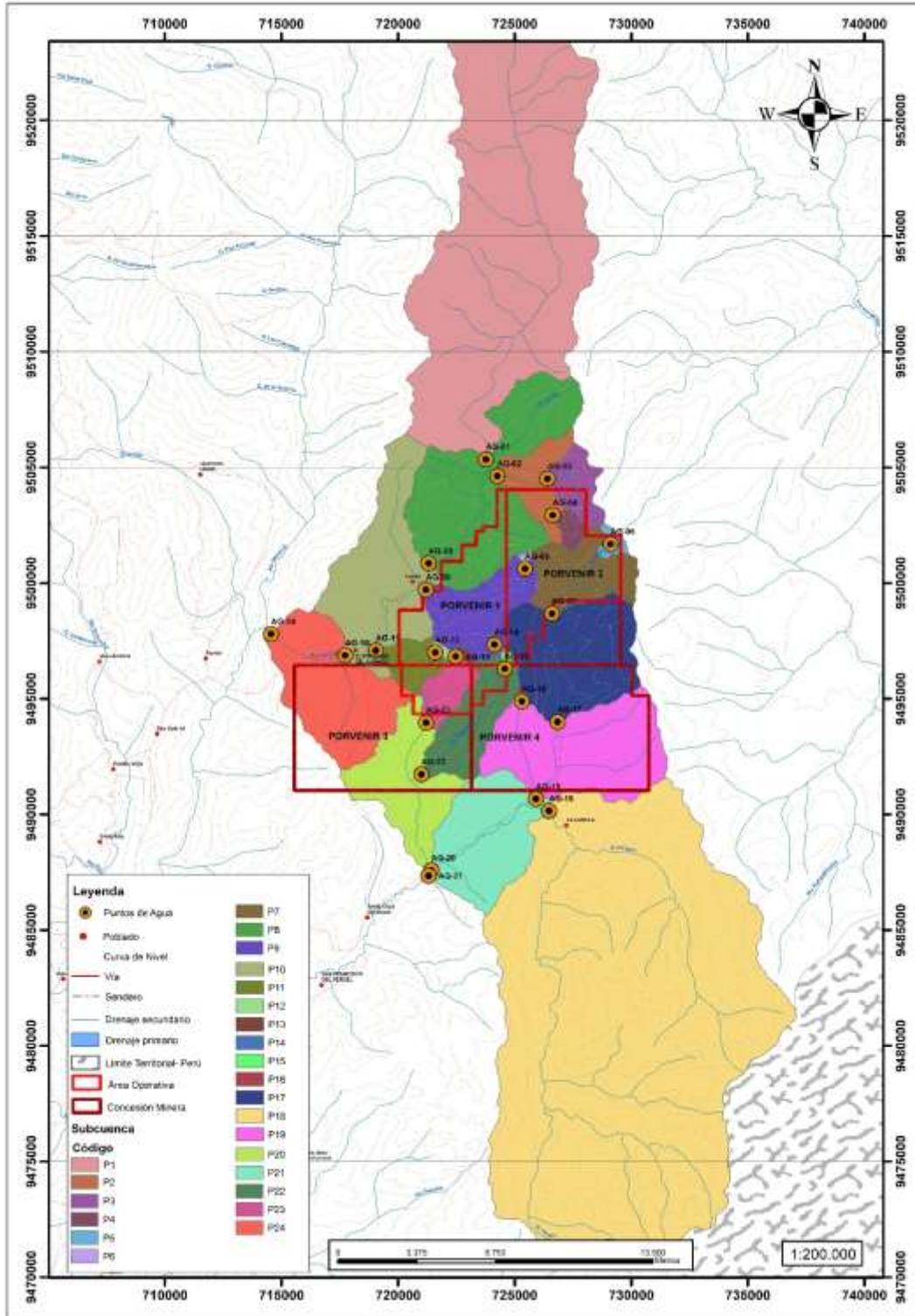


Figura 7-36 Subcuencas hidrográficas asociadas a los sitios de interés en el proyecto minero Porvenir

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2023

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

### **7.1.8.3.2 Características físicas de las subcuencas asociadas al proyecto minero**

Las características morfométricas principales de las subcuencas definidas para el área de estudio son:

- **Área:** Es el área en proyección horizontal, incluida entre la divisoria de aguas que determina una cuenca hidrológica. Se encuentra medida en km<sup>2</sup>.

Área de drenaje < 25 km <sup>2</sup>	subcuenca muy pequeña
Área de drenaje entre 25 a 250 km <sup>2</sup>	subcuenca pequeña
Área de drenaje entre 250 a 2500 km <sup>2</sup>	subcuenca intermedia
Área de drenaje > 2500 km <sup>2</sup>	subcuenca grande

- **Perímetro:** Es la longitud de la línea que limita el área de cada cuenca hidrológica en km.
- **Longitud del Cauce Principal:** Debe medirse desde el nacimiento del cauce hasta la salida de la cuenca, está dado en m o km.
- **Longitud Axial:** Es la longitud del eje mayor de la cuenca hidrológica, en km.
- **Ancho Promedio:** Se obtiene al dividir el área entre la longitud axial de la cuenca, está dado en km.
- **Coefficiente de Forma:** Expresa la relación de ocurrencia de crecientes en cuencas hidrográficas de tamaño similar, es adimensional. Viene definido por la siguiente relación<sup>7</sup>:

$$K_f = \frac{A}{L^2}$$

Donde:

K<sub>f</sub> = Coeficiente de forma  
A = Área de la cuenca (km<sup>2</sup>)  
L = Longitud axial de la cuenca (km)

Una subcuenca con un factor de forma bajo presenta crecidas de menor importancia, que una subcuenca de la misma área y factor de forma mayor.

K <sub>f</sub> < 0,22	Muy alargada
K <sub>f</sub> entre 0,22 a 0,30	Alargada
K <sub>f</sub> entre 0,30 a 0,37	Ligeramente alargada
K <sub>f</sub> entre 0,37 a 0,45	Ni larga ni ancha
K <sub>f</sub> entre 0,45 a 0,60	Ligeramente ancha
K <sub>f</sub> entre 0,60 a 0,80	Ancha

<sup>7</sup> Hidrología en la Ingeniería de German Monsalve Sáenz, segunda edición, paginas 37-55.

Kf entre 0,80 a 1,20 Muy Ancha

- **Coefficiente de Compacidad:** Indica cuan susceptible a una creciente es una cuenca en función de su perímetro y su área, es adimensional. Se calcula a partir de la siguiente relación:

$$Kc = 0,28 \frac{P}{(A)^{1/2}}$$

Donde:

K<sub>c</sub> = Coeficiente de compacidad

A = Área de la cuenca (km<sup>2</sup>)

P = Perímetro de la cuenca (km)

Una cuenca circular tendrá un coeficiente de compacidad cercano a uno. Subcuenclas circulares son propensas a generar crecidas importantes, mientras cuencas ovaladas con la misma área presentarán crecidas de menor magnitud.

De acuerdo, a FAO 1985, K<sub>c</sub> en el Rango entre 1,25 y 1,50, corresponde a forma oval redonda a oval oblonga. Valores de K<sub>c</sub> entre 1,25 y 1,00 determinan formas más redondas.

- **Densidad de Drenaje:** Expresa la relación entre la longitud total de los cauces de la cuenca respecto al área de la misma, viene dado en (km /km<sup>2</sup>):

$$Dd = \frac{\sum L}{A}$$

Donde:

Dd = Densidad de Drenaje (km /km<sup>2</sup>)

$\sum L$  = Sumatoria de longitudes de drenaje (km)

A = Área (km<sup>2</sup>)

Densidad de drenaje entre 0,1 a 1,8 km/km<sup>2</sup> – condiciones de drenaje bajo

Densidad de drenaje entre 1,9 a 3,6 km/km<sup>2</sup> – condiciones de drenaje moderadas

Densidad de drenaje entre 3,7 a 5,6 km/km<sup>2</sup> – condiciones de drenaje buenas

- **Pendiente promedio de la Cuenca:** Es la pendiente promedio de la superficie de la cuenca. La pendiente de la cuenca se calculó utilizando la siguiente expresión:

$$S_c = \frac{\Delta CN * \sum CN}{A}$$

Donde:

S<sub>c</sub> = Pendiente promedio de la cuenca (km /km)

$\Delta CN$  = Intervalo entre curvas de nivel (0,02 km)

$\sum CN$  = Suma total de longitud de curvas de nivel en el área considerada

A = Área de la cuenca (km<sup>2</sup>).

- **Pendiente media del cauce principal:** Relación entre la altura total del cauce (cota máxima menos cota mínima) y la longitud del mismo.

$$S_m = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{L_p}$$

Donde:

S<sub>m</sub> = Pendiente media

H<sub>max</sub> = Altura máxima

H<sub>min</sub> = Altura mínima

L<sub>p</sub> = Longitud del cauce principal

- **Altitud Media de cuenca:** La altura media se obtiene determinando el valor promedio de las celdas de altitud del modelo de elevación digital dentro de la subcuenca

$$H_{med} = \frac{\sum H_{medc_i}}{N}$$

Donde:

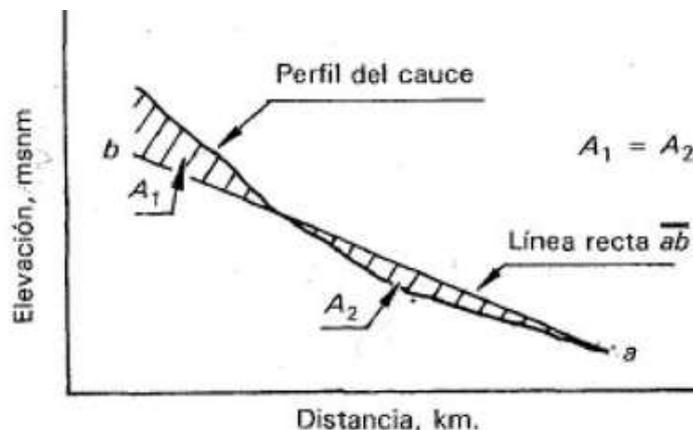
H<sub>med</sub> = Altura media de la cuenca (msnm)

H<sub>medc<sub>i</sub></sub> = Cota media de la celda i del modelo de elevación (msnm)

N = Número total de celdas del modelo de elevación dentro de la cuenca

- **Pendiente media ponderada del cauce principal:** Pendiente (línea recta) para la cual el área bajo y sobre el perfil longitudinal del cauce y la pendiente ponderada son iguales. Ver Figura 7-25.

Figura 7-37 Pendiente ponderada del cauce



Para el efecto se determina el perfil longitudinal de los cauces principales en cada subcuenca de interés.

- **Tiempo de Concentración:** Se define como el tiempo mínimo necesario para que la gota de lluvia caída en el punto más lejano de la subcuenca alcance el punto de salida o desagüe de la subcuenca.

Existen varias ecuaciones empíricas utilizadas para estimar el tiempo de concentración. Se ha considerado la ecuación de Kirpich<sup>8</sup>:

$$T_c = 0,0195 \frac{L^{0,77}}{\left(\frac{H}{L}\right)^{0,385}}$$

Donde:

T<sub>c</sub> = Tiempo de concentración, (minutos)

L = Longitud del cauce principal, (m)

H = Diferencia de cotas obtenida para el cálculo de la pendiente ponderada, (m).

a. Características de las subcuencas y cauces de interés para el proyecto minero Porvenir

Las áreas de drenaje asociadas a los sitios de interés en las concesiones mineras Porvenir 1 (50000879), Porvenir 2 (50000876), Porvenir 3 (50000877) y Porvenir 4 (50000878) del proyecto minero Porvenir, en general son subcuencas pequeñas, con áreas menores a 250 km<sup>2</sup>. La subcuenca del río Vergel aguas abajo AG 021 se considera por su área de drenaje una subcuenca de tamaño intermedio pues es mayor a 250 km<sup>2</sup>.

Las subcuencas con áreas de drenaje menor a 5 km<sup>2</sup> son redondeadas o algo ovaladas, generalmente más anchas que largas.

Mientras que las subcuencas de mayor tamaño normalmente son alargadas y algo ovaladas, considerando los valores de los coeficientes de forma y de compacidad.

La densidad de drenaje en las subcuencas determina condiciones de drenaje buenas, considerando que se tienen valores de densidad de drenaje mayores a 3,6 km/km<sup>2</sup>.

Se identifica un relieve principalmente fuerte con pendientes entre 40% a 70% en la subcuenca del río Vergel.

En la subcuenca del río San Luis se aprecian principalmente pendientes fuertes entre 40% a 70% y también pendientes muy fuertes en el rango de 70% a 100%.

Las fuertes pendientes limitan la infiltración hacia el suelo, determinan la rápida concentración de caudales y originan el arrastre de material, incrementan los efectos torrenciales durante las crecidas o áreas de potenciales deslizamientos hacia la zona alta de las subcuencas en el área del proyecto minero Porvenir.

Se estima que el tiempo de concentración del río Vergel hasta la zona del proyecto minero Porvenir será del orden de 6 a 7 horas, mientras el tiempo de concentración del río San Luis hasta su descarga al río Numbalá será del orden de 8 horas.

Las características físicas de las subcuencas asociadas a los sitios de interés del proyecto minero Porvenir se incluyen en la Tabla 7-46.

---

<sup>8</sup> Hidrología Aplicada Ven te Chow, 1994. Crecientes de diseño, página 513.

Tabla 7-46 Características físicas y morfológicas de las subcuencas de los sitios de interés del proyecto minero Porvenir

CÓDIG-O	NOMBRE SUBCUENCA	A (KM <sup>2</sup> )	P (KM)	LP (M)	HMÁX (MSNM)	HMÍN (MSNM)	S (%)	SC (%)	DD (KM/KM <sup>2</sup> )	KF	KC	HMED (MSNM)	TC (MIN)
AG-01	Río Loyola agua arriba	108,066	58,51	28248	3356	1702	3,30	38,24	3,79	0,17	1,58	2393	380
AG-02	Quebrada Sin Nombre 1 aguas abajo	13,676	17,14	6491	2651	1696	9,31	48,24	4,29	0,41	1,30	2099	102
AG-03	Quebrada Sin Nombre 1 aguas arriba A	5,189	10,63	4109	2651	1847	13,70	48,41	4,10	0,55	1,31	2200	64
AG-04	Quebrada Sin Nombre 1 aguas arriba B (También conocida como El Pájaro)	1,494	4,87	861	2493	2143	33,29	57,87	5,10	0,99	1,12	2258	25
AG-05	Quebrada de la Canela cabecera	1,120	5,30	1754	2604	2156	19,34	44,12	4,40	0,56	1,40	2374	32
AG-06	Quebrada Sin Nombre 2 cabecera A	0,247	2,12	731	2353	2083	33,72	49,53	4,66	0,47	1,19	2233	16
AG-07	Quebrada de la Canela intermedio	11,942	15,96	5484	2628	1917	8,07	38,47	4,48	0,50	1,29	2257	98
AG-08	Río Loyola aguas abajo	156,288	71,80	34871	3356	1528	3,16	44,12	3,86	0,17	1,61	2274	462
AG-09	Quebrada Sin Nombre 2 aguas abajo (Conocida como San Vicente)	12,583	17,01	6196	2353	1540	9,52	48,84	3,79	0,36	1,34	1191	101
AG-10	Río San Luis aguas arriba	200,147	86,22	41264	3356	1429	2,74	44,84	3,65	0,15	1,71	2198	545
AG-11	Quebrada Sin Nombre 3 aguas abajo	4,753	9,41	3612	2255	1472	15,87	33,44	3,44	0,39	1,21	1887	58
AG-12	Quebrada Sin Nombre 3 aguas arriba	0,370	2,73	613	2255	1952	47,01	56,25	3,90	0,98	1,26	2120	16
AG-13	Quebrada Sin Nombre 4 aguas arriba	0,332	2,65	1022	2401	2217	12,97	25,41	5,48	0,34	1,29	2297	24

CÓDIG-O	NOMBRE SUBCUENCA	A (KM <sup>2</sup> )	P (KM)	LP (M)	HMÁX (MSNM)	HMÍN (MSNM)	S (%)	SC (%)	DD (KM/KM <sup>2</sup> )	KF	KC	HMED (MSNM)	TC (MIN)
AG-14	Quebrada Sin Nombre 2 cabecera B (conocida como San Vicente)	0,117	1,40	540	2351	2081	48,04	52,42	3,16	0,40	1,14	2238	12
AG-15	Quebrada Palmales aguas arriba	0,282	2,22	930	2324	2177	17,53	27,71	4,22	0,36	1,17	2284	23
AG-16	Quebrada Sin Nombre 5 cabecera	0,166	1,59	500	2250	2132	17,57	38,70	3,38	0,87	1,09	2194	16
AG-17	Quebrada de la Canela intermedio	35,542	26,24	11053	2628	1625	6,11	37,15	4,55	0,35	1,23	2133	177
AG-18	Rio Vergel aguas arriba	194,073	62,14	28075	3203	1484	3,23	37,94	3,73	0,38	1,25	2146	444
AG-19	Quebrada de la Canela aguas abajo	62,676	38,10	14834	2628	1480	5,26	37,61	4,59	0,35	1,35	2040	237
AG-20	Quebrada Palmales aguas abajo	32,911	29,75	12663	2324	1326	7,46	39,58	4,25	0,25	1,45	1979	182
AG-21	Rio Vergel aguas abajo	309,535	92,92	34947	3203	1296	3,10	38,59	4,11	0,36	1,48	2082	562
AG-22	Quebrada Palmales intermedio	11,402	16,91	7560	2324	1713	6,97	37,40	4,80	0,23	1,40	2060	119
AG-23	Quebrada Sin Nombre 4 aguas arriba	4,777	9,93	4970	2401	1914	8,46	36,38	3,86	0,28	1,27	2162	80
AG-24	Rio San Luis aguas abajo	223,220	95,23	45459	3356	1223	3,07	45,88	3,64	0,14	1,78	2159	571

A – Área de drenaje (km<sup>2</sup>); P – Perímetro de la microcuenca (km); Lp – Longitud del cauce principal (m); Hmáx – Cota máxima (msnm); Hmín – Cota mínima (msnm); Kf – Coeficiente de forma, adimensional; Kc – Coeficiente de compacidad; S – Pendiente ponderada del cauce (%); Sc – Pendiente media de la cuenca (%); DD – Densidad de drenaje (km/km<sup>2</sup>); Tc – Tiempo de concentración promedio (min)

Fuente: IGM, 2017, JAXA-NASA, 2012.

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

La Figura 7-38 presenta el perfil longitudinal y la pendiente ponderada del río Loyola aguas arriba hasta el sitio AG01.

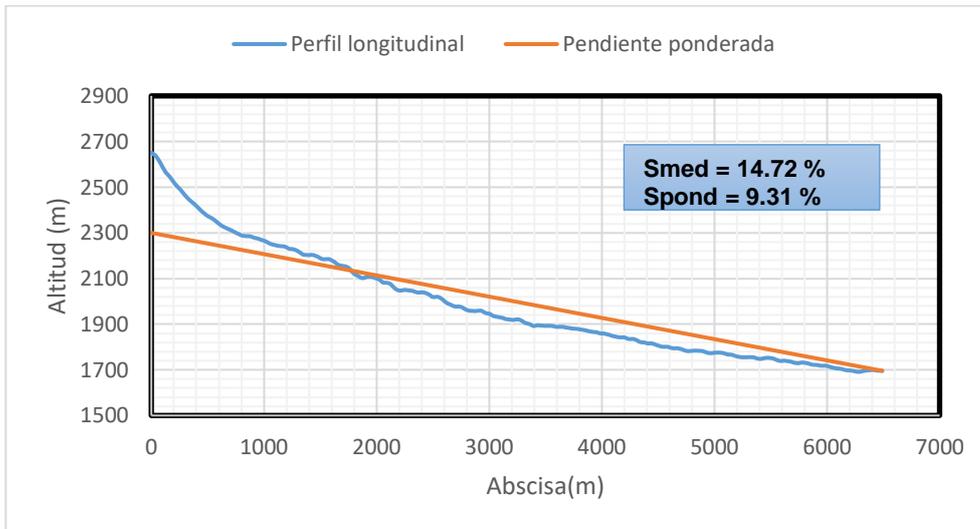


Figura 7-38 Pendiente ponderada del río Loyola aguas arriba hasta el sitio AG01

Fuente: JAXA-NASA, 2012

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

En la Figura 7-39 se muestra el perfil longitudinal y la pendiente ponderada del cauce de la quebrada Sin Nombre 1 aguas abajo hasta el sitio AG02.

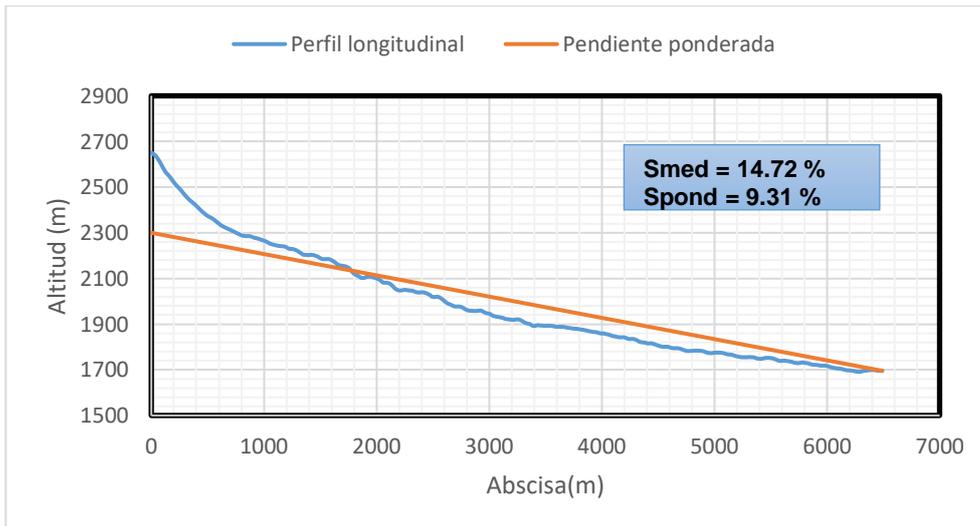


Figura 7-39 Pendiente ponderada de la quebrada Sin Nombre 1 aguas abajo hasta el sitio AG02

Fuente: JAXA-NASA, 2012

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

En la Figura 7-40 se muestra el perfil longitudinal y la pendiente ponderada del cauce de la quebrada Sin Nombre 2 aguas abajo hasta el sitio AG09.

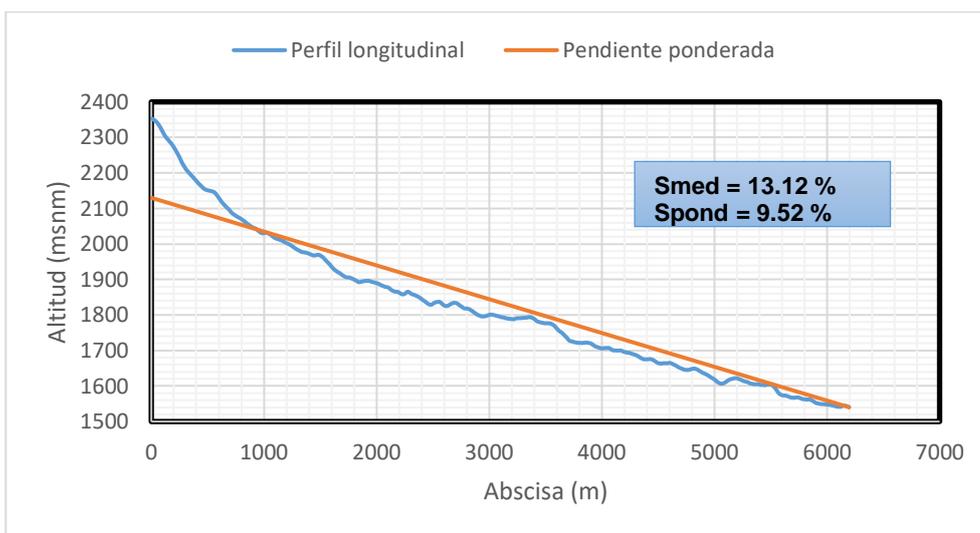


Figura 7-40 Pendiente ponderada de la quebrada Sin Nombre 2 aguas abajo hasta el sitio AG09

Fuente: JAXA-NASA, 2012

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

En la Figura 7-29 se muestra el perfil longitudinal y la pendiente ponderada del cauce de la quebrada Sin Nombre 3 aguas abajo hasta el sitio AG11.

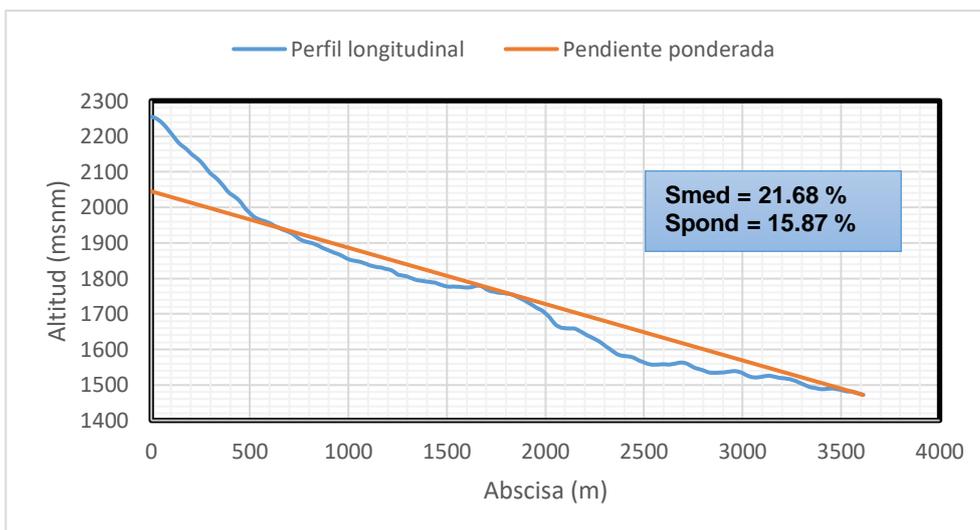


Figura 7-41 Pendiente ponderada de la quebrada Sin Nombre 3 aguas abajo hasta el sitio AG11

Fuente: JAXA-NASA, 2012

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

En la Figura 7-30, se muestra el perfil longitudinal y la pendiente ponderada del cauce de la quebrada de la Canela aguas abajo hasta el sitio AG19.

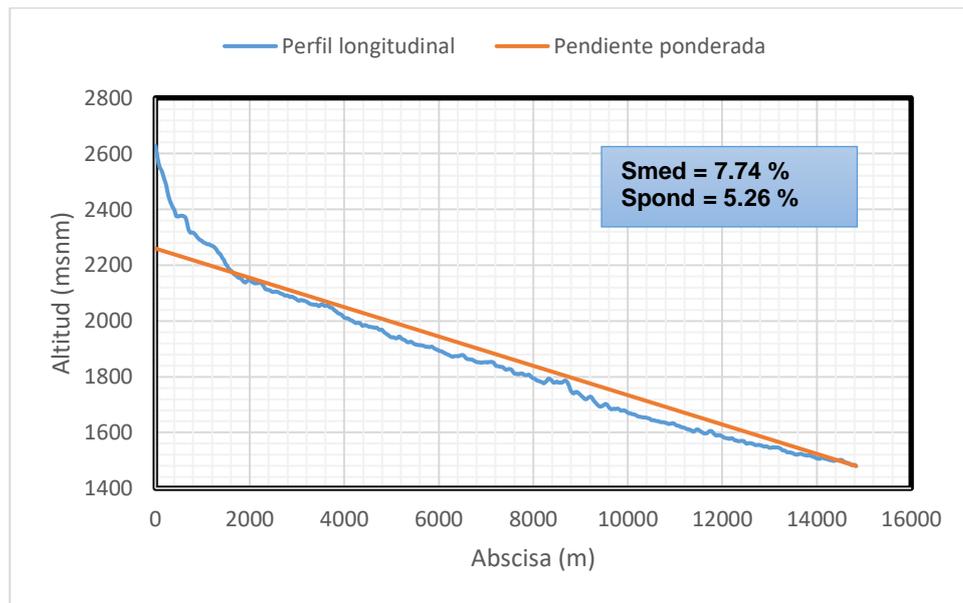


Figura 7-42 Pendiente ponderada de la quebrada de la Canela aguas abajo hasta el sitio AG19

Fuente: JAXA-NASA, 2012

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

En la Figura 7-43 se muestra el perfil longitudinal y la pendiente ponderada del cauce de la quebrada Palmales aguas abajo hasta el sitio AG20.

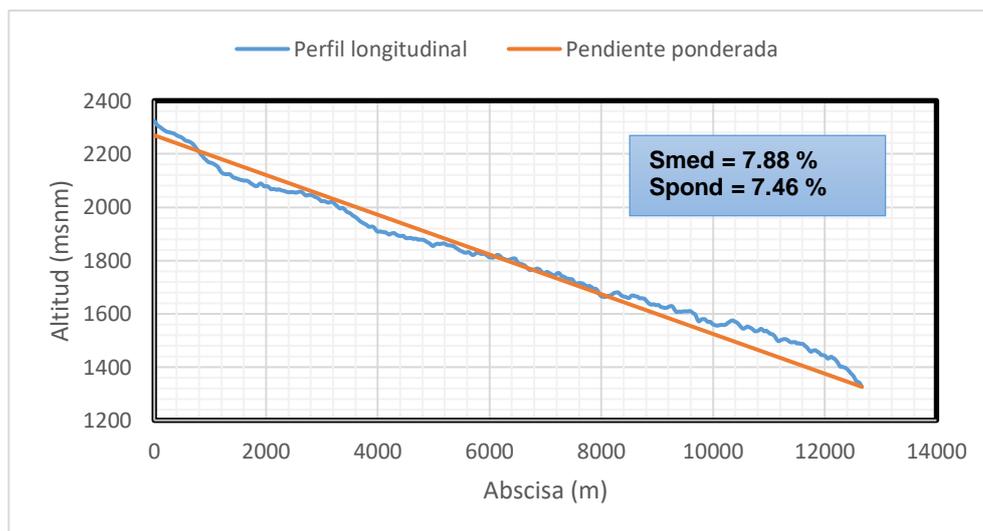


Figura 7-43 Pendiente ponderada de la quebrada Palmales aguas abajo hasta el sitio AG20

Fuente: JAXA-NASA, 2012

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

En la Figura 7-44 se muestra el perfil longitudinal y la pendiente ponderada del cauce del río Vergel aguas abajo hasta el sitio AG21.

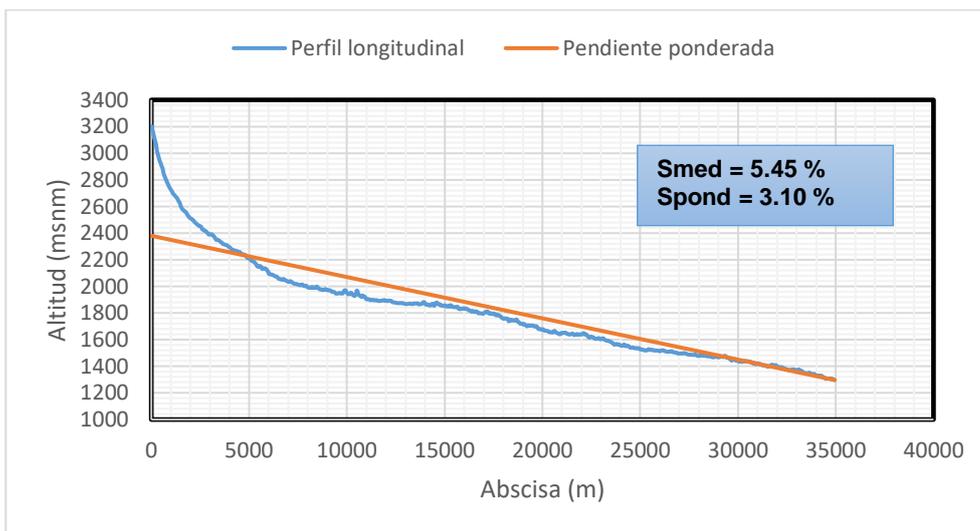


Figura 7-44 Pendiente ponderada del río Vergel aguas abajo hasta el sitio AG21

Fuente: JAXA-NASA, 2012

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

En la Figura 7-33 se muestra el perfil longitudinal y la pendiente ponderada del cauce del río San Luis aguas abajo hasta el sitio AG24.

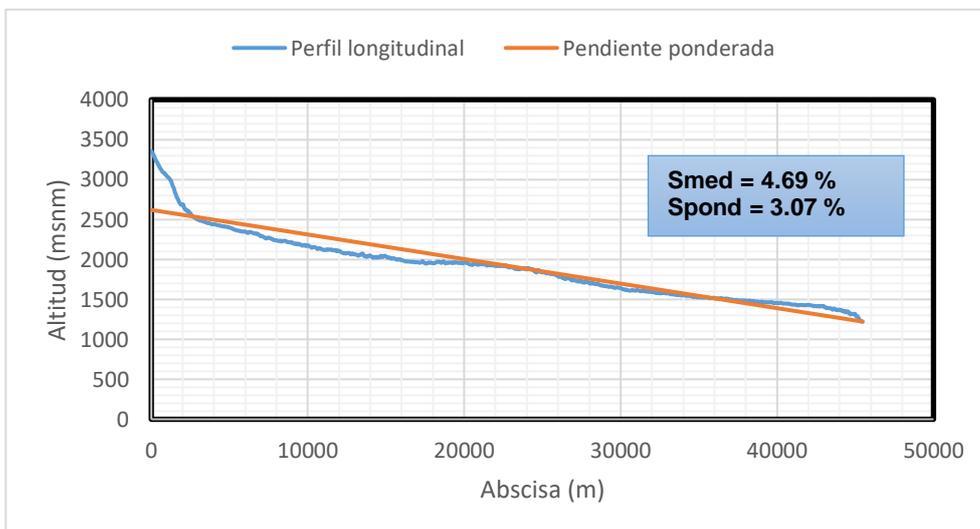


Figura 7-45 Pendiente ponderada del río San Luis aguas abajo hasta el sitio AG24

Fuente: JAXA-NASA, 2012

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

### 7.1.8.3.3 Tipo de suelo – taxonomía

Se ha identificado la textura de los suelos en las subcuencas de interés, considerando la información del mapa de Geopedología, escala 1:25.000 del MAGAP, 2017. La textura de los suelos se asocia con los diferentes grupos hidrológicos para el análisis de las condiciones de drenaje para la evaluación de los caudales máximos en subcuencas pequeñas, ver Figura 7-46.

Los grupos hidrológicos del suelo presentan las siguientes características:

- Grupo A: son suelos predominantemente arenosos, donde el agua se transmite libremente a través del perfil y por ende tienen un bajo potencial de escorrentía cuando están completamente húmedos.
- Grupo B: son suelos con texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas que tienen un potencial de escorrentía moderadamente bajo cuando están completamente húmedos.
- Grupo C: Son suelos con una capa que limita el movimiento vertical del agua y texturas de moderadamente finas a finas. El potencial de escorrentía es moderadamente alto cuando están húmedos.
- Grupo D: son suelos con alto potencial de escorrentía y tasas de infiltración muy bajas. Las texturas son arcillosas, el nivel freático es alto o son suelos poco profundos, asentados sobre material impermeable

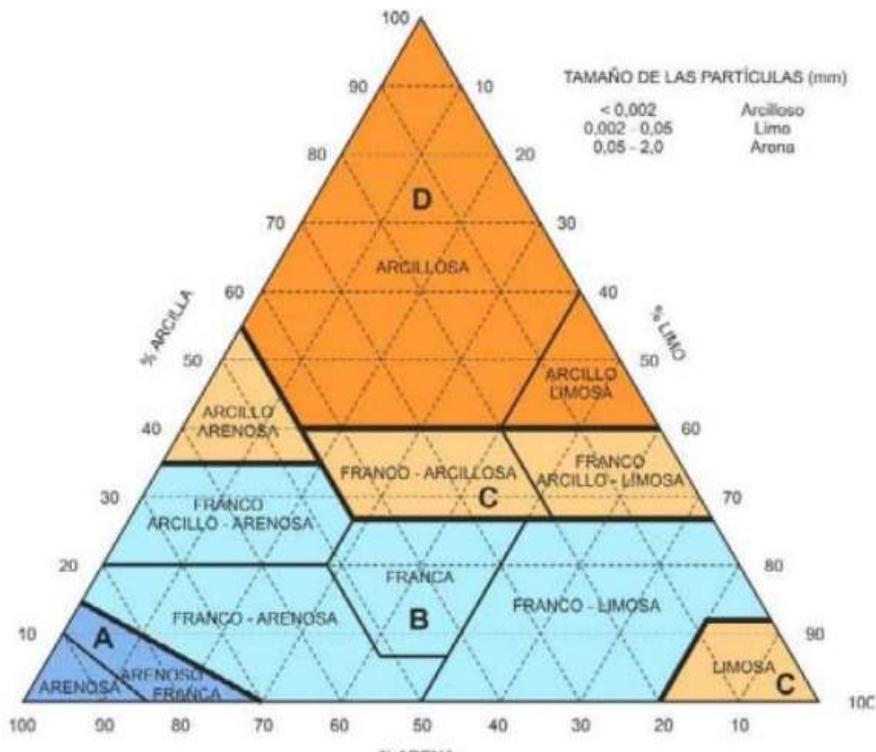


Figura 7-46 Grupo Hidrológico del Suelo (GHS) en función de la textura del suelo

Fuente: [https://prod.fomento.gob.es/recursos\\_mfom/anejo-n6-hidrolog-y-drenaje.pdf](https://prod.fomento.gob.es/recursos_mfom/anejo-n6-hidrolog-y-drenaje.pdf), 2017

En la Tabla 7-47 se incluye la textura de los suelos y los grupos hidrológicos para las subcuencas de los sitios de interés del proyecto minero Porvenir.

Tabla 7-47 Tipos de Suelo en las subcuencas de los sitios de interés en el proyecto minero Porvenir

Cód.	SUBCUENCA	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	GHS	ÁREA (KM2)
AG-01	Río Loyola agua arriba	ARCILLOSO	Suelos arcillosos, bien drenados, muy superficiales, pH ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	D	1,666
			Suelos arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH ligeramente ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	D	0,727

Cód.	SUBCUENCA	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	GHS	ÁREA (KM2)
			Suelos arcillosos, bien drenados, superficiales, pH medianamente ácido, MO media, CIC medio, SB baja	D	1,237
			Suelos arcillosos, moderadamente drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	D	0,892
		FRANCO ARCILLO-ARENOSO	Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, profundos, pH medianamente ácido, MO baja, CIC medio, SB baja	B	0,854
		FRANCO ARCILLOSO	Suelos franco-arcillosos, bien drenados, moderadamente profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	C	1,006
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, muy superficiales, pH ligeramente ácido, MO baja, CIC bajo, SB baja	C	0,244
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, muy superficiales, pH medianamente ácido, MO baja, CIC bajo, SB baja	C	0,345
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH ligeramente ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	C	16,46 3
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH ligeramente ácido, MO alta, CIC medio, SB media	C	0,923
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH ligeramente ácido, MO media, CIC medio, SB baja	C	0,525
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC bajo, SB baja	C	1,290
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	C	62,87 5
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC muy bajo, SB baja	C	0,019
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO baja, CIC medio, SB baja	C	0,654
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO media, CIC bajo, SB baja	C	0,140
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO media, CIC medio, SB baja	C	0,914
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO media, CIC medio, SB media	C	0,645
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH ligeramente ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	C	0,065

Cód.	SUBCUENCA	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	GHS	ÁREA (KM2)
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH ligeramente ácido, MO baja, CIC bajo, SB baja	C	2,155
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH ligeramente ácido, MO baja, CIC medio, SB baja	C	3,731
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH ligeramente ácido, MO media, CIC bajo, SB baja	C	1,901
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH ligeramente ácido, MO media, CIC medio, SB baja	C	2,966
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH medianamente ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	C	0,919
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH medianamente ácido, MO alta, CIC muy bajo, SB baja	C	0,402
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH medianamente ácido, MO baja, CIC medio, SB baja	C	0,916
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH medianamente ácido, MO media, CIC medio, SB baja	C	3,225
				NO APLICABLE	No aplicable
			Tierras que no están caracterizadas como unidades de suelos o unidades taxonómicas	C	0,202
AG-02	Quebrada Sin Nombre 1 aguas abajo	FRANCO ARCILLOSO	Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC bajo, SB baja	C	1,070
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	C	5,505
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO media, CIC bajo, SB baja	C	0,175
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH medianamente ácido, MO alta, CIC muy bajo, SB baja	C	6,926
AG-03	Quebrada Sin Nombre 1 aguas arriba A	FRANCO ARCILLOSO	Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC bajo, SB baja	C	0,973
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	C	0,909
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH medianamente ácido, MO alta, CIC muy bajo, SB baja	C	3,307

Cód.	SUBCUENCA	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	GHS	ÁREA (KM2)
AG-04	Quebrada Sin Nombre 1 aguas arriba B	FRANCO ARCILLOSO	Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	C	0,363
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH medianamente ácido, MO alta, CIC muy bajo, SB baja	C	1,130
AG-05	Quebrada de la Canela cabecera	FRANCO ARCILLOSO	Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	C	0,589
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC muy bajo, SB baja	C	0,082
		NO APLICABLE	Tierras que no están caracterizadas como unidades de suelos o unidades taxonómicas	C	0,036
AG-06	Quebrada Sin Nombre 2 cabecera A	FRANCO ARCILLOSO	Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	C	0,359
		NO APLICABLE	Tierras que no están caracterizadas como unidades de suelos o unidades taxonómicas	C	0,049
AG-07	Quebrada de la Canela intermedio	ARCILLA PESADA	Suelos arcillosos (> 60 %), bien drenados, profundos, pH ácido, MO media, CIC bajo, SB baja	D	2,538
		FRANCO ARCILLOSO	Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	C	7,655
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC muy bajo, SB baja	C	0,082
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH medianamente ácido, MO alta, CIC muy bajo, SB baja	C	0,377
		NO APLICABLE	Tierras que no están caracterizadas como unidades de suelos o unidades taxonómicas	C	1,289
AG-08	Río Loyola aguas abajo	ARCILLOSO	Suelos arcillosos, bien drenados, muy superficiales, pH ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	D	1,666
			Suelos arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH ligeramente ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	D	0,727
			Suelos arcillosos, bien drenados, superficiales, pH medianamente ácido, MO media, CIC medio, SB baja	D	1,237
			Suelos arcillosos, moderadamente drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	D	0,892
		FRANCO ARCILLO-ARENOSO	Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, moderadamente profundos, pH ligeramente ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	B	0,398

Cód.	SUBCUENCA	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	GHS	ÁREA (KM2)
			Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, poco profundos, pH muy ácido, MO alta, CIC bajo, SB baja	B	2,309
			Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, profundos, pH medianamente ácido, MO baja, CIC medio, SB baja	B	1,404
			Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, profundos, pH muy ácido, MO alta, CIC bajo, SB baja	B	2,685
		FRANCO ARCILLOSO	Suelos franco-arcillosos, bien drenados, moderadamente profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	C	1,006
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, muy superficiales, pH ligeramente ácido, MO baja, CIC bajo, SB baja	C	0,244
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, muy superficiales, pH medianamente ácido, MO baja, CIC bajo, SB baja	C	0,345
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH ligeramente ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	C	19,088
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH ligeramente ácido, MO alta, CIC medio, SB media	C	1,123
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH ligeramente ácido, MO media, CIC medio, SB baja	C	0,525
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC bajo, SB baja	C	10,223
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	C	77,931
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC muy bajo, SB baja	C	0,201
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO baja, CIC medio, SB baja	C	0,712
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO media, CIC bajo, SB baja	C	0,710
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO media, CIC medio, SB baja	C	0,914
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO media, CIC medio, SB media	C	0,645
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH ligeramente ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	C	0,065

Cód.	SUBCUENCA	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	GHS	ÁREA (KM2)
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH ligeramente ácido, MO baja, CIC bajo, SB baja	C	2,155
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH ligeramente ácido, MO baja, CIC medio, SB baja	C	3,731
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH ligeramente ácido, MO media, CIC bajo, SB baja	C	1,901
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH ligeramente ácido, MO media, CIC medio, SB baja	C	2,966
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH medianamente ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	C	1,750
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH medianamente ácido, MO alta, CIC muy bajo, SB baja	C	10,729
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH medianamente ácido, MO baja, CIC medio, SB baja	C	1,270
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH medianamente ácido, MO media, CIC medio, SB baja	C	3,625
			Suelos franco-arcillosos, moderadamente drenados, moderadamente profundos, pH ligeramente ácido, MO media, CIC bajo, SB alta	C	0,773
			FRANCO ARENOSO	Suelos franco-arenosos, bien drenados, superficiales, pH medianamente ácido, MO alta, CIC bajo, SB baja	B
		NO APLICABLE	No aplicable	C	0,167
			Tierras que no están caracterizadas como unidades de suelos o unidades taxonómicas	C	1,480
AG-09	Quebrada Sin Nombre 2 aguas abajo	FRANCO ARCILLO-ARENOSO	Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, profundos, pH medianamente ácido, MO baja, CIC muy bajo, SB alta	B	5,120
		FRANCO ARCILLOSO	Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	C	5,591
			Suelos franco-arcillosos, moderadamente drenados, profundos, pH ligeramente ácido, MO baja, CIC bajo, SB alta	C	0,332
		NO APLICABLE	Tierras que no están caracterizadas como unidades de suelos o unidades taxonómicas	C	1,539
AG-10	Río San Luis aguas arriba	ARCILLOSO	Suelos arcillosos, bien drenados, muy superficiales, pH ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	D	1,666
			Suelos arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH ligeramente ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	D	0,727

Cód.	SUBCUENCA	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	GHS	ÁREA (KM2)
			Suelos arcillosos, bien drenados, superficiales, pH medianamente ácido, MO media, CIC medio, SB baja	D	1,237
			Suelos arcillosos, moderadamente drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	D	0,892
		FRANCO	Suelos francos, bien drenados, moderadamente profundos, pH medianamente ácido, MO media, CIC muy bajo, SB baja	B	0,726
		FRANCO ARCILLO-ARENOSO	Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, moderadamente profundos, pH ligeramente ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	B	0,784
			Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, moderadamente profundos, pH ligeramente ácido, MO baja, CIC bajo, SB alta	B	1,748
			Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, poco profundos, pH muy ácido, MO alta, CIC bajo, SB baja	B	3,500
			Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, profundos, pH medianamente ácido, MO baja, CIC medio, SB baja	B	9,007
			Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, profundos, pH medianamente ácido, MO baja, CIC muy bajo, SB alta	B	11,77 2
			Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, profundos, pH muy ácido, MO alta, CIC bajo, SB baja	B	2,685
			FRANCO ARCILLOSO	Suelos franco-arcillosos, bien drenados, moderadamente profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	C
		Suelos franco-arcillosos, bien drenados, muy superficiales, pH ligeramente ácido, MO baja, CIC bajo, SB baja		C	0,244
		Suelos franco-arcillosos, bien drenados, muy superficiales, pH medianamente ácido, MO baja, CIC bajo, SB baja		C	0,345
		Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH ligeramente ácido, MO alta, CIC medio, SB baja		C	19,08 8
		Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH ligeramente ácido, MO alta, CIC medio, SB media		C	1,123
		Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH ligeramente ácido, MO media, CIC medio, SB baja		C	0,525
		Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC bajo, SB alta		C	0,785
		Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC bajo, SB baja		C	13,24 1

Cód.	SUBCUENCA	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	GHS	ÁREA (KM2)
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	C	85,157
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC muy bajo, SB baja	C	0,201
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO baja, CIC medio, SB baja	C	0,712
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO media, CIC bajo, SB baja	C	0,710
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO media, CIC medio, SB baja	C	0,914
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO media, CIC medio, SB media	C	0,645
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH ligeramente ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	C	0,065
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH ligeramente ácido, MO baja, CIC bajo, SB baja	C	2,155
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH ligeramente ácido, MO baja, CIC medio, SB baja	C	3,731
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH ligeramente ácido, MO media, CIC bajo, SB baja	C	1,901
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH ligeramente ácido, MO media, CIC medio, SB baja	C	2,966
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH medianamente ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	C	1,750
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH medianamente ácido, MO alta, CIC muy bajo, SB baja	C	10,729
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH medianamente ácido, MO baja, CIC medio, SB baja	C	6,065
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH medianamente ácido, MO media, CIC medio, SB baja	C	3,625
			Suelos franco-arcillosos, mal drenados, muy superficiales, pH medianamente ácido, MO baja, CIC bajo, SB baja	C	0,135
			Suelos franco-arcillosos, moderadamente drenados, moderadamente profundos, pH ligeramente ácido, MO media, CIC bajo, SB alta	C	0,881

Cód.	SUBCUENCA	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	GHS	ÁREA (KM2)
			Suelos franco-arcillosos, moderadamente drenados, profundos, pH ligeramente ácido, MO baja, CIC bajo, SB alta	C	1,019
		FRANCO ARENOSO	Suelos franco-arenosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC muy bajo, SB baja	B	0,156
			Suelos franco-arenosos, bien drenados, superficiales, pH medianamente ácido, MO alta, CIC bajo, SB baja	B	2,042
		NO APLICABLE	No aplicable	C	0,167
			Tierras que no están caracterizadas como unidades de suelos o unidades taxonómicas	C	3,065
AG-11	Quebrada Sin Nombre 3 aguas abajo	FRANCO ARCILLO-ARENOSO	Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, moderadamente profundos, pH ligeramente ácido, MO baja, CIC bajo, SB alta	B	1,116
			Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, profundos, pH medianamente ácido, MO baja, CIC muy bajo, SB alta	B	3,501
		FRANCO ARCILLOSO	Suelos franco-arcillosos, moderadamente drenados, profundos, pH ligeramente ácido, MO baja, CIC bajo, SB alta	C	0,679
AG-12	Quebrada Sin Nombre 3 aguas arriba	FRANCO ARCILLO-ARENOSO	Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, profundos, pH medianamente ácido, MO baja, CIC muy bajo, SB alta	B	0,357
		FRANCO ARCILLOSO	Suelos franco-arcillosos, moderadamente drenados, profundos, pH ligeramente ácido, MO baja, CIC bajo, SB alta	C	0,014
AG-13	Quebrada Sin Nombre 4 aguas arriba	FRANCO ARCILLO-ARENOSO	Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, profundos, pH medianamente ácido, MO baja, CIC muy bajo, SB alta	B	0,320
		FRANCO ARCILLOSO	Suelos franco-arcillosos, moderadamente drenados, profundos, pH ligeramente ácido, MO baja, CIC bajo, SB alta	C	0,011
AG-14	Quebrada Sin Nombre 2 cabecera B	FRANCO ARCILLO-ARENOSO	Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, profundos, pH medianamente ácido, MO baja, CIC muy bajo, SB alta	B	0,159
		FRANCO ARCILLOSO	Suelos franco-arcillosos, moderadamente drenados, profundos, pH ligeramente ácido, MO baja, CIC bajo, SB alta	C	0,004
AG-15	Quebrada Palmales aguas arriba	FRANCO ARCILLO-ARENOSO	Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, profundos, pH medianamente ácido, MO baja, CIC muy bajo, SB alta	B	0,282
		FRANCO ARCILLOSO	Suelos franco-arcillosos, moderadamente drenados, profundos, pH ligeramente ácido, MO baja, CIC bajo, SB alta	C	0,000
AG-16	Quebrada Sin Nombre 5 cabecera	FRANCO ARCILLO-ARENOSO	Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, profundos, pH medianamente ácido, MO baja, CIC muy bajo, SB alta	C	0,166

Cód.	SUBCUENCA	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	GHS	ÁREA (KM2)		
AG-17	Quebrada de la Canela intermedio	ARCILLA PESADA	Suelos arcillosos (> 60 %), bien drenados, profundos, pH ácido, MO media, CIC bajo, SB baja	D	5,661		
		ARCILLOSO	Suelos arcillosos, bien drenados, moderadamente profundos, pH medianamente ácido, MO media, CIC muy bajo, SB alta	D	1,015		
		FRANCO ARCILLO-ARENOSO	Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, profundos, pH medianamente ácido, MO baja, CIC muy bajo, SB alta	B	5,760		
			Suelos franco-arcillo arenosos, moderadamente drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO media, CIC bajo, SB alta	B	0,243		
		FRANCO ARCILLOSO	Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	C	13,918		
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC muy bajo, SB baja	C	0,082		
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO baja, CIC bajo, SB baja	C	0,450		
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC muy bajo, SB media	C	5,304		
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, profundos, pH prácticamente neutro, MO alta, CIC alto, SB alta	C	0,543		
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH medianamente ácido, MO alta, CIC muy bajo, SB baja	C	0,377		
			NO APLICABLE	Tierras que no están caracterizadas como unidades de suelos o unidades taxonómicas	C	2,188	
		AG-18	Rio Vergel aguas arriba	ARCILLA PESADA	Suelos arcillosos (> 60 %), bien drenados, profundos, pH ácido, MO media, CIC bajo, SB baja	D	39,436
					Suelos arcillosos (> 60 %), bien drenados, profundos, pH medianamente ácido, MO media, CIC bajo, SB baja	D	4,332
Suelos arcillosos (> 60 %), bien drenados, superficiales, pH muy ácido, MO media, CIC medio, SB baja	D				1,089		
Suelos arcillosos (> 60 %), moderadamente drenados, profundos, pH medianamente ácido, MO baja, CIC medio, SB baja	D				6,396		
ARCILLOSO	Suelos arcillosos, bien drenados, moderadamente profundos, pH medianamente ácido, MO media, CIC muy bajo, SB alta			D	4,757		
	Suelos arcillosos, bien drenados, muy superficiales, pH ligeramente ácido, MO baja, CIC muy bajo, SB media			D	3,921		

Cód.	SUBCUENCA	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	GHS	ÁREA (KM2)
			Suelos arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO media, CIC medio, SB baja	D	1,234
			Suelos arcillosos, bien drenados, profundos, pH ligeramente ácido, MO baja, CIC bajo, SB media	D	1,669
			Suelos arcillosos, bien drenados, profundos, pH muy ácido, MO media, CIC bajo, SB baja	D	3,348
			Suelos arcillosos, bien drenados, superficiales, pH ácido, MO baja, CIC medio, SB alta	D	0,186
			Suelos arcillosos, bien drenados, superficiales, pH medianamente ácido, MO baja, CIC bajo, SB baja	D	1,434
			Suelos arcillosos, moderadamente drenados, moderadamente profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC alto, SB alta	D	3,829
			Suelos arcillosos, moderadamente drenados, moderadamente profundos, pH prácticamente neutro, MO alta, CIC medio, SB alta	D	22,797
		FRANCO ARCILLO-ARENOSO	Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, moderadamente profundos, pH medianamente ácido, MO baja, CIC bajo, SB alta	B	1,960
			Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC bajo, SB alta	B	0,125
			Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, superficiales, pH ácido, MO media, CIC muy bajo, SB media	B	24,322
		FRANCO ARCILLOSO	Suelos franco-arcillosos, bien drenados, moderadamente profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC medio, SB alta	C	2,484
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, muy superficiales, pH ligeramente ácido, MO media, CIC medio, SB baja	C	0,789
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH ligeramente ácido, MO media, CIC medio, SB baja	C	0,009
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	C	4,225
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO baja, CIC bajo, SB baja	C	0,946
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO media, CIC bajo, SB baja	C	0,221
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO media, CIC medio, SB baja	C	1,697
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC muy bajo, SB media	C	3,249

Cód.	SUBCUENCA	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	GHS	ÁREA (KM2)		
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, profundos, pH prácticamente neutro, MO alta, CIC alto, SB alta	C	6,189		
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH medianamente ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	C	6,262		
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH medianamente ácido, MO media, CIC muy bajo, SB baja	C	2,683		
		FRANCO ARENOSO	Suelos franco-arenosos, bien drenados, moderadamente profundos, pH muy ácido, MO alta, CIC muy bajo, SB baja	B	9,755		
			Suelos franco-arenosos, bien drenados, muy superficiales, pH muy ácido, MO baja, CIC muy bajo, SB alta	B	0,810		
			Suelos franco-arenosos, bien drenados, poco profundos, pH muy ácido, MO media, CIC muy bajo, SB media	B	1,849		
			Suelos franco-arenosos, bien drenados, superficiales, pH ácido, MO baja, CIC bajo, SB baja	B	14,944		
		NO APLICABLE	Tierras que no están caracterizadas como unidades de suelos o unidades taxonómicas	C	17,022		
		AG-19	Quebrada de la Canela aguas abajo	ARCILLA PESADA	Suelos arcillosos (> 60 %), bien drenados, profundos, pH ácido, MO media, CIC bajo, SB baja	D	5,661
				ARCILLOSO	Suelos arcillosos, bien drenados, moderadamente profundos, pH medianamente ácido, MO media, CIC muy bajo, SB alta	D	1,179
FRANCO ARCILLO-ARENOSO	Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, moderadamente profundos, pH medianamente ácido, MO baja, CIC bajo, SB alta			B	0,030		
	Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, profundos, pH medianamente ácido, MO baja, CIC muy bajo, SB alta			B	11,647		
	Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, profundos, pH muy ácido, MO alta, CIC bajo, SB baja			B	2,709		
	Suelos franco-arcillo arenosos, moderadamente drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO media, CIC bajo, SB alta			B	0,888		
FRANCO ARCILLOSO	Suelos franco-arcillosos, bien drenados, moderadamente profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC medio, SB alta			C	0,495		
	Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC medio, SB baja			C	13,918		
	Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC muy bajo, SB baja			C	0,082		

Cód.	SUBCUENCA	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	GHS	ÁREA (KM2)
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO baja, CIC bajo, SB baja	C	0,450
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC muy bajo, SB media	C	11,986
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, profundos, pH prácticamente neutro, MO alta, CIC alto, SB alta	C	9,887
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH medianamente ácido, MO alta, CIC muy bajo, SB baja	C	0,377
		NO APLICABLE	Tierras que no están caracterizadas como unidades de suelos o unidades taxonómicas	C	3,366
AG-20	Quebrada Palmales aguas abajo	FRANCO ARCILLO-ARENOSO	Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, moderadamente profundos, pH ligeramente ácido, MO baja, CIC bajo, SB alta	B	0,613
			Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, moderadamente profundos, pH ligeramente ácido, MO baja, CIC medio, SB alta	B	3,694
			Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, profundos, pH ligeramente ácido, MO media, CIC bajo, SB alta	B	3,651
			Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, profundos, pH medianamente ácido, MO baja, CIC muy bajo, SB alta	B	20,424
		FRANCO ARCILLOSO	Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC bajo, SB alta	C	0,814
			Suelos franco-arcillosos, moderadamente drenados, profundos, pH ligeramente ácido, MO baja, CIC bajo, SB alta	C	3,715
AG21	Rio Vergel aguas abajo	ARCILLA PESADA	Suelos arcillosos (> 60 %), bien drenados, profundos, pH ácido, MO media, CIC bajo, SB baja	D	45,097
			Suelos arcillosos (> 60 %), bien drenados, profundos, pH medianamente ácido, MO media, CIC bajo, SB baja	D	4,332
			Suelos arcillosos (> 60 %), bien drenados, superficiales, pH muy ácido, MO media, CIC medio, SB baja	D	1,089
			Suelos arcillosos (> 60 %), moderadamente drenados, profundos, pH medianamente ácido, MO baja, CIC medio, SB baja	D	6,396
		ARCILLOSO	Suelos arcillosos, bien drenados, moderadamente profundos, pH medianamente ácido, MO media, CIC muy bajo, SB alta	D	5,985
			Suelos arcillosos, bien drenados, muy superficiales, pH ligeramente ácido, MO baja, CIC muy bajo, SB media	D	3,921

Cód.	SUBCUENCA	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	GHS	ÁREA (KM2)
			Suelos arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO media, CIC medio, SB baja	D	1,234
			Suelos arcillosos, bien drenados, profundos, pH ligeramente ácido, MO baja, CIC bajo, SB media	D	1,669
			Suelos arcillosos, bien drenados, profundos, pH muy ácido, MO media, CIC bajo, SB baja	D	3,348
			Suelos arcillosos, bien drenados, superficiales, pH ácido, MO baja, CIC medio, SB alta	D	0,186
			Suelos arcillosos, bien drenados, superficiales, pH medianamente ácido, MO baja, CIC bajo, SB baja	D	1,434
			Suelos arcillosos, moderadamente drenados, moderadamente profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC alto, SB alta	D	3,829
			Suelos arcillosos, moderadamente drenados, moderadamente profundos, pH prácticamente neutro, MO alta, CIC medio, SB alta	D	31,97 2
		FRANCO ARCILLO- ARENOSO	Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, moderadamente profundos, pH ligeramente ácido, MO baja, CIC bajo, SB alta	B	0,648
			Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, moderadamente profundos, pH ligeramente ácido, MO baja, CIC medio, SB alta	B	3,694
			Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, moderadamente profundos, pH medianamente ácido, MO baja, CIC bajo, SB alta	B	2,289
			Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, profundos, pH ligeramente ácido, MO media, CIC bajo, SB alta	B	3,651
			Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC bajo, SB alta	B	0,217
			Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, profundos, pH medianamente ácido, MO baja, CIC muy bajo, SB alta	B	40,06 4
			Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, profundos, pH muy ácido, MO alta, CIC bajo, SB baja	B	3,149
			Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, superficiales, pH ácido, MO media, CIC muy bajo, SB media	B	24,32 2
			Suelos franco-arcillo arenosos, moderadamente drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO media, CIC bajo, SB alta	B	0,888
		FRANCO ARCILLOSO	Suelos franco-arcillosos, bien drenados, moderadamente profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC medio, SB alta	C	3,173
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, muy superficiales, pH ligeramente ácido, MO media, CIC medio, SB baja	C	0,789

Cód.	SUBCUENCA	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	GHS	ÁREA (KM2)
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH ligeramente ácido, MO media, CIC medio, SB baja	C	0,009
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC bajo, SB alta	C	0,814
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	C	18,143
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC muy bajo, SB baja	C	0,082
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO baja, CIC bajo, SB baja	C	1,396
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO media, CIC bajo, SB baja	C	0,221
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO media, CIC medio, SB baja	C	1,697
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC muy bajo, SB media	C	15,235
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, profundos, pH prácticamente neutro, MO alta, CIC alto, SB alta	C	16,076
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH medianamente ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	C	6,262
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH medianamente ácido, MO alta, CIC muy bajo, SB baja	C	0,377
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH medianamente ácido, MO media, CIC muy bajo, SB baja	C	2,683
			Suelos franco-arcillosos, moderadamente drenados, profundos, pH ligeramente ácido, MO baja, CIC bajo, SB alta	C	3,734
		FRANCO ARENOSO	Suelos franco-arenosos, bien drenados, moderadamente profundos, pH muy ácido, MO alta, CIC muy bajo, SB baja	B	9,755
			Suelos franco-arenosos, bien drenados, muy superficiales, pH muy ácido, MO baja, CIC muy bajo, SB alta	B	0,810
			Suelos franco-arenosos, bien drenados, poco profundos, pH muy ácido, MO media, CIC muy bajo, SB media	B	1,849
			Suelos franco-arenosos, bien drenados, superficiales, pH ácido, MO baja, CIC bajo, SB baja	B	14,944

Cód.	SUBCUENCA	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	GHS	ÁREA (KM2)
			Suelos franco-arenosos, moderadamente drenados, moderadamente profundos, pH ligeramente ácido, MO baja, CIC muy bajo, SB alta	B	0,338
		NO APLICABLE	Tierras que no están caracterizadas como unidades de suelos o unidades taxonómicas	C	21,630
AG-22	Quebrada Palmales intermedio	FRANCO ARCILLO-ARENOSO	Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, profundos, pH medianamente ácido, MO baja, CIC muy bajo, SB alta	B	10,161
		FRANCO ARCILLOSO	Suelos franco-arcillosos, moderadamente drenados, profundos, pH ligeramente ácido, MO baja, CIC bajo, SB alta	C	1,241
AG-23	Quebrada Sin Nombre 4 aguas arriba	FRANCO ARCILLO-ARENOSO	Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, profundos, pH medianamente ácido, MO baja, CIC muy bajo, SB alta	B	3,966
		FRANCO ARCILLOSO	Suelos franco-arcillosos, moderadamente drenados, profundos, pH ligeramente ácido, MO baja, CIC bajo, SB alta	C	0,811
AG-24	Río San Luis aguas abajo	ARCILLOSO	Suelos arcillosos, bien drenados, muy superficiales, pH ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	D	1,666
			Suelos arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH ligeramente ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	D	0,727
			Suelos arcillosos, bien drenados, superficiales, pH medianamente ácido, MO media, CIC medio, SB baja	D	1,237
			Suelos arcillosos, moderadamente drenados, moderadamente profundos, pH prácticamente neutro, MO alta, CIC medio, SB alta	D	7,618
			Suelos arcillosos, moderadamente drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	D	0,892
		FRANCO	Suelos francos, bien drenados, moderadamente profundos, pH medianamente ácido, MO media, CIC muy bajo, SB baja	B	0,726
		FRANCO ARCILLO-ARENOSO	Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, moderadamente profundos, pH ligeramente ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	B	0,784
			Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, moderadamente profundos, pH ligeramente ácido, MO baja, CIC bajo, SB alta	B	2,692
			Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, poco profundos, pH muy ácido, MO alta, CIC bajo, SB baja	B	3,500
			Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, profundos, pH ligeramente ácido, MO media, CIC bajo, SB alta	B	3,612
			Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, profundos, pH medianamente ácido, MO baja, CIC medio, SB baja	B	9,324

Cód.	SUBCUENCA	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	GHS	ÁREA (KM2)
			Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, profundos, pH medianamente ácido, MO baja, CIC muy bajo, SB alta	B	12,137
			Suelos franco-arcillo arenosos, bien drenados, profundos, pH muy ácido, MO alta, CIC bajo, SB baja	B	2,685
		FRANCO ARCILLO-LIMOSO	Suelos franco-arcillo limosos, bien drenados, superficiales, pH ácido, MO baja, CIC muy bajo, SB baja	C	0,966
		FRANCO ARCILLOSO	Suelos franco-arcillosos, bien drenados, moderadamente profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	C	1,261
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, muy superficiales, pH ligeramente ácido, MO baja, CIC bajo, SB baja	C	0,244
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, muy superficiales, pH medianamente ácido, MO baja, CIC bajo, SB baja	C	0,345
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH ligeramente ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	C	19,088
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH ligeramente ácido, MO alta, CIC medio, SB media	C	1,123
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH ligeramente ácido, MO media, CIC medio, SB baja	C	0,525
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC bajo, SB alta	C	3,757
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC bajo, SB baja	C	13,241
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	C	85,157
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC muy bajo, SB baja	C	0,201
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO baja, CIC medio, SB baja	C	0,712
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO media, CIC bajo, SB baja	C	0,710
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO media, CIC medio, SB baja	C	0,914
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO media, CIC medio, SB media	C	0,645

Cód.	SUBCUENCA	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	GHS	ÁREA (KM2)
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH ligeramente ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	C	0,065
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH ligeramente ácido, MO baja, CIC bajo, SB baja	C	2,155
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH ligeramente ácido, MO baja, CIC medio, SB baja	C	3,731
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH ligeramente ácido, MO media, CIC bajo, SB baja	C	1,901
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH ligeramente ácido, MO media, CIC medio, SB baja	C	2,966
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH medianamente ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	C	1,750
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH medianamente ácido, MO alta, CIC muy bajo, SB baja	C	10,729
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH medianamente ácido, MO baja, CIC medio, SB baja	C	9,606
			Suelos franco-arcillosos, bien drenados, superficiales, pH medianamente ácido, MO media, CIC medio, SB baja	C	3,625
			Suelos franco-arcillosos, mal drenados, muy superficiales, pH medianamente ácido, MO baja, CIC bajo, SB baja	C	0,135
			Suelos franco-arcillosos, moderadamente drenados, moderadamente profundos, pH ligeramente ácido, MO media, CIC bajo, SB alta	C	0,881
			Suelos franco-arcillosos, moderadamente drenados, profundos, pH ligeramente ácido, MO baja, CIC bajo, SB alta	C	2,218
		FRANCO ARENOSO	Suelos franco-arenosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC muy bajo, SB baja	B	0,389
			Suelos franco-arenosos, bien drenados, superficiales, pH medianamente ácido, MO alta, CIC bajo, SB baja	B	2,116
			Suelos franco-arenosos, mal drenados, moderadamente profundos, pH ligeramente ácido, MO baja, CIC bajo, SB alta	B	0,305
		NO APLICABLE	No aplicable	C	0,167
			Tierras que no están caracterizadas como unidades de suelos o unidades taxonómicas	C	3,993

Fuente: MAGAP, 2017

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

Los suelos predominantes en las subcuencas son de la textura de suelo tipo franco arcilloso y franco arcilloso arenoso, es decir, suelos de los grupos hidrológicos B y C

La Figura 7-47 presenta la textura del suelo en el área del proyecto minero Porvenir.

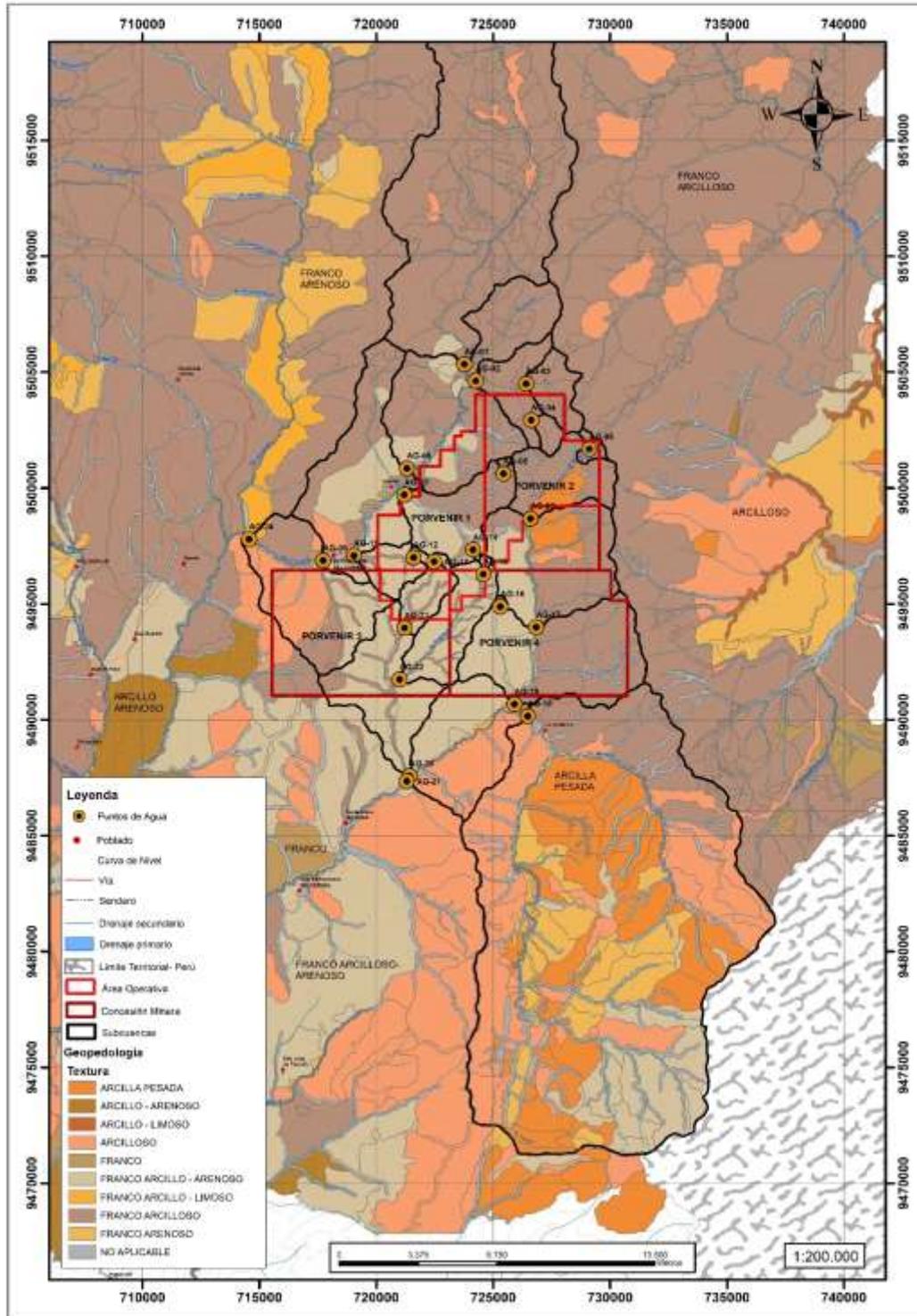


Figura 7-47 Cobertura vegetal y uso del suelo en el área del proyecto minero Porvenir

Fuente: MAGAP, 2017

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

#### 7.1.8.3.4 Cobertura vegetal y uso del suelo

La información del mapa de Sistemas Productivos, escala 1:25.000 del MAGAP, 2017 establece la cobertura y los usos del suelo en las subcuencas de interés. La cobertura principal en las subcuencas es bosque húmedo poco intervenido. Cabe mencionar que para este análisis no se utiliza la información MAATE 2018, puesto que MAGAP 2017, presenta información a mayor detalle, que permite evaluar de mejor manera el coeficiente de escorrentía.

En la subcuenca del río Vergel el 83% del área de drenaje está cubierto por bosque húmedo poco alterado y el 12 % por pastos cultivados.

En la subcuenca del río San Luis el 86% del área de drenaje presenta una cobertura vegetal de bosque húmedo poco alterado y el 12 % está cubierto por pastos cultivados.

En la Tabla 7-48, se presentan el resumen de los diferentes tipos de la cobertura vegetal y usos del suelo, en las subcuencas asociadas a las concesiones del proyecto minero Porvenir.

Tabla 7-48 Uso de suelo y cobertura vegetal en las subcuencas de los sitios de interés del proyecto minero Porvenir

CÓDIGO	NOMBRE SUBCUENCA	COBERTURA VEGETAL O USO	ÁREA (KM2)
AG-01	Río Loyola agua arriba	Bosque húmedo poco alterado	106,455
		Bosque nativo	0,002
		Erial	0,020
		Mosaico agropecuario	0,111
		Rio doble	0,349
		Vegetación arbustiva	0,297
		Vegetación herbácea	0,832
AG-02	Quebrada Sin Nombre 1 aguas abajo	Bosque húmedo poco alterado	13,641
		Pasto cultivado	0,035
AG-03	Quebrada Sin Nombre 1 aguas arriba A	Bosque húmedo poco alterado	5,189
AG-04	Quebrada Sin Nombre 1 aguas arriba B (También conocida como El Pájaro)	Bosque húmedo poco alterado	1,494
AG-05	Quebrada de la Canela cabecera	Bosque húmedo poco alterado	0,707
AG-06	Quebrada Sin Nombre 2 cabecera A	Bosque húmedo poco alterado	0,408
AG-07	Quebrada de la Canela intermedio	Bosque húmedo muy alterado	0,037
		Bosque húmedo poco alterado	10,911
		Matorral húmedo muy alterado	0,056
		Matorral húmedo poco alterado	0,021
		Pasto cultivado	0,129
		Pasto cultivado con presencia de arboles	0,763

CÓDIGO	NOMBRE SUBCUENCA	COBERTURA VEGETAL O USO	ÁREA (KM2)
		Río doble	0,026
AG-08	Río Loyola aguas abajo	Bosque húmedo muy alterado	0,065
		Bosque húmedo poco alterado	148,378
		Bosque nativo	0,002
		Cacao	0,025
		Erial	0,020
		Matorral húmedo medianamente alterado	0,189
		Matorral húmedo muy alterado	0,188
		Mosaico agropecuario	0,113
		Pastizal	0,049
		Pasto cultivado	4,377
		Pasto cultivado con presencia de arboles	1,201
		Río doble	0,553
		Vegetación arbustiva	0,297
		Vegetación herbácea	0,832
AG-09	Quebrada Sin Nombre 2 aguas abajo (Conocida como San Vicente)	Bosque húmedo muy alterado	0,100
		Bosque húmedo poco alterado	10,671
		Matorral húmedo medianamente alterado	0,147
		Matorral húmedo poco alterado	0,007
		Pasto cultivado	1,119
		Pasto cultivado con presencia de arboles	0,538
AG-10	Río San Luis aguas arriba	Bosque húmedo medianamente alterado	0,153
		Bosque húmedo muy alterado	0,703
		Bosque húmedo poco alterado	177,755
		Bosque nativo	0,002
		Cacao	0,025
		Centro poblado	0,271
		Erial	0,020
		Matorral húmedo medianamente alterado	0,502
		Matorral húmedo muy alterado	0,188
		Matorral húmedo poco alterado	0,007
		Mosaico agropecuario	0,113
		Pastizal	0,049
		Pasto cultivado	16,143
		Pasto cultivado con presencia de arboles	2,258
Río doble	0,766		
Vegetación arbustiva	0,297		

CÓDIGO	NOMBRE SUBCUENCA	COBERTURA VEGETAL O USO	ÁREA (KM2)
		Vegetación herbácea	0,895
AG-11	Quebrada Sin Nombre 3 aguas abajo	Bosque húmedo muy alterado	0,127
		Bosque húmedo poco alterado	2,854
		Matorral húmedo medianamente alterado	0,098
		Pasto cultivado	1,826
		Pasto cultivado con presencia de arboles	0,391
AG-12	Quebrada Sin Nombre 3 aguas arriba	Bosque húmedo muy alterado	0,097
		Bosque húmedo poco alterado	0,004
		Matorral húmedo medianamente alterado	0,052
		Pasto cultivado	0,202
		Pasto cultivado con presencia de arboles	0,015
AG-13	Quebrada Sin Nombre 4 aguas arriba	Bosque húmedo poco alterado	0,323
		Matorral húmedo medianamente alterado	0,009
		Pasto cultivado	0,000
AG-14	Quebrada Sin Nombre 2 cabecera B (conocida como San Vicente)	Bosque húmedo poco alterado	0,155
		Matorral húmedo medianamente alterado	0,000
		Matorral húmedo poco alterado	0,007
AG-15	Quebrada Palmales aguas arriba	Bosque húmedo poco alterado	0,117
		Matorral húmedo medianamente alterado	0,066
		Matorral húmedo poco alterado	0,049
		Pasto cultivado con presencia de arboles	0,051
AG-16	Quebrada Sin Nombre 5 cabecera	Bosque húmedo poco alterado	0,166
AG-17	Quebrada de la Canela intermedio	Bosque húmedo muy alterado	0,037
		Bosque húmedo poco alterado	30,717
		Matorral húmedo medianamente alterado	0,242
		Matorral húmedo muy alterado	0,179
		Matorral húmedo poco alterado	0,021
		Pasto cultivado	1,671
		Pasto cultivado con presencia de arboles	2,591
		Rio doble	0,084
AG-18	Rio Vergel aguas arriba	Área en proceso de urbanización	0,013
		Bosque húmedo medianamente alterado	0,840
		Bosque húmedo muy alterado	1,731
		Bosque húmedo poco alterado	165,495
		Caña de azúcar artesanal	0,179
		Centro poblado	0,092
		Matorral húmedo medianamente alterado	7,018

<b>CÓDIGO</b>	<b>NOMBRE SUBCUENCA</b>	<b>COBERTURA VEGETAL O USO</b>	<b>ÁREA (KM2)</b>
		Matorral húmedo muy alterado	0,596
		Matorral húmedo poco alterado	1,559
		Pasto cultivado	8,007
		Pasto cultivado con presencia de arboles	7,236
		Plátano	0,088
		Rio doble	0,584
		Vegetación herbácea húmeda poco alterada	0,532
AG-19	Quebrada de la Canela aguas abajo	Bosque húmedo muy alterado	0,716
		Bosque húmedo poco alterado	50,604
		Caña de azúcar artesanal	0,109
		Cacao	0,047
		Matorral húmedo medianamente alterado	0,883
		Matorral húmedo muy alterado	0,650
		Matorral húmedo poco alterado	0,021
		Pasto cultivado	4,840
		Pasto cultivado con presencia de arboles	4,639
		Rio doble	0,148
		Vegetación herbácea húmeda poco alterada	0,019
AG-20	Quebrada Palmales aguas abajo	Bosque húmedo muy alterado	0,958
		Bosque húmedo poco alterado	23,034
		Matorral húmedo medianamente alterado	0,519
		Matorral húmedo muy alterado	0,366
		Matorral húmedo poco alterado	0,055
		Pasto cultivado	5,552
		Pasto cultivado con presencia de arboles	2,426
AG-21	Rio Vergel aguas abajo	Área en proceso de urbanización	0,013
		Banco de arena	0,022
		Bosque húmedo medianamente alterado	1,047
		Bosque húmedo muy alterado	3,651
		Bosque húmedo poco alterado	252,609
		Caña de azúcar artesanal	0,301
		Cacao	0,063
		Centro poblado	0,092
		Matorral húmedo medianamente alterado	8,864
		Matorral húmedo muy alterado	2,424
		Matorral húmedo poco alterado	1,635
		Pasto cultivado	20,600

CÓDIGO	NOMBRE SUBCUENCA	COBERTURA VEGETAL O USO	ÁREA (KM2)
		Pasto cultivado con presencia de arboles	16,544
		Plátano	0,088
		Río doble	0,927
		Vegetación herbácea húmeda poco alterada	0,551
AG-22	Quebrada Palmales intermedio	Bosque húmedo poco alterado	9,122
		Matorral húmedo medianamente alterado	0,280
		Matorral húmedo muy alterado	0,206
		Matorral húmedo poco alterado	0,055
		Pasto cultivado	1,364
		Pasto cultivado con presencia de arboles	0,374
AG-23	Quebrada Sin Nombre 4 aguas arriba	Bosque húmedo poco alterado	3,099
		Matorral húmedo medianamente alterado	0,239
		Pasto cultivado	0,265
		Pasto cultivado con presencia de arboles	1,175
AG-24	Río San Luis aguas abajo	Bosque húmedo medianamente alterado	0,153
		Bosque húmedo muy alterado	0,765
		Bosque húmedo poco alterado	191,053
		Bosque nativo	0,002
		Cacao	0,025
		Centro poblado	0,271
		Erial	0,020
		Matorral húmedo medianamente alterado	0,856
		Matorral húmedo muy alterado	0,641
		Matorral húmedo poco alterado	0,274
		Mosaico agropecuario	0,113
		Pastizal	0,049
		Pasto cultivado	24,509
		Pasto cultivado con presencia de arboles	2,428
		Río doble	0,846
		Vegetación arbustiva	0,297
Vegetación herbácea	0,895		
Vegetación herbácea húmeda muy alterada	0,023		

Fuente: MAGAP, 2017

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

Las subcuencas de los sitios de interés en general presentan una cobertura vegetal poco intervenida, lo que favorece la retención de la lluvia en la vegetación y la infiltración de agua originando una regulación natural que provee de caudales durante la época de menores precipitaciones a los cauces y atenuando las crecidas durante las épocas más lluviosas.



#### 7.1.8.4 Precipitación

La Tabla 7-49 presenta los datos de ubicación de las estaciones próximas al área del proyecto minero Porvenir en un rango aproximado de 30 km y el período de disponibilidad de información de precipitación.

Tabla 7-49 Estación meteorológica y disponibilidad de información (WGS84 17S)

CÓD.	ESTACIÓN	TIPO	LONGITUD (M)	LATITUD (M)	ALTITUD (MSNM)	PERÍODO	INSTITUCIÓN
M0145	QUINARA INAMHI	CO	694953	9522951	1560	1982 - 2013	INAMHI
M0147	YANGANA	CO	702556	9516943	1835	1979 - 2013	INAMHI
M0684	VALLADOLID	PG	712650	9497317	1700	1982 - 1992	INECEL
M0685	ZUMBA	PG	707007	9462034	1200	1978 - 1992	INECEL

Fuente: INAMHI, 2015

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

La estación del INECEL, M0684 Valladolid se ubica en la subcuenca del río Numbalá y la más próxima al área del proyecto minero Porvenir, presenta registros limitados y un comportamiento diferente a las demás estaciones cercanas.

En Anexo B. Línea\_Base, carpeta B1. Componente Físico, subcarpeta 6. Hidrología, Documento 1 se incluyen los datos de precipitación.

La Figura 7-49 muestra la ubicación de las estaciones meteorológicas utilizadas para el análisis hidrológico.

La Tabla 7-50 presenta los datos mensuales de precipitación en la estación de interés.

Tabla 7-50 Precipitación mensual y anual en el área de interés (mm)

CÓD	EST	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
M0145	Quinara INAMHI	94,6	159,7	158,3	116,5	51,0	19,1	5,6	5,2	24,7	89,4	87,3	107,6	919,0
M0147	Yangana	132,4	183,5	163,1	128,7	80,0	74,8	65,7	45,0	53,6	98,1	91,4	116,9	1233,3
M0684	Valladolid	219,0	144,2	147,9	153,7	136,6	144,2	122,1	134,0	140,3	128,8	123,9	174,9	1769,6
M0685	Zumba	169,9	154,3	164,2	123,0	112,0	66,6	61,7	56,0	64,3	99,6	89,9	149,9	1311,4

Fuente: INAMHI, 2015

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

Los registros de precipitación en las estaciones M0145 Quinara, M0147 Yangana y M0685 Zumba observan un comportamiento bimodal, propio de área del callejón interandino. Mientras los registros de la estación M684 Valladolid observan un comportamiento casi constante a lo largo del año.

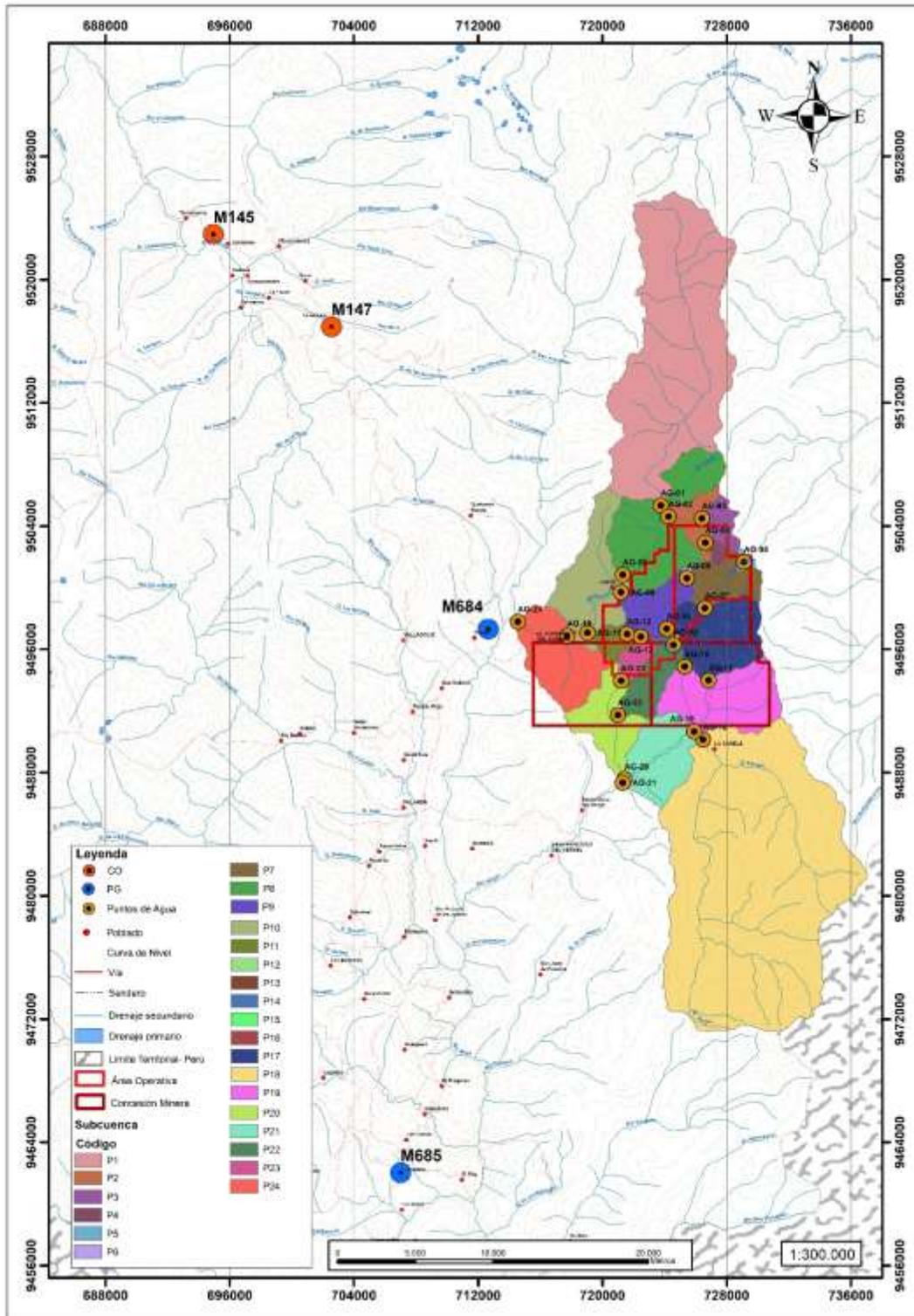


Figura 7-49 Estación meteorológica en el área de estudio

Fuente: INAMHI, 2015

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

En la Tabla 7-39, se observa un comportamiento mensual de la precipitación en las estaciones consideradas.

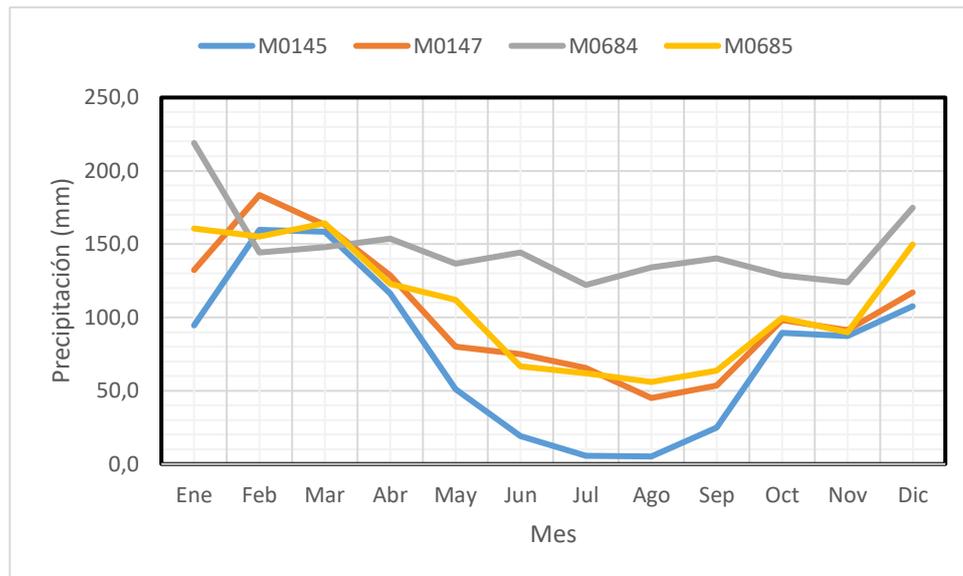


Figura 7-50 Variación mensual de la precipitación en las estaciones próximas al proyecto minero Porvenir

Fuente: INAMHI, 2015

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

De acuerdo a los registros de la estación M0684 Valladolid próxima área de estudio, las precipitaciones en la zona están en el orden de 1770 mm. De acuerdo a las isoyetas del sistema nacional de información las precipitaciones del área del proyecto minero Porvenir están en el rango entre 1750 y 2000 mm.

La Figura 7-51 presenta la distribución espacial de las precipitaciones anuales en el área de interés, considerando el mapa de isoyetas del Sistema Nacional de Información (SNI).

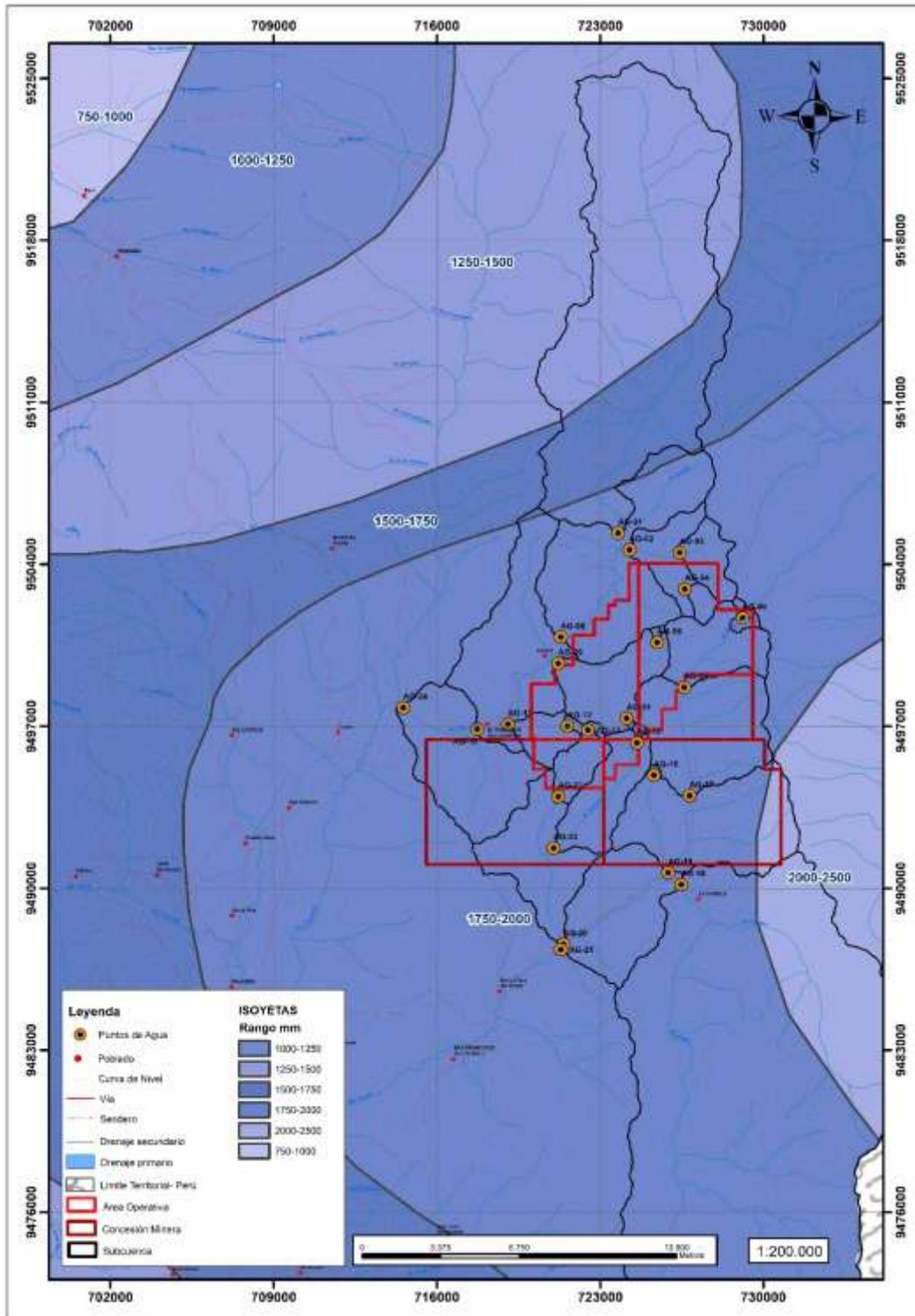


Figura 7-51 Isoyetas anuales en el área de interés (mm)

Fuente: INAMHI, 2015

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

La tendencia de las lluvias anuales permite apreciar la variabilidad de las precipitaciones en la zona. Considerando los datos de la estación M0147 Yangana, se

ha establecido el incremento de los valores anuales de precipitación en el tiempo, como se muestra en la Tabla 7-42.

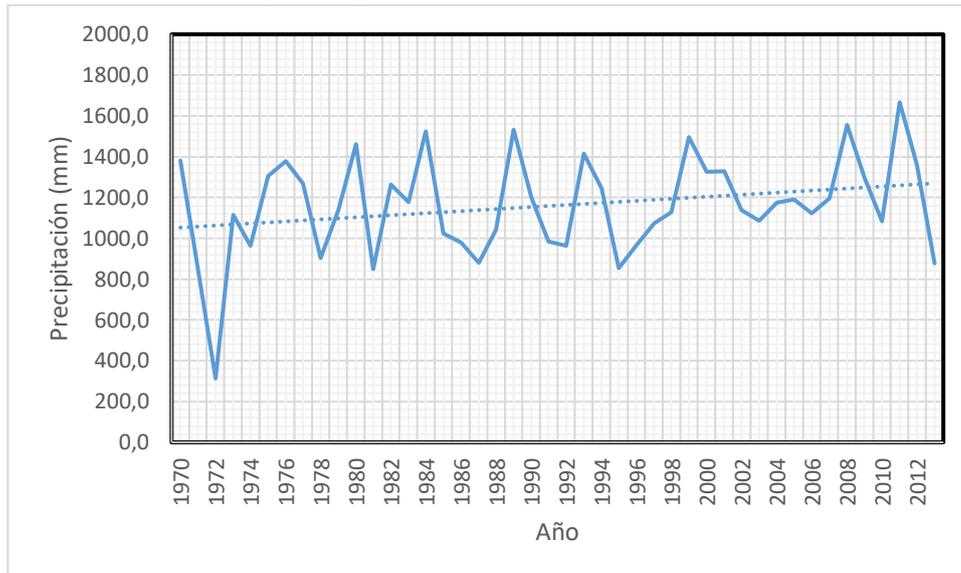


Figura 7-52 Tendencia de la serie de precipitación cronológica – M0147 Yangana

Fuente: INAMHI, 2015

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

### 7.1.8.5 Intensidades máximas de lluvia en el área del proyecto minero Porvenir

El estudio "Determinación de Ecuaciones para el Cálculo de Intensidades Máximas de Precipitación – Actualización del Estudio de Lluvias Intensas", del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), del 2019, ha sido considerado en el análisis de las precipitaciones máximas en el área de estudio.

El estudio de lluvias intensas determina las relaciones intensidad - duración – período de retorno, a nivel nacional.

Según este estudio la zona de interés, se encuentran en la zona 17 de la regionalización propuesta por el INAMHI.

Las ecuaciones de intensidad para esta zona son las siguientes:

$$\begin{aligned} \text{Si } 5 \text{ min} < t < 44 \text{ min:} & \quad I_{\text{"TR"}} = 86,811 \times t^{-0,447} \times I_{\text{(d,TR)}} \\ \text{Si } 44 \text{ min} < t < 1440 \text{ min:} & \quad I_{\text{"TR"}} = 328,11 \times t^{-0,798} \times I_{\text{(d,TR)}} \end{aligned}$$

En donde:

I = Intensidad de precipitación, (mm/h)

t = duración de la lluvia, (min)

Tr = período de retorno, (años)

Id, Tr = intensidades de lluvia para 24 horas, con período de retorno (mm/h).

En la Tabla 7-51, se muestran las ecuaciones intensidad – duración – período de retorno de la zona. Los valores de intensidad de 24 horas con período de retorno corresponden a la estación M0147 Yangana.

Tabla 7-51 Ecuaciones de Intensidad de lluvia de la Zona 17

PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	ECUACIONES		INTENSIDADES, 24 H MM
	5 MIN < T < 44 MIN	44 MIN < T < 1440	
2	$I = 207,48 \times t^{-0,447}$	$I = 784,18 \times t^{-0,798}$	2,29
5	$I = 246,54 \times t^{-0,447}$	$I = 931,83 \times t^{-0,798}$	2,84
10	$I = 318,60 \times t^{-0,447}$	$I = 1204,16 \times t^{-0,798}$	3,67
25	$I = 374,16 \times t^{-0,447}$	$I = 1414,15 \times t^{-0,798}$	4,31
50	$I = 415,84 \times t^{-0,447}$	$I = 1571,65 \times t^{-0,798}$	4,79
100	$I = 456,63 \times t^{-0,447}$	$I = 1725,86 \times t^{-0,798}$	5,26

Fuente: INAMHI, 2019

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

En la Tabla 7-52, se presentan los valores de intensidades de precipitación determinados para el área de estudio.

Tabla 7-52 Intensidades máximas para la Zona 17 (mm/h)

PERÍODO DE RETORNO (AÑOS)	DURACIÓN (MIN)									
	5	15	30	45	60	120	180	360	720	1440
2	101,0	61,8	45,4	37,8	29,9	17,2	12,4	7,2	4,1	2,4
5	120,1	73,5	53,9	45,0	35,5	20,4	14,8	8,5	4,9	2,8
10	155,2	95,0	69,7	58,1	45,9	26,4	19,1	11,0	6,3	3,6
25	182,2	111,5	81,8	68,2	53,9	31,0	22,4	12,9	7,4	4,3
50	202,5	123,9	90,9	75,8	59,9	34,4	24,9	14,3	8,2	4,7
100	222,4	136,1	99,8	83,3	65,8	37,8	27,4	15,7	9,1	5,2

Fuente: INAMHI, 2019

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

La Figura 7-53 muestra la variación de las intensidades de lluvia con la duración y el período de retorno, para la zona de interés.

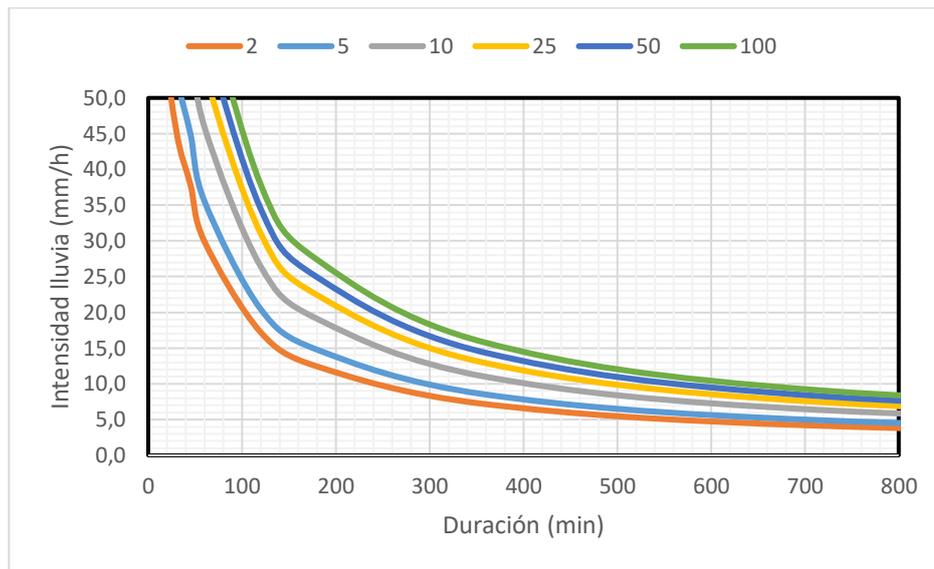


Figura 7-53 Curvas Intensidad – Duración – Periodo de retorno Zona 17

Fuente: INAMHI, 2019

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

#### 7.1.8.6 Balance hídrico en el área del proyecto minero Porvenir

Con el propósito de tener una referencia del recurso hídrico que se genera en el área de interés (escorrentía) se ha determinado el balance hídrico.

Inicialmente se ha estimado la Evapotranspiración potencial ETP.

Se ha determinado también la evapotranspiración potencial (ETP) para calcular el balance hídrico, a través de la fórmula de Thornthwaite, la cual se describe a continuación:

$$ETP = ETP_{sin\ corr} \times \frac{N}{12} \times \frac{d}{30}$$

$$ETP_{sin\ corr} = 16 \times \left( \frac{10 \cdot t}{I} \right)^a$$

t: temperatura media mensual en °C

I: índice de calor anual ( $I = \sum i_j$ )

$$i_j = (t_j/5)^{1,514}$$

a: parámetro que se calcula a partir de I según la expresión:

$$a = 0,000000675 \times I^3 - 0,0000771 \times I^2 + 0,01792 \times I + 0,49239$$

N: número de días del mes

d: horas de sol en el día

La temperatura media en el área del proyecto minero Porvenir será del orden de 16.8 °C, considerando una altitud media de 2150 msnm.

A partir de los datos registrados por la estación climatológica M0147 Yangana de temperatura y los datos de precipitación de la estación M0684 Valladolid, se establecieron los siguientes valores de ETP, aplicando la fórmula de Thornthwaite.

Tabla 7-53 Valores mensuales de ETP – área del proyecto minero Porvenir (mm)

VARIABLE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Temperatura media (°C)	16,9	16,8	16,8	16,9	16,9	16,7	16,3	16,6	17,0	17,1	17,2	17,0	16,8
Precipitación anual (mm)	219,0	144,2	147,9	153,7	136,6	144,2	122,1	134,0	140,3	128,8	123,9	174,9	1769,6
ETP Thornthwaite (mm)	64,8	58,0	64,2	62,7	64,8	61,6	60,8	63,1	63,3	66,0	65,0	65,4	759,6

Fuente: INAMHI, 2015

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

La Figura 7-54 muestra la variación a nivel mensual de la evapotranspiración potencial ETP.

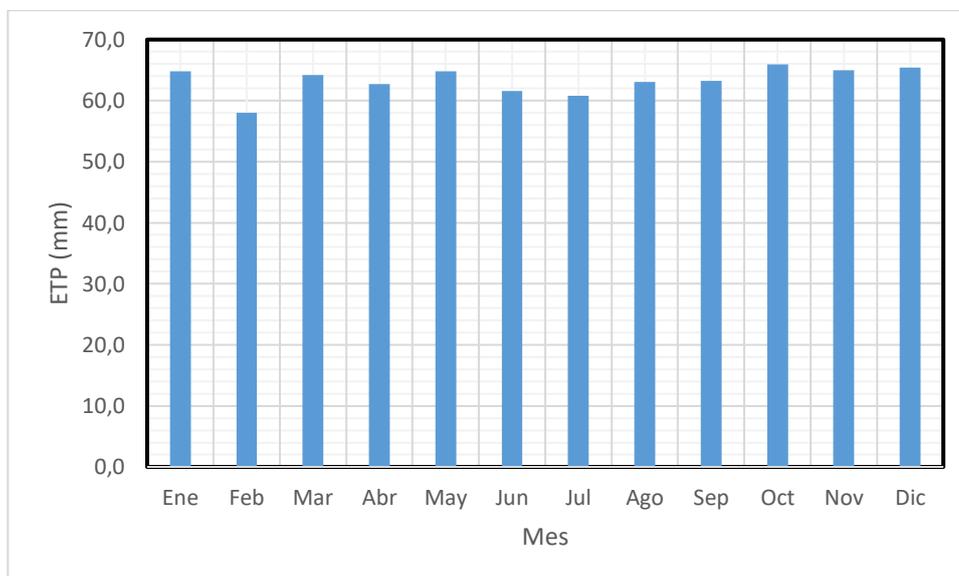


Figura 7-54 Evapotranspiración Potencial mensual en el área del proyecto minero Porvenir

Fuente: INAMHI, 2015

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

El balance de humedad (balance hídrico) en una zona es necesario para definir las épocas de déficit y de excesos de agua. El balance del agua en el suelo a lo largo del año se realiza partiendo de los valores mensuales de precipitación y de evapotranspiración.

Para el cálculo del balance hídrico se aplica el método directo (Thornthwaite). En el método directo, el agua del suelo se va perdiendo mes a mes hasta agotar la reserva en el suelo, debido a la evapotranspiración.

El balance hídrico define mensualmente los ingresos y salidas de agua desde el suelo, considerando los siguientes elementos:

- P: Precipitación media mensual  
 ET: Evapotranspiración (potencial o de referencia)  
 P-ET: Diferencia entre la P y la ET  
 R: Reserva  
 VR: Variación de la reserva  
 ETR: Evapotranspiración real  
 D: Déficit de agua  
 Ex: Exceso de agua  
 P-ET: Balance mensual de entradas y salidas potenciales de agua del suelo. La diferencia determina los meses secos ( $P-ET < 0$ ); y, húmedos ( $P-ET > 0$ ).  
 R: Reserva del suelo: En un mes donde hay más entradas que salidas ( $P > ET$ ), el agua sobrante será almacenada en la reserva del suelo; por el contrario, cuando las salidas sean mayores que las entradas, la reserva del agua en el suelo se reducirá.

El suelo tiene una capacidad de retención de humedad en función de sus características físicas (capacidad de retención máxima del suelo). La capacidad máxima para retener agua se establece como la diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitez del cultivo.

La reserva del mes se calcula agregando la variación (P-ET). La reserva en el mes "i" se calcula mediante las expresiones:

$$\begin{array}{ll}
 R_i = R_{i-1} + (P_i - ET_i) & \text{si } 0 < R_{i-1} + (P_i - ET_i) < R_{\text{máx}} \\
 R_i = R_{\text{máx}} & \text{si } R_{i-1} + (P_i - ET_i) > R_{\text{máx}} \\
 R_i = 0 & \text{si } 0 > R_{i-1} + (P_i - ET_i)
 \end{array}$$

La reserva se acumula mes a mes en el período húmedo y se reduce en el período seco. Se supone que después del período seco la reserva del suelo es nula. En consecuencia, se empieza el cálculo de "R" con el primer mes húmedo.

*VR* *variación de la reserva*: Es la diferencia entre la reserva del mes en el que se está realizando el cálculo y la reserva del mes anterior, entonces:

$$VR_i = R_i - R_{i-1}$$

*ETR* *evapotranspiración real*: La evapotranspiración potencial sólo se podrá alcanzar si hay agua disponible. La evapotranspiración real es por tanto el volumen de agua que realmente se evapora en el mes dependiendo de que haya suficiente agua disponible para evaporar y así llegar a la ET potencial o de referencia.

El agua disponible para evaporar en el mes es la correspondiente al aporte de la precipitación y de la reserva del suelo. En el período húmedo, la ET real es igual a la evaporación potencial; es decir,

$$ETR_i = ET_i.$$

En el período seco, la evaporación será igual al agua de precipitación y la variación de la reserva, entonces,

$$ETR_i = P_i + |VR_i|$$

D *Déficit: falta de agua*

Es el volumen de agua que falta para cubrir las necesidades potenciales de agua. El déficit de agua es:

$$D_i = ET_i - ETR_i.$$

*Ex*, Exceso: exceso de agua

Es el agua que excede de la reserva máxima y que se habrá perdido por escorrentía superficial o percolación. Por tanto:

$$Ex_i = [P_i - ET_i - VR_i] \quad \text{si } (P_i - ET_i) > 0$$

$$Ex_i = 0 \quad \text{si } (P_i - ET_i) \leq 0$$

A continuación, en la Tabla 7-54 se presenta el balance hídrico para el área de estudio. El balance consideró los valores mensuales medios de precipitación de la estación M0684 Valladolid representativa del área del proyecto minero Porvenir, y la evaporación estimada con el método de Thornthwaite. La reserva máxima de humedad del suelo es 140 mm considerando suelos franco arcilloso.

Tabla 7-54 Balance Hídrico en el área del proyecto minero Porvenir (mm)

PARÁMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
P	219,0	144,2	147,9	153,7	136,6	144,2	122,1	134,0	140,3	128,8	123,9	174,9	1769,6
ETP	64,8	58,0	64,2	62,7	64,8	61,6	60,8	63,1	63,3	66,0	65,0	65,4	759,6
P-ET	154,2	86,2	83,6	91,0	71,8	82,6	61,3	70,9	77,0	62,8	59,0	109,5	1010,0
R	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	-
□R	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
ETR	64,8	58,0	64,2	62,7	64,8	61,6	60,8	63,1	63,3	66,0	65,0	65,4	759,6
Déficit	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Exceso	154,2	86,2	83,6	91,0	71,8	82,6	61,3	70,9	77,0	62,8	59,0	109,5	1010,0

Fuente: INAMHI, 2015

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023.

Se observa un exceso de agua en la zona a lo largo del año, los suelos se mantendrán siempre húmedos considerando la presencia de lluvias.

La Figura 7-55 muestra el exceso o superávit de agua a lo largo del año.

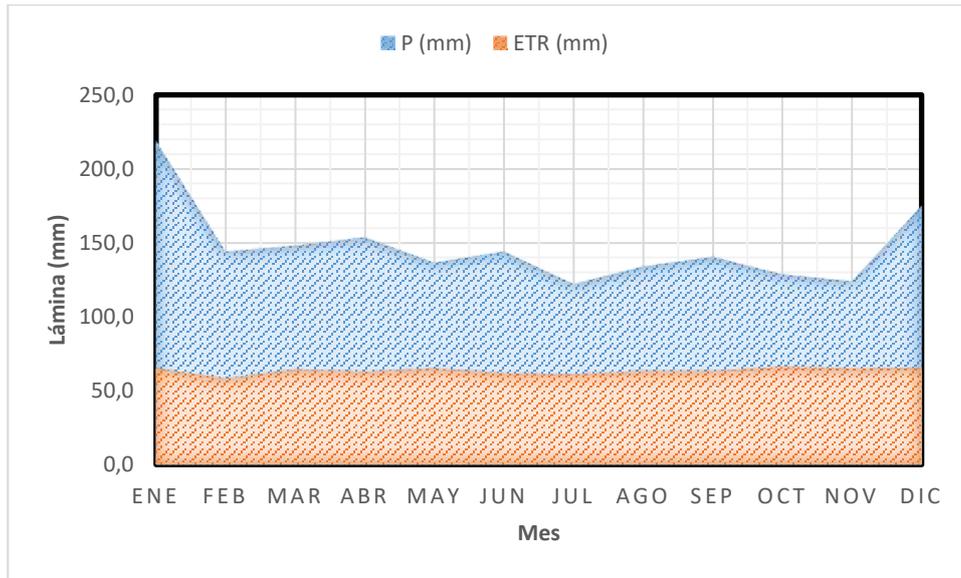


Figura 7-55 Balance hídrico en el área del proyecto minero Porvenir

Fuente: INAMHI, 2015

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023.

#### 7.1.8.7 Información hidrológica disponible

La información hidrológica en las subcuencas de interés y en la zona es limitada desde el punto de vista espacial y temporal.

Se han contrastado los registros de la estación hidrológica en la subcuenca del río Mayo.

Los datos de ubicación de la estación hidrológica considerada en el análisis se incluyen a continuación en la Tabla 7-55, además el periodo de registro de datos de caudales.

Tabla 7-55 Ubicación de la estación y disponibilidad de Información de caudales

CÓD.	ESTACIÓN	LONGITUD (M)	LATITUD (M)	ALTITUD (MSNM)	PERÍODO	INSTITUCIÓN	ÁREA (KM2)
H0966	Mayo A.J. Qda. Zumbayacu	711873	9461006	902	1982-2012	INAMHI	2560,16

Fuente: INAMHI, 2015

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023.

La Figura 7-56 presenta la subcuenca del río Mayo y la ubicación de la estación H0966 Mayo A.J. Qda. Zumbayacu.

En el Anexo B. Línea\_Base, carpeta B1. Componente Físico, subcarpeta 6. Hidrología, Documento 3se presentan los datos de caudales medios mensuales y diarios de la estación hidrológica.

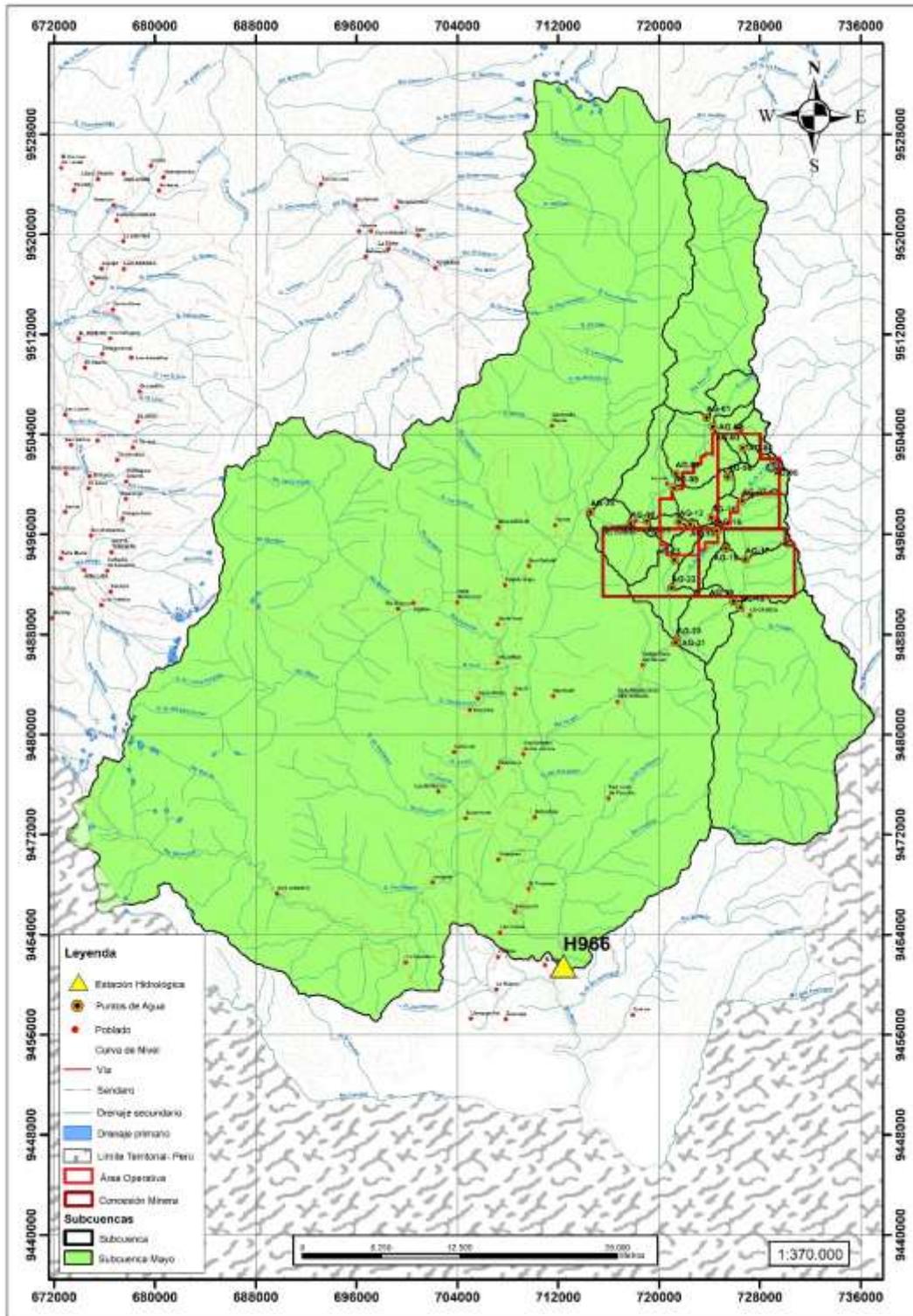


Figura 7-56 Ubicación de la estación hidrológica H0966 Mayo A.J. Qda. Zumbayacu

Fuente: INAMHI, 2015.

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023.

### 7.1.8.7.1 Curva de descarga de la estación hidrológica

Las ecuaciones de las curvas de descarga tienen la siguiente forma:

$$Q = a (H + H_0)^b$$

En donde:

Q – caudal (m<sup>3</sup>/s)

H – Nivel del agua (m)

a. b. H<sub>0</sub> – coeficientes

A continuación, en la Tabla 7-56 se incluyen la ecuación de la curva de descarga de la estación hidrológica, determinada y reportada por el INAMHI.

Tabla 7-56 Curva de descarga en la estación hidrológica H0966 Mayo A.J. Qda. Zumbayacu

NO.	CÓDIGO	ESTACIÓN	ECUACIÓN DE LA CURVA	RANGO APLICABLE (M)		PERIODO DE VALIDEZ	
				HMÍN	HMÁX	DESDE	HASTA
1	H0966	Mayo A.J. Qda. Zumbayacu	$Q = 27,337 (H + 0.61)^{2.105}$	-0,61	5,90	1/1/1979	31/5/2006
2	H0966	Mayo A.J. Qda. Zumbayacu	$Q = 58,140 (H + 0.20)^{1.920}$	-0,20	6,00	1/6/2006	31/5/2012

Fuente: INAMHI, 2015

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

La Figura 7-57 muestra la curva de descarga de la estación H0966 Mayo AJ Qda. Zumbayacu.

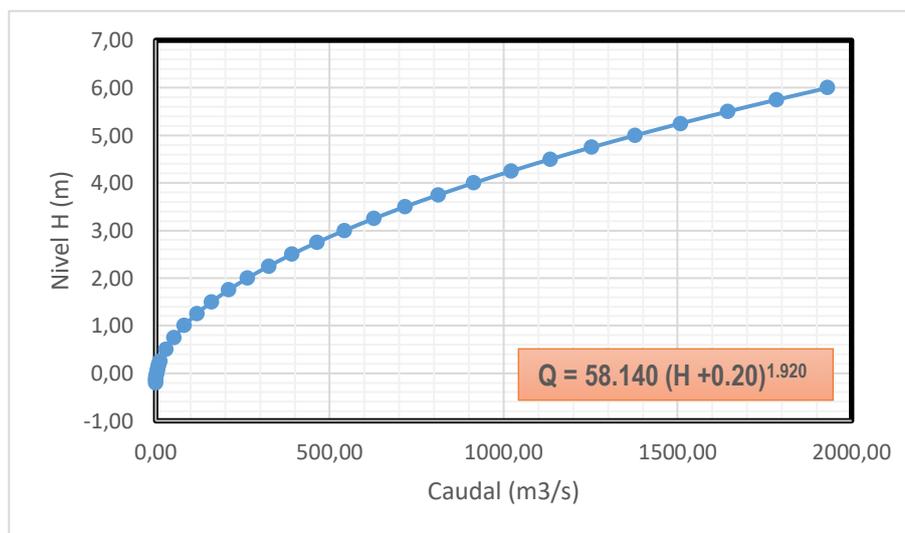


Figura 7-57 Curva de descarga de la estación H0966 Mayo A.J. Qda. Zumbayacu

Fuente: INAMHI, 2015

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

### 7.1.8.7.2 Mediciones de campo – aforos y levantamiento de la sección transversal

Se levantó información hidrológica in situ, se realizaron aforos líquidos en las secciones de interés.

Las mediciones hidrológicas (aforos líquidos) y el levantamiento de la sección transversal del cauce en los sitios de interés, se realizaron entre el 14 al 21 de abril de 2023.

La Tabla 7-57 incluye la ubicación de los sitios de aforo.

Tabla 7-57 Ubicación de los sitios de aforo

CÓD.	NOMBRE	MÉTODO	FECHA	LONGITUD (M)	LATITUD (M)	ALTITUD (MSNM)
AG-01	Río Loyola agua arriba	molinete	22/4/2023	723802	9505420	1702
AG-02	Quebrada Sin Nombre 1 aguas abajo	molinete	21/4/2023	724291	9504607	1696
AG-03	Quebrada Sin Nombre 1 aguas arriba A	molinete	21/4/2023	726357	9504482	1847
AG-04	Quebrada Sin Nombre 1 aguas arriba B (También conocida como El Pájaro)	flujómetro	19/4/2023	726762	9502887	2143
AG-05	Quebrada de la Canela cabecera	molinete	20/4/2023	728590	9501243	2156
AG-06	Quebrada Sin Nombre 2 cabecera A	flujómetro	18/4/2023	725468	9500665	2083
AG-07	Quebrada de la Canela intermedio	molinete	20/4/2023	726595	9498663	1917
AG-08	Río Loyola aguas abajo	flujómetro	16/4/2023	721155	9500696	1528
AG-09	Quebrada Sin Nombre 2 aguas abajo (Conocida como San Vicente)	flujómetro	14/4/2023	721198	9499733	1540
AG-10	Río San Luis aguas arriba	flotador	16/4/2023	717631	9496821	1429
AG-11	Quebrada Sin Nombre 3 aguas abajo	molinete	16/4/2023	719042	9497032	1472
AG-12	Quebrada Sin Nombre 3 aguas arriba	flujómetro	15/4/2023	721635	9497013	1952
AG-13	Quebrada Sin Nombre 4 aguas arriba	molinete	15/4/2023	722467	9496808	2217
AG-14	Quebrada Sin Nombre 2 cabecera B (conocida como San Vicente)	flujómetro	17/4/2023	724131	9497367	2081
AG-15	Quebrada Palmales aguas arriba	flujómetro	16/4/2023	724583	9496286	2177
AG-16	Quebrada Sin Nombre 5 cabecera	molinete	18/4/2023	725343	9494946	2132
AG-17	Quebrada de la Canela intermedio	molinete	17/4/2023	726864	9493926	1625
AG-18	Río Vergel aguas arriba	flotador	17/4/2023	726410	9490075	1484

CÓD.	NOMBRE	MÉTODO	FECHA	LONGITUD (M)	LATITUD (M)	ALTITUD (MSNM)
AG-19	Quebrada de la Canela aguas abajo	molinete	17/4/2023	725987	9490661	1480
AG-20	Quebrada Palmales aguas abajo	molinete	19/4/2023	721414	9487601	1326
AG-21	Río Vergel aguas abajo	flotador	19/4/2023	720850	9486935	1296
AG-22	Quebrada Palmales intermedio	flujómetro	21/4/2023	721010	9491739	1713
AG-23	Quebrada Sin Nombre 4 aguas arriba	flujómetro	20/4/2023	721058	9493678	1914
AG-24	Río San Luis aguas abajo	-	16/4/2023	714504	9497855	1223

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2023  
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

a. Metodología de aforo líquido

- Aforo con correntómetro

Las mediciones de aforos líquidos fueron efectuadas por el método área-velocidad, con los siguientes equipos:

- Correntómetro Flowatch JDC – registra velocidad media y máxima
- Cable abscisado.
- GPS

Para la ejecución de los aforos líquidos se realizaron las siguientes actividades:

- Registro de ubicación y condiciones generales de la sección de aforo
- Registro de la lectura limnimétrica y hora de inicio de aforo
- Registro de abscisa y profundidad en la orilla izquierda
- Medición y registro de abscisas, profundidades y las velocidades de flujo
- Registro de abscisa y profundidad en la orilla derecha
- Registro de la lectura limnimétrica y hora de final de aforo
- Posteriormente en gabinete se efectúa el cálculo del aforo líquido para la determinación del caudal.



Figura 7-58 Equipo de aforo – Correntómetro JDC

b. Aforo con barras y molinete

Las mediciones de aforos líquidos fueron efectuadas por el método área–velocidad, con los siguientes equipos:

- Molinete marca SEBA, eje horizontal.
- Hélice.
- Juego de barras graduadas en cm.
- Contador electrónico de revoluciones.
- Cables, cabos, poleas.
- Materiales y herramientas

Durante la ejecución de los aforos líquidos se cumplieron las siguientes actividades:

- Registro de ubicación y condiciones generales de la sección de aforo
- Registro de la lectura limnimétrica y hora de inicio de aforo
- Registro de abscisa y profundidad en la orilla izquierda
- Medición y registro de abscisas, profundidades y las velocidades de flujo; para la determinación de la velocidad se establece el número de puntos en los cuales se debe medir esta variable, determinando el número de revoluciones en un tiempo determinado de al menos 30 segundos.
- Registro de abscisa y profundidad en la orilla derecha
- Registro de la lectura limnimétrica y hora de final de aforo
- Cálculo del aforo líquido para la determinación del caudal.

Las ecuaciones de la hélice utilizada para la realización de los trabajos de campo, para el cálculo de la velocidad fueron:

- Hélice # 2.264.250.80

$$V = 0,2569 n + 0,0066 \quad \text{para } n \text{ menor que } 6,14$$

$$V = 0,2548 n + 0,0195 \quad \text{para } n \text{ menor que } 20,00$$

### c. Cálculo del Aforo líquido

La medición del ancho, de la profundidad y de la velocidad, permite calcular el caudal correspondiente a cada segmento de la sección transversal, aplicando la ecuación:

$$\text{Caudal (Q)} = \text{Velocidad (V)} * \text{Área (A)}$$

La integración de los caudales parciales de segmentos representa el caudal total. La Figura 7-59 muestra el método de cálculo de los aforos.

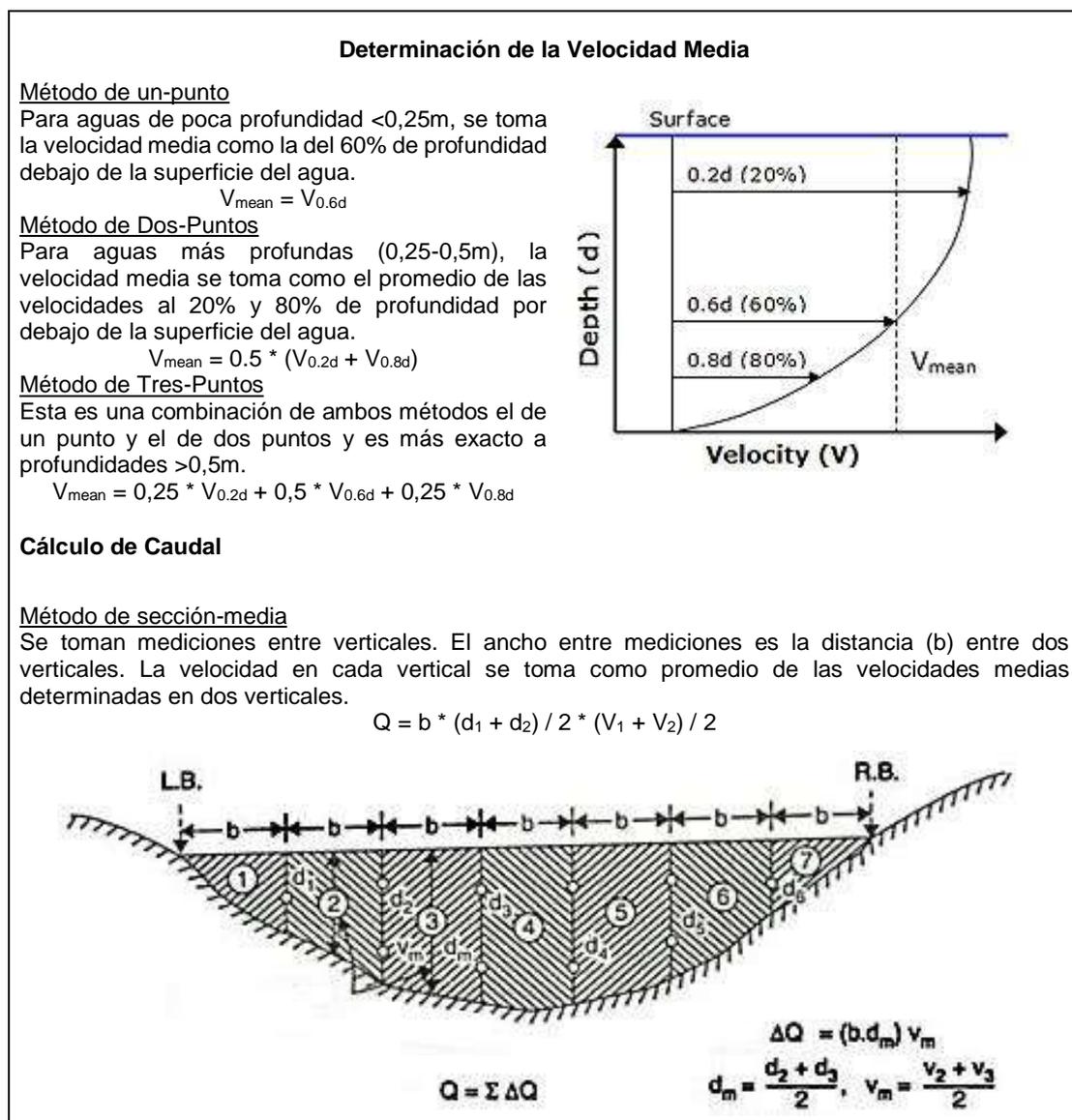


Figura 7-59 Cálculo de aforo – método velocidad área

- Resultados

A continuación, en la Tabla 7-58, se resumen los resultados de los aforos realizados en campo.

Tabla 7-58 Resultados de los Aforos

CÓD.	NOMBRE	FECHA	ANCHO (M)	CALADO (M)	ÁREA (M2)	VELOCIDAD (M/S)	CAUDA L (M3/S)
AG-01	Río Loyola agua arriba	22/4/2023	13,70	1,15	0,65	8,567	5,576
AG-02	Quebrada Sin Nombre 1 aguas abajo	21/4/2023	7,05	0,33	0,63	1,439	0,911
AG-03	Quebrada Sin Nombre 1 aguas arriba A	21/4/2023	5,00	0,35	0,33	1,185	0,390
AG-04	Quebrada Sin Nombre 1 aguas arriba B	19/4/2023	2,00	0,16	0,43	0,228	0,098
AG-05	Quebrada de la Canela cabecera	20/4/2023	2,33	0,19	0,23	0,343	0,078
AG-06	Quebrada Sin Nombre 2 cabecera A	18/4/2023	0,90	0,14	0,11	0,083	0,009
AG-07	Quebrada de la Canela intermedio	20/4/2023	6,25	0,75	0,38	1,998	0,752
AG-08	Río Loyola aguas abajo	16/4/2023	25,00	0,76	1,23	6,898	8,450
AG-09	Quebrada Sin Nombre 2 aguas abajo	14/4/2023	3,80	0,32	0,52	0,796	0,416
AG-10	Río San Luis aguas arriba	16/4/2023	26,00	1,10	1,26	8,925	11,239
AG-11	Quebrada Sin Nombre 3 aguas abajo	16/4/2023	1,80	0,17	1,00	0,232	0,232
AG-12	Quebrada Sin Nombre 3 aguas arriba	15/4/2023	0,10	0,09	0,49	0,032	0,016
AG-13	Quebrada Sin Nombre 4 aguas arriba	15/4/2023	0,50	0,15	0,16	0,063	0,010
AG-14	Quebrada Sin Nombre 2 cabecera B	17/4/2023	0,37	0,08	0,19	0,024	0,005
AG-15	Quebrada Palmales aguas arriba	16/4/2023	0,64	0,19	0,06	0,098	0,006
AG-16	Quebrada Sin Nombre 5 cabecera	18/4/2023	1,80	0,10	0,10	0,081	0,008
AG-17	Quebrada de la Canela intermedio	17/4/2023	6,00	0,78	0,52	2,925	1,525
AG-18	Rio Vergel aguas arriba	17/4/2023	25,00	0,59	1,23	9,952	12,191
AG-19	Quebrada de la Canela aguas abajo	17/4/2023	20,00	0,78	0,83	10,123	8,403
AG-20	Quebrada Palmales aguas abajo	19/4/2023	5,25	0,56	0,49	1,88	0,93
AG-21	Rio Vergel aguas abajo	19/4/2023	28,03	0,91	1,43	15,252	21,871
AG-22	Quebrada Palmales intermedio	21/4/2023	5,50	0,70	0,31	1,083	0,331

CÓD.	NOMBRE	FECHA	ANCHO (M)	CALADO (M)	ÁREA (M2)	VELOCIDAD (M/S)	CAUDA L (M3/S)
AG-23	Quebrada Sin Nombre 4 aguas arriba	20/4/2023	2,90	0,36	0,22	0,487	0,105
AG-24	Río San Luis aguas abajo	16/4/2023	-	-	-	-	-

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, abril 2023

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

En el Anexo B. Línea\_Base, carpeta B1. Componente Físico, subcarpeta 6. Hidrología, Documento 4 se incluye el cálculo de los aforos líquidos realizados en los sitios de interés, adicionalmente se muestra la información de las secciones transversales de los cauces levantados en campo.

#### **7.1.8.7.3 Caudales medios mensuales y anuales en la estación hidrológica**

La serie de caudales medios mensuales de la estación H966 Mayo A.J. Qda. Zumbayacu que sirve de base para el cálculo de caudales en los sitios de interés del proyecto minero Porvenir, se incluyen en la Tabla 7-59.

Tabla 7-59 Caudales Medios Mensuales en la estación H0966 Mayo AJ Qda. Zumbayacu (m3/s)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
1982	113,95	119,69	117,96	152,18	150,01	146,33	163,15	135,14	130,26	119,23	122,13	155,81	135,49
1983	225,61	182,62	179,35	141,03	175,11	132,65	122,9	107,14	124,82	123,58	107,12		147,45
1985	121,01	142,34	136,63	130,02	124,12	213,5	174	153,38	121,22	114,93	93,76	101,93	135,57
1986												155,25	155,25
1987	194,47	277,36	140,39	190,75									200,74
1988												74,31	74,31
1989	184,29	170,02	130,18	147,49	216,91	227,22	128,65	104,67	102,71	139,81	90,15	55,13	141,44
1990	207,42	169,79	224,12	168,97	169,96	312,74	202,48	112,13	111,78	91,47	159,27	142,13	172,69
1991	139,6	159,33	195,48	145,41	151,87	130,96	148,19	129,96	104,45	100,86	97,8	78,9	131,9
1992	133,7	126,86	196,36		121,46	216,46	194,22	117,87	129,21	114,11	83		143,32
1995									61,72	65,25	100,27	88,5	78,93
1996	89,55	133,4	141,19	135,23	132,97	89,75							120,35
2001	107,11											57,23	82,17
2002										124,74	154,85	177,07	152,22
2003	166,66	231,48	168,45	200,99	355,29	239,72	184,77	122,42	158,65	117,33	99,11	169,22	184,51
2004	138,3	83,44	180,08	107,43	145,3	335,69	251,37	129,52	114,73	132,57			161,84
2005			166,19	269,53	141,38	242,22	139,18						191,7
2006												128,95	128,95
2007	194,2	118,11	136,84	135,69	143,26	250,28	124,79	151,81	120,1	108,87	232,67	110,85	152,29
2008	147,17	279,83	141,8	138,17	147,62	156,61	187,6	144,43	112,36	128,64	124,86	72,92	148,5
2009	195,44	187,73	166,56	205,71	183,08	194,96	251,17	185,55	164,64	106,11	105,33	176,81	176,92
2010	153,63	293,75	208,03	203,33	241,82	231,63	126,53	114,56	86,21	49,22	68,52	76,61	154,49

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
2011	77,69	131,42			318,6	219,24	287,46	101,39	188,84	130,1	116,16	174,71	174,56
2012	271,68	251,95	283,63	201,25		255,49	191,16	158,43	148,22	142,43		189,36	209,36
2013	282,35	217,34	224,66	169,98	245,42	467,96	228,66	317,65		170,46			258,28
Media	165,46	182,03	174,33	167,24	186,13	225,74	182,72	142,88	123,74	115,54	117	121,43	159,52
Máx.	282,35	293,75	283,63	269,53	355,29	467,96	287,46	317,65	188,84	170,46	232,67	189,36	467,96
Mín.	77,69	83,44	117,96	107,43	121,46	89,75	122,9	101,39	61,72	49,22	68,52	55,13	49,22

Fuente: INAMHI, 2015

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

El caudal medio mensual determinado para la estación H0966 Mayo A.J. Qda. Zumbayacu es igual a 159,52 m<sup>3</sup>/s, que corresponde a un caudal específico de 62 l/s/km<sup>2</sup>.

La Figura 7-60 muestra el comportamiento estacional de los caudales medios mensuales en la estación H0966 Mayo A.J. Qda. Zumbayacu.

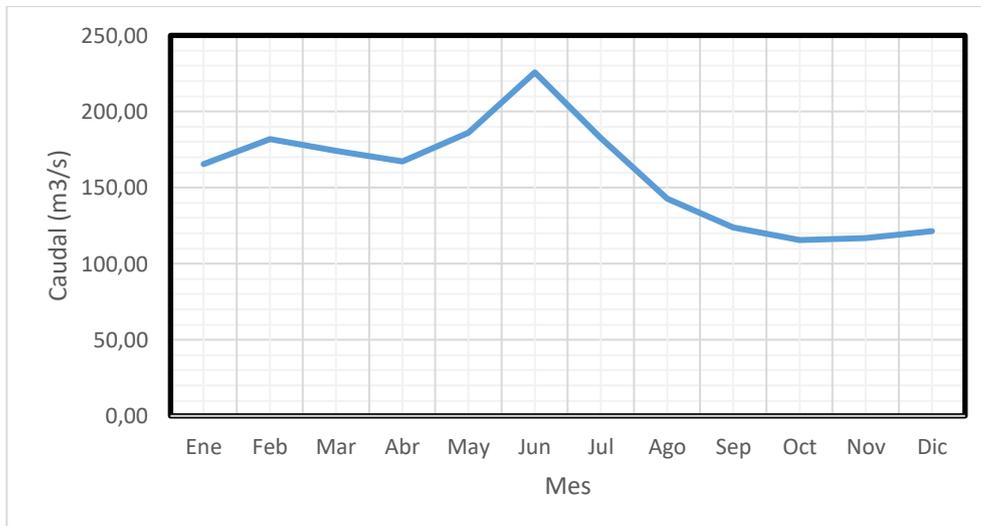


Figura 7-60 Caudales medios mensuales H0966 Mayo AJ Qda. Zumbayacu (m<sup>3</sup>/s)

Fuente: INAMHI, 2015

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

Los caudales medios mensuales registrados en la estación H0966 Mayo A.J. Qda. Zumbayacu presentan un valor máximo en el mes de junio y valores mínimos entre octubre a diciembre.

La Figura 7-61 muestra la variación de los caudales mensuales en la estación H0966 Mayo A.J. Qda. Zumbayacu.

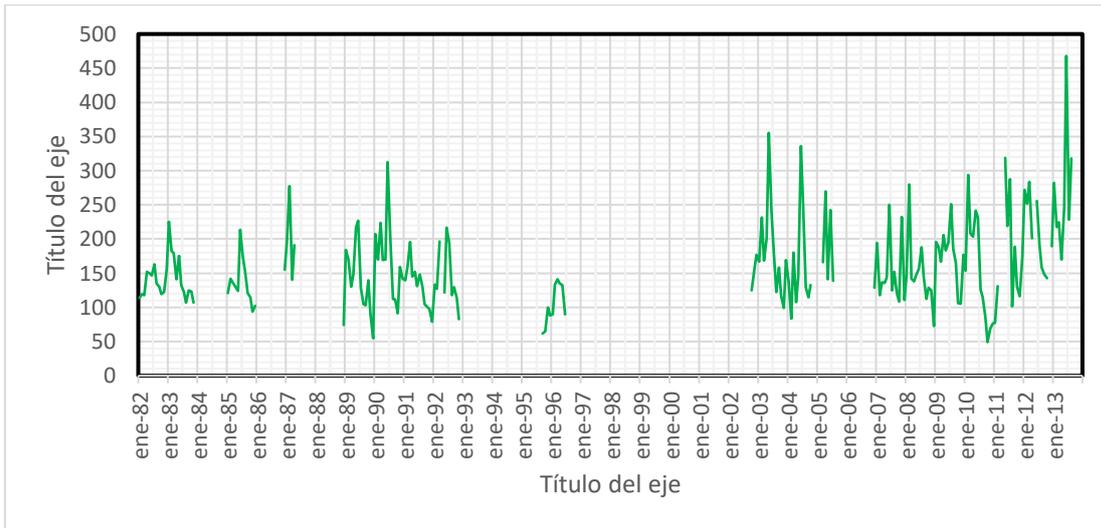


Figura 7-61 Variación cronológica de caudales medios mensuales en la estación H0966 Mayo AJ Qda. Zumbayacu

Fuente: INAMHI, 2015

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

Los caudales medios anuales y específicos obtenidos para la estación H0966 Mayo A.J. Qda. Zumbayacu se resumen en la Tabla 7-60.

Tabla 7-60 Caudales Medios Anuales, específicos y lámina de escurrimiento en la estación hidrológica H0966 Mayo AJ Qda. Zumbayacu

CÓDIGO	ESTACIÓN	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	CAUDAL MEDIO ANUAL (M3/S)	CAUDAL MEDIO ESPECÍFICO (L/S/KM2)	LÁMINA DE ESCURRIMIENTO (MM)
H0966	Mayo A.J. Qda. Zumbayacu	2560	159,52	62,3	1966

Fuente: INAMHI, 2015

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

La lámina de escorrentía calculada con el balance hídrico es menor a la establecida en base a los datos hidrológicos, lo que indica que las precipitaciones en el área serían mayores a las registradas en la estación M0684 Valladolid. Por otro lado, el comportamiento mensual o variación estacional de los caudales presenta un régimen propio de la región oriental o unimodal, que no se ve reflejado en los datos de precipitación de las estaciones meteorológicas ubicadas en las proximidades del proyecto minero Porvenir.

#### **7.1.8.7.4 Caudales característicos, curva de duración general y curvas de variación estacional en la estación**

Considerando los registros de caudales medios mensuales y diarios de la estación H0966 Mayo AJ Qda. Zumbayacu, se determinan los caudales con probabilidad asociada y las Curvas de Duración General (CDG).

En la Tabla 7-61 se incluyen los caudales característicos para la estación H0966 Mayo A.J. Qda. Zumbayacu a nivel mensual y diario.

Tabla 7-61 Caudales característicos en la estación H0966 Mayo AJ Qda. Zumbayacu del período 1982-2013

<b>PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA</b>	<b>CDG CAUDALES MENSUALES</b>	<b>CDG CAUDALES DIARIOS</b>
(%)	(m3/s)	(m3/s)
5	282,35	377,665
10	245,421	258,702
15	224,119	217,758
20	202,477	187,576
25	190,748	170,257
30	180,083	157,942
35	169,961	147,397
40	159,271	136,941
45	151,874	129,021
50	144,429	122,334
55	139,807	115,537
60	133,695	110,3
65	129,959	104,401
70	124,791	98,672
75	119,687	92,021
80	114,114	85,613
85	107,106	78,944
90	97,798	71,602
95	78,904	58,899
Qmed	159,524	156,064

Fuente: INAMHI, 2015

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

La Figura 7-62 presenta la curva de duración general en la estación H0966 Mayo A.J. Qda. Zumbayacu considerando la serie de caudales medios diarios. Se observa una variabilidad importante de los caudales a lo largo del año.

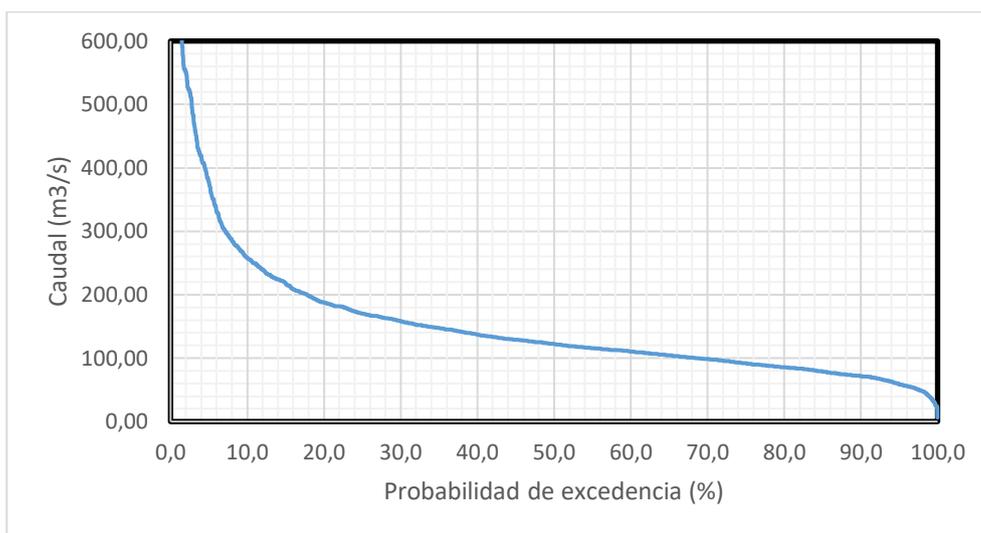


Figura 7-62 Curva de duración general de la estación H0966 Mayo AJ Qda. Zumbayacu

Fuente: INAMHI, 2015

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

La curva de duración general (CDG), de la estación H0966 Mayo A.J. Qda. Zumbayacu en valores medios diarios, muestra la variabilidad de los caudales a lo largo del año, los caudales presentes en el cauce se asocian principalmente a la ocurrencia de precipitación. La forma de la curva de duración general siempre decreciente determina un aporte subterráneo importante, pero el componente superficial tiene mayor importancia.

Los caudales presentes en el cauce varían principalmente en función de las precipitaciones que ocurren en la zona, determinando que una gran porción del agua que precipita sobre la cuenca del río Mayo se convierta en escorrentía superficial.

Se calcularon también curvas de variación estacional (CVE), determinando los valores de caudales con la probabilidad de excedencia asociada para cada mes, para la estación H0966 Mayo A.J. Qda. Zumbayacu.

Las curvas de variación estacional, permite observar el rango de variación de los caudales en el mes correspondiente.

Para determinar los caudales con probabilidad asociada, y se aplicó una distribución de probabilidades tipo Pearson III.

La Tabla 7-62 y la Figura 7-63 muestran los caudales con probabilidad asociada, determinados para la estación H0966 Mayo A.J. Qda. Zumbayacu

Tabla 7-62 Caudales de la Curva de Variación Estacional en la estación H0966 Mayo AJ Qda. Zumbayacu

PROB.	CAUDAL (M3/S)											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
10%	240,85	266,19	230,34	220,24	277,13	341,98	248,72	212,15	164,51	152,13	170,6	183,9
20%	210,26	231,95	208,62	199,72	239,79	293,88	222,77	183,77	148,66	137,96	148,83	158,05
30%	189,85	209,15	193,82	185,73	215,01	262,09	205,21	164,92	137,87	128,3	134,31	140,97

PROB.	CAUDAL (M3/S)											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
40%	173,48	190,87	181,74	174,3	195,23	236,79	190,94	149,86	129,07	120,41	122,68	127,37
50%	159,06	174,78	170,91	164,05	177,87	214,66	178,22	136,64	121,2	113,34	112,42	115,48
60%	145,46	159,62	160,52	154,21	161,57	193,96	166,08	124,22	113,65	106,54	102,76	104,35
70%	131,8	144,41	149,88	144,14	145,28	173,36	153,71	111,8	105,93	99,58	93,06	93,28
80%	116,96	127,9	138,05	132,92	127,69	151,21	140,06	98,38	97,35	91,84	82,52	81,37
90%	98,34	107,22	122,71	118,36	105,79	123,83	122,52	81,66	86,26	81,79	69,3	66,65

Fuente: INAMHI, 2015

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

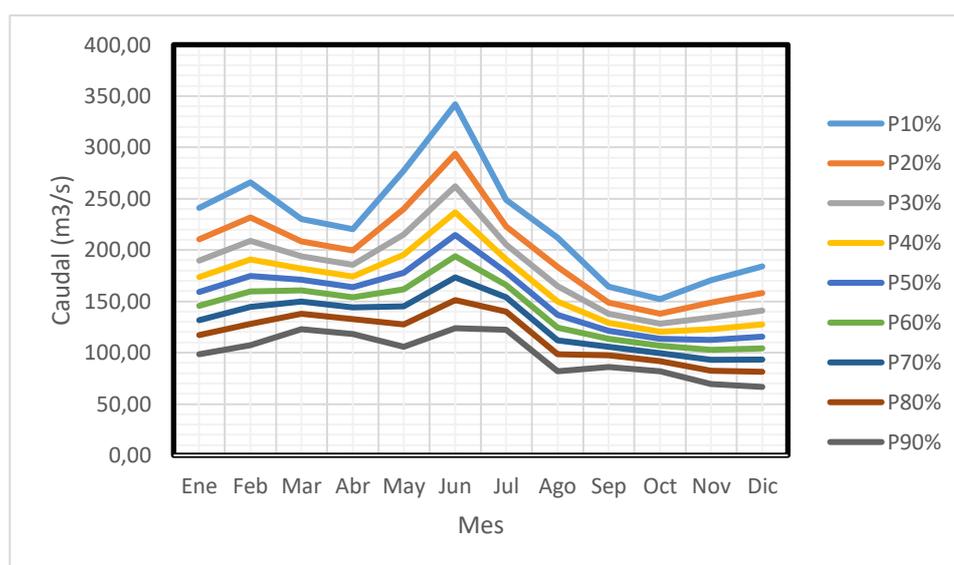


Figura 7-63 Curva de variación estacional de la estación H0966 Mayo AJ Qda. Zumbayacu

Fuente: INAMHI, 2015

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

De acuerdo a la variación estacional, los caudales máximos se presentan en junio principalmente, mientras los caudales bajos probablemente entre septiembre y diciembre.

Se ha establecido el caudal de usos o aprovechamientos de agua autorizados en la subcuenca de la estación H0966 Mayo A.J. Qda. Zumbayacu, considerado los registros del Banco Nacional de Autorizaciones, MAATE, 2020.

La Tabla 7-63 incluye un resumen de la información del banco nacional de autorizaciones de MAATE, 2020, para la cuenca del río Mayo, hasta la estación H0966 Mayo A.J. Qda. Zumbayacu. Se identifican los usos consuntivos (agua que no retorna) y los usos no consuntivos (agua que retorna al cauce).

Tabla 7-63 Autorizaciones de uso de agua en la subcuenca de la estación H0966 Mayo AJ Qda. Zumbayacu

TIPO	USO DEL AGUA	CAUDAL (L/S)	NÚMERO DE AUTORIZACIONES
Consuntivo	ABREVADERO	2,5	67

TIPO	USO DEL AGUA	CAUDAL (L/S)	NÚMERO DE AUTORIZACIONES
	ACUICULTURA	53,1	18
	CONSUMO HUMANO	88,1	94
	INDUSTRIAL	10,1	6
	MINERIA	166,4	65
	RIEGO	12,7	18
<b>TOTAL</b>		332,8	268
No consuntivo	HIDROELECTRICIDAD	45025,0	6
<b>TOTAL</b>		45025,0	6

Fuente: MAATE, 2020

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

Se registran 274 autorizaciones de uso y aprovechamiento del agua, siendo el consumo principal observado el de minería en la subcuenca del río Mayo hasta la estación hidrológica, con 65 autorizaciones y un caudal adjudicado de 166.4 L/s. El mayor número de autorizaciones 94 se dan para consumo humano.

El caudal autorizado para usos o aprovechamientos consuntivos es menor al 0.2% de caudal medio del río Mayo, por tanto, se considera una extracción de caudales mínima. Entonces, los registros de la serie de caudales de la estación H0966 Mayo A.J. Qda. Zumbayacu corresponden a caudales naturales, es decir, los usos no modifican los caudales registrados en la estación.

La Figura 7-64 incluye la ubicación de las autorizaciones de uso y aprovechamiento del agua en la subcuenca de la estación H0966 Mayo A.J. Qda. Zumbayacu.

En el Anexo B. Línea\_Base, carpeta B1. Componente Físico, subcarpeta 6. Hidrología, Documento 5 se incluyen los registros del Banco Nacional de Autorizaciones en la subcuenca del río Mayo hasta la estación hidrológica H0966 Mayo A.J. Qda. Zumbayacu.

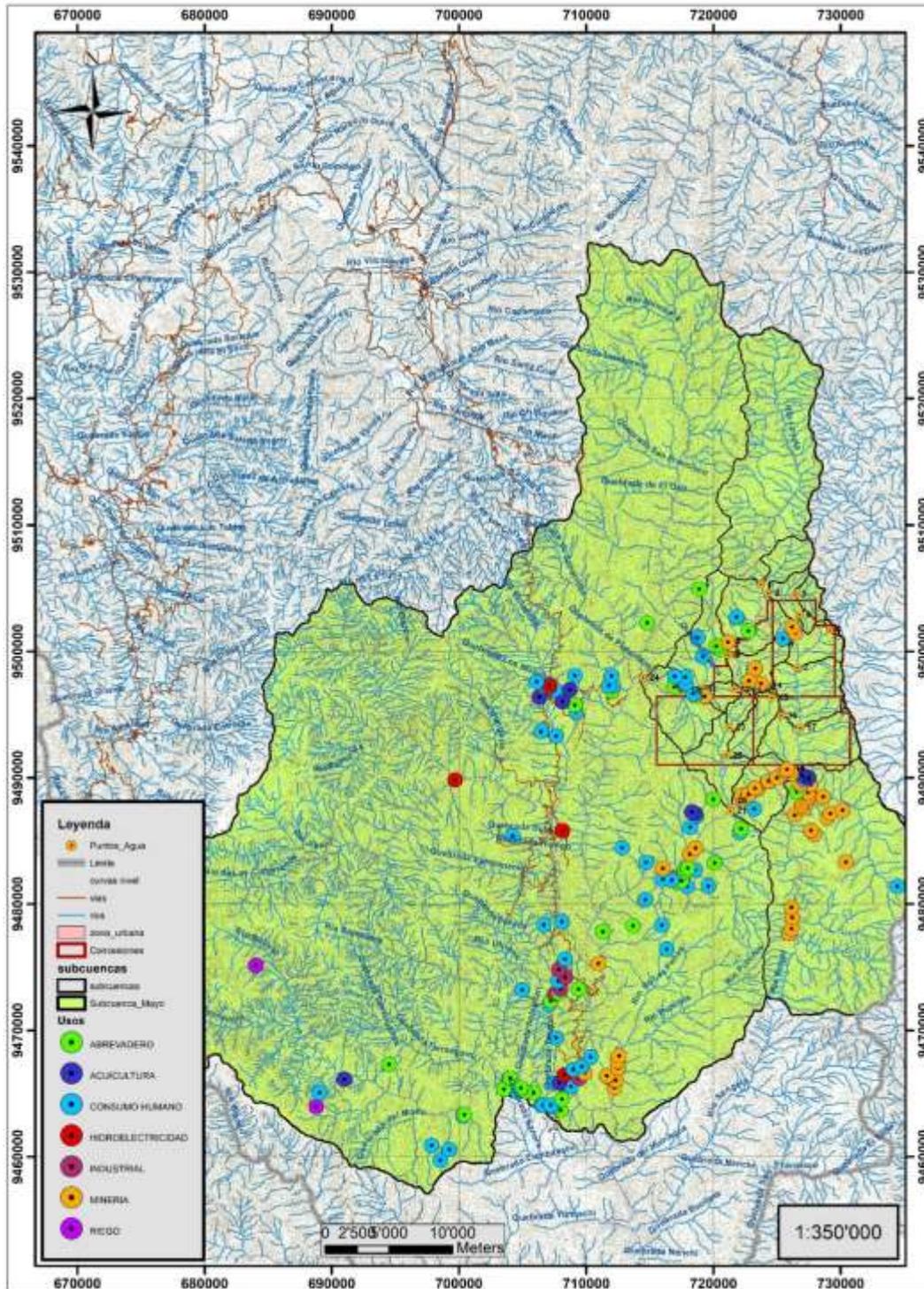


Figura 7-64 Autorizaciones de uso y aprovechamiento en la subcuenca H0966 Mayo AJ Qda. Zumbayacu

Fuente: MAATE, 2020

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

#### 7.1.8.7.5 Caudales medios en las subcuencas de interés

La estimación de los caudales en una cuenca sin información es uno de los problemas de la Hidrología aplicada. La regionalización de caudales es una técnica utilizada para

suplir la falta de información hidrológica en lugares con poca disponibilidad de datos (Rao & Srinivas, 2006). La regionalización tiene como propósito facilitar la transferencia de información hidrológica a cuencas sin registro, en las cuales se requiere definir parámetros hidrológicos y que pertenecen a una misma región hidrológica. Los modelos de regionalización son basados en las características fisiográficas y climáticas de una región de interés (Dalrymple, 1960; Tucci et al., 1995; Ourda et al., 2001, Falco et al., 2012).

Para la determinación de los caudales en los sitios de interés se toman como base los caudales medios mensuales y diarios de la estación H0966 Mayo A.J. Qda. Zumbayacu.

Se aplica el método de transposición, considerando la homogeneidad hidrológica de la subcuenca de la estación base y los sitios de interés.

Aplicando el concepto de proporcionalidad, se transponen los caudales medios anuales y mensuales, en función del área de la cuenca hidrográfica de interés, con la siguiente relación:

$$\frac{Q_A}{Q_B} = \left(\frac{A_A}{A_B}\right) \times \left(\frac{P_A}{P_B}\right)$$

Dónde

<b>Q<sub>A</sub></b>	Caudal medio anual cuenca A (m <sup>3</sup> /s)
<b>Q<sub>B</sub></b>	Caudal medio anual cuenca B (m <sup>3</sup> /s)
<b>A<sub>A</sub></b>	Área de drenaje cuenca A (km <sup>2</sup> )
<b>A<sub>B</sub></b>	Área de drenaje cuenca B (km <sup>2</sup> )
<b>P<sub>A</sub></b>	Precipitación anual media cuenca A (mm)
<b>P<sub>B</sub></b>	Precipitación anual media cuenca B (mm)

A través del método de las isoyetas se establece la precipitación anual en la cuenca de la estación H966 Mayo A.J. Qda. Zumbayacu, el valor anual estimado es de 1580 mm. Para el área de interés se considera la precipitación anual establecida para cada subcuenca considerando la información de isoyetas.

El caudal medio natural mensual considerado para el período 1982 - 2013 igual a 159.52 m<sup>3</sup>/s de la estación H966 Mayo A.J. Qda. Zumbayacu, para el cálculo de los caudales en las subcuencas de los sitios de interés del proyecto minero Porvenir.

Tomando en cuenta la magnitud del área de las subcuencas asociadas al proyecto minero Porvenir en comparación con el área de drenaje de la subcuenca de la estación hidrológica de la estación H966 Mayo A.J. Qda. Zumbayacu, se reduce el caudal base en los registros de la estación en un valor de 15,0 m<sup>3</sup>/s para el cálculo del caudal de los sitios de interés del proyecto minero Porvenir, considerando que el aporte subterráneo será menor en las subcuencas de interés (50% del caudal base de la estación hidrológica).

En la Tabla 7-64 se presentan los caudales medios para los sitios de interés en el proyecto minero Porvenir.

Tabla 7-64 Caudal medio anual para las subcuencas de los sitios de interés del proyecto minero Porvenir

CÓDIGO	NOMBRE SUBCUENCA	ÁREA (KM2)	FACTOR DE ÁREA (AA/AB)	FACTOR DE PRECIPITACIÓN (PA/PB)	CAUDAL MEDIO (M3/S)
AG-01	Río Loyola agua arriba	108,066	$108,066 / 2560,16 = 0,0422$	$1470 / 1580 = 0,9686$	5,676
AG-02	Quebrada Sin Nombre 1 aguas abajo	13,676	$13,676 / 2560,16 = 0,0053$	$1610 / 1580 = 1,0190$	0,787
AG-03	Quebrada Sin Nombre 1 aguas arriba A	5,189	$5,189 / 2560,16 = 0,0020$	$1610 / 1580 = 1,0190$	0,298
AG-04	Quebrada Sin Nombre 1 aguas arriba B	1,494	$1,494 / 2560,16 = 0,0006$	$1610 / 1580 = 1,0190$	0,086
AG-05	Quebrada de la Canela cabecera	1,12	$1,120 / 2560,16 = 0,0004$	$1610 / 1580 = 1,0190$	0,064
AG-06	Quebrada Sin Nombre 2 cabecera A	0,247	$0,247 / 2560,16 = 0,0001$	$1610 / 1580 = 1,0190$	0,014
AG-07	Quebrada de la Canela intermedio	11,942	$11,942 / 2560,16 = 0,0047$	$1610 / 1580 = 1,0190$	0,687
AG-08	Río Loyola aguas abajo	156,288	$156,288 / 2560,16 = 0,0610$	$1550 / 1580 = 0,9810$	8,655
AG-09	Quebrada Sin Nombre 2 aguas abajo	12,583	$12,583 / 2560,16 = 0,0049$	$1603 / 1580 = 1,0146$	0,721
AG-10	Río San Luis aguas arriba	200,147	$200,147 / 2560,16 = 0,0782$	$1580 / 1580 = 1,000$	11,299
AG-11	Quebrada Sin Nombre 3 aguas abajo	4,753	$4,753 / 2560,16 = 0,0019$	$1602 / 1580 = 1,0139$	0,272
AG-12	Quebrada Sin Nombre 3 aguas arriba	0,37	$0,370 / 2560,16 = 0,0001$	$1595 / 1580 = 1,0095$	0,021
AG-13	Quebrada Sin Nombre 4 aguas arriba	0,332	$0,332 / 2560,16 = 0,0001$	$1595 / 1580 = 1,0095$	0,019
AG-14	Quebrada Sin Nombre 2 cabecera B	0,117	$0,117 / 2560,16 = 0,00005$	$1630 / 1580 = 1,0316$	0,007
AG-15	Quebrada Palmales aguas arriba	0,282	$0,282 / 2560,16 = 0,0001$	$1620 / 1580 = 1,0253$	0,016
AG-16	Quebrada Sin Nombre 5 cabecera	0,166	$0,166 / 2560,16 = 0,0001$	$1650 / 1580 = 1,0443$	0,01
AG-17	Quebrada de la Canela intermedio	35,542	$35,542 / 2560,16 = 0,0139$	$1650 / 1580 = 1,0443$	2,095

CÓDIGO	NOMBRE SUBCUENCA	ÁREA (KM2)	FACTOR DE ÁREA (AA/AB)	FACTOR DE PRECIPITACIÓN (PA/PB)	CAUDAL MEDIO (M3/S)
AG-18	Río Vergel aguas arriba	194,073	$194,073 / 2560,16 = 0,0758$	$1750 / 1580 = 1,1076$	12,134
AG-19	Quebrada de la Canela aguas abajo	62,676	$62,676 / 2560,16 = 0,0245$	$1750 / 1580 = 1,1076$	3,919
AG-20	Quebrada Palmales aguas abajo	32,911	$32,911 / 2560,16 = 0,0129$	$1610 / 1580 = 1,0190$	1,893
AG-21	Río Vergel aguas abajo	309,535	$309,535 / 2560,16 = 0,1209$	$1750 / 1580 = 1,1076$	19,354
AG-22	Quebrada Palmales intermedio	11,402	$11,402 / 2560,16 = 0,0045$	$1610 / 1580 = 1,0190$	0,656
AG-23	Quebrada Sin Nombre 4 aguas arriba	4,777	$4,777 / 2560,16 = 0,0019$	$1595 / 1580 = 1,0095$	0,272
AG-24	Río San Luis aguas abajo	223,22	$223,220 / 2560,16 = 0,00872$	$1590 / 1580 = 1,0063$	12,681

Fuente: INAMHI, 2015

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

La Tabla 7-65 y en la Figura 7-65 se presentan los caudales medios mensuales establecidos para la subcuenca del río Vergel aguas abajo en el sitio de interés AG21.

Tabla 7-65 Caudal medios mensuales en el río Vergel aguas abajo en AG21 (m<sup>3</sup>/s)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
1982	13,25	14,02	13,79	18,37	18,08	17,59	19,84	16,09	15,43	13,96	14,35	18,86	16,13
1983	28,2	22,45	22,01	16,88	21,44	15,76	14,45	12,34	14,71	14,54	12,34		17,74
1985	14,2	17,05	16,29	15,4	14,61	26,58	21,29	18,53	14,22	13,38	10,55	11,64	16,15
1986												18,78	18,78
1987	24,03	35,13	16,79	23,54									24,87
1988												7,94	7,94
1989	22,67	20,76	15,42	17,74	27,04	28,42	15,22	12,01	11,75	16,71	10,06	5,37	16,93
1990	25,77	20,73	28	20,62	20,75	39,87	25,11	13,01	12,96	10,24	19,32	17,02	21,12
1991	16,68	19,33	24,17	17,46	18,33	15,53	17,84	15,39	11,98	11,5	11,09	8,56	15,65
1992	15,89	14,98	24,29		14,26	26,98	24	13,78	15,29	13,27	9,11		17,18
1995									6,26	6,73	11,42	9,84	8,56
1996	9,98	15,86	16,9	16,1	15,8	10,01							14,11
2001	12,33											5,66	8,99
2002										14,69	18,73	21,7	18,38
2003	20,31	28,99	20,55	24,91	45,57	30,09	22,73	14,39	19,24	13,7	11,26	20,65	22,7
2004	16,51	9,17	22,11	12,38	17,45	42,94	31,65	15,34	13,35	15,74			19,66
2005			20,25	34,09	16,92	30,43	16,63						23,66
2006												15,26	15,26

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
2007	24	13,81	16,32	16,16	17,18	31,51	14,7	18,32	14,07	12,57	29,15	12,84	18,38
2008	17,7	35,46	16,98	16,49	17,76	18,96	23,11	17,33	13,04	15,22	14,71	7,76	17,88
2009	24,16	23,13	20,3	25,54	22,51	24,1	31,63	22,84	20,04	12,2	12,1	21,67	21,68
2010	18,56	37,33	25,85	25,22	30,37	29,01	14,94	13,33	9,54	4,58	7,17	8,25	18,68
2011	8,39	15,59			40,66	27,35	36,49	11,57	23,28	15,41	13,55	21,39	21,37
2012	34,37	31,73	35,97	24,94		32,2	23,59	19,21	17,84	17,06		23,35	26,03
2013	35,8	27,1	28,08	20,75	30,86	60,66	28,61	40,53		20,82			32,58
Media	20,15	22,37	21,34	20,39	22,92	28,22	22,46	17,12	14,56	13,46	13,66	14,25	19,35
Max.	35,8	37,33	35,97	34,09	45,57	60,66	36,49	40,53	23,28	20,82	29,15	23,35	60,66
Min.	8,39	9,17	13,79	12,38	14,26	10,01	14,45	11,57	6,26	4,58	7,17	5,37	4,58

Fuente: INAMHI, 2015

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

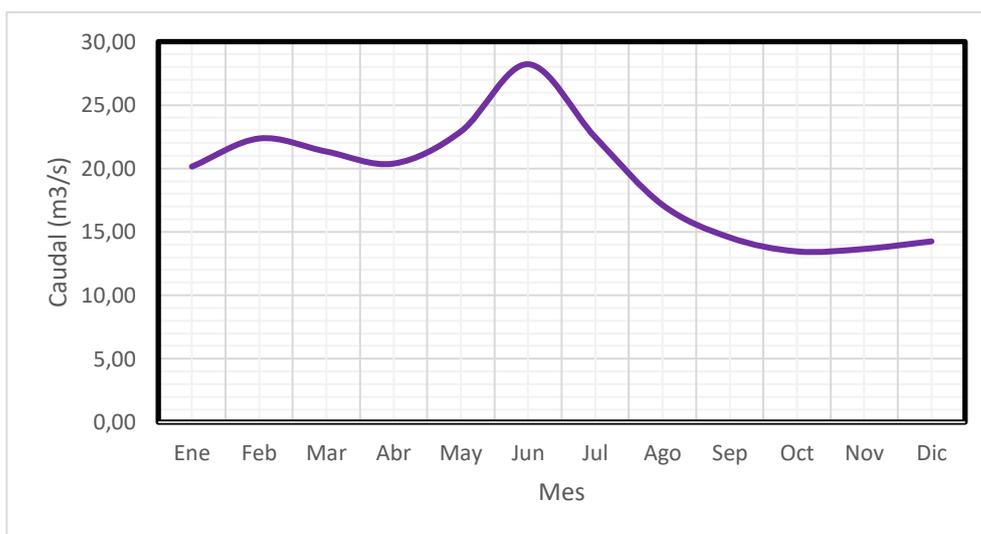


Figura 7-65 Caudales medios mensuales en el río Vergel aguas abajo en AG21

Fuente: INAMHI, 2015

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

La Tabla 7-66 y en la Figura 7-66 se presentan los caudales medios mensuales establecidos para la subcuenca del río San Luis aguas abajo en el sitio de interés AG24.

Tabla 7-66 Caudal medios mensuales en el río San Luis aguas abajo en P24 (m³/s)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
1982	8,68	9,19	9,03	12,04	11,85	11,52	13,00	10,54	10,11	9,14	9,40	12,35	10,57
1983	18,48	14,71	14,42	11,06	14,05	10,32	9,47	8,08	9,64	9,53	8,08		11,62
1985	9,30	11,17	10,67	10,09	9,57	17,42	13,95	12,14	9,32	8,77	6,91	7,63	10,58
1986												12,31	12,31
1987	15,75	23,02	11,00	15,42									16,30
1988												5,20	5,20
1989	14,85	13,60	10,11	11,62	17,72	18,62	9,97	7,87	7,70	10,95	6,59	3,52	11,09

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
1990	16,88	13,58	18,35	13,51	13,60	26,12	16,45	8,52	8,49	6,71	12,6 6	11,15	13,84
1991	10,93	12,66	15,84	11,44	12,01	10,17	11,69	10,09	7,85	7,53	7,26	5,61	10,26
1992	10,41	9,81	15,91		9,34	17,68	15,72	9,03	10,02	8,70	5,97		11,26
1995									4,10	4,41	7,48	6,45	5,61
1996	6,54	10,39	11,07	10,55	10,35	6,56							9,24
2001	8,08											3,71	5,89
2002										9,63	12,2 7	14,22	12,04
2003	13,31	18,99	13,46	16,32	29,86	19,72	14,90	9,43	12,60	8,98	7,38	13,53	14,87
2004	10,82	6,01	14,48	8,11	11,43	28,14	20,74	10,05	8,75	10,3 2			12,88
2005			13,27	22,33	11,09	19,94	10,90						15,50
2006												10,00	10,00
2007	15,72	9,05	10,69	10,59	11,25	20,64	9,63	12,00	9,22	8,24	19,1 0	8,41	12,05
2008	11,60	23,24	11,13	10,81	11,64	12,43	15,14	11,36	8,54	9,97	9,64	5,08	11,71
2009	15,83	15,16	13,30	16,73	14,75	15,79	20,72	14,96	13,13	7,99	7,93	14,20	14,21
2010	12,16	24,46	16,94	16,52	19,90	19,01	9,79	8,74	6,25	3,00	4,70	5,41	12,24
2011	5,50	10,21			26,64	17,92	23,91	7,58	15,25	10,1 0	8,88	14,01	14,00
2012	22,52	20,79	23,57	16,34		21,10	15,46	12,58	11,69	11,1 8		15,30	17,05
2013	23,46	17,75	18,40	13,60	20,22	39,74	18,75	26,55		13,6 4			21,35
Media	13,20	14,66	13,98	13,36	15,02	18,49	14,72	11,22	9,54	8,82	8,95	9,34	12,68
Max.	23,46	24,46	23,57	22,33	29,86	39,74	23,91	26,55	15,25	13,6 4	19,1 0	15,30	39,74
Min.	5,50	6,01	9,03	8,11	9,34	6,56	9,47	7,58	4,10	3,00	4,70	3,52	3,00

Fuente: INAMHI, 2015

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

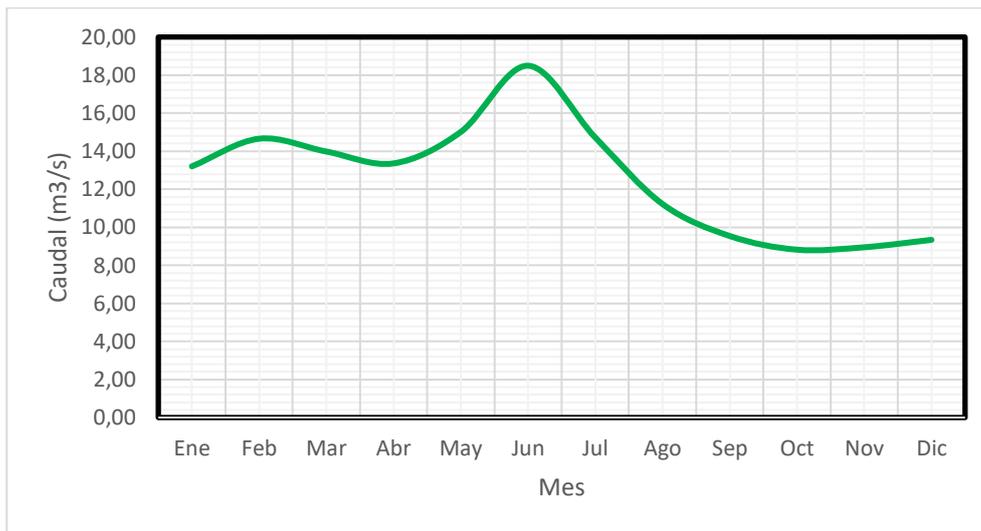


Figura 7-66 Caudales medios mensuales en el río San Luis aguas abajo en AG24

Fuente: INAMHI, 2015

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

#### 7.1.8.7.6 Caudales característicos de la curva de duración general en las subcuencas de interés del proyecto minero Porvenir.

Los caudales con probabilidad de excedencia en las subcuencas de los sitios de interés para el proyecto minero Porvenir se presentan en la Tabla 7-67.

La Figura 7-67 muestra la curva de duración general para el río Vergel aguas abajo en AG21.

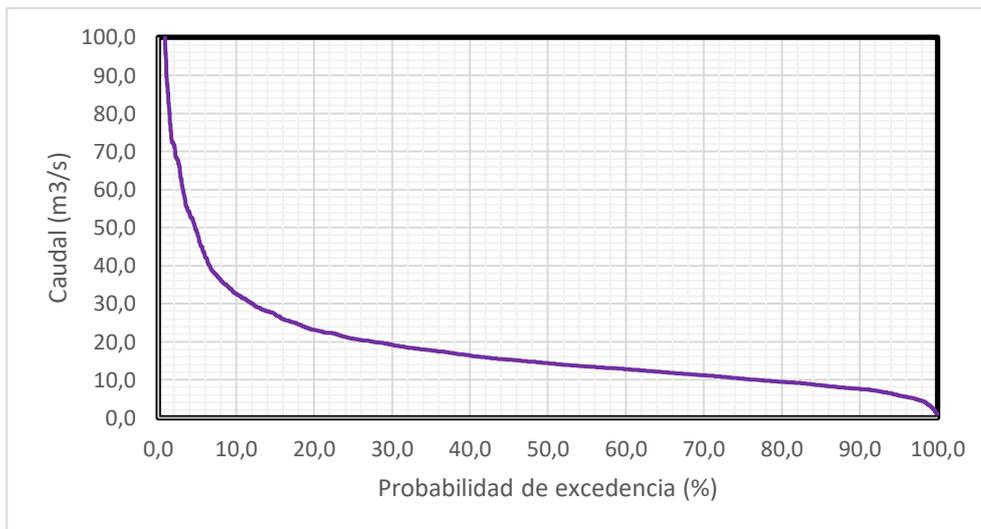


Figura 7-67 Curva de Duración General en el río Vergel aguas abajo en AG21

Fuente: INAMHI, 2015

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

La Tabla 7-59 presenta la curva de duración general en el río San Luis aguas abajo en AG24.

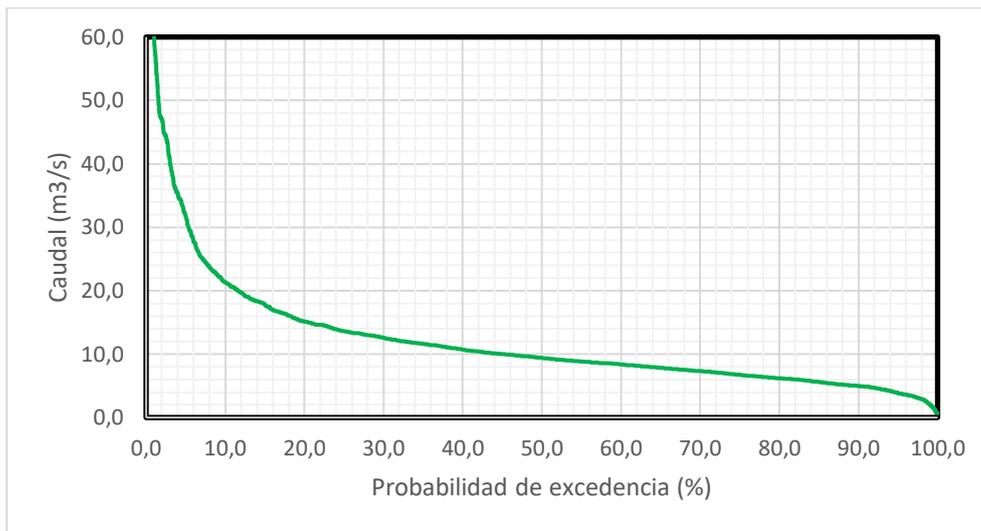


Figura 7-68 Curva de Duración General en el río San Luis aguas abajo en AG24

Fuente: INAMHI, 2015

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023



Tabla 7-67 Caudales característicos de la curva de duración general en las subcuencas de los sitios de interés del proyecto minero Porvenir

CAUDALES CARACTERÍSTICOS																								
CURVA DE DURACIÓN GENERAL EN LOS SITIOS DE INTERÉS (M3/S)																								
PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA (%)	RÍO LOYOLA AGUARRIBA (AG-01)	QUEBRADA SIN NOMBRE 1 AGUAS ABAJO (AG-02)	QUEBRADA SIN NOMBRE 1 AGUAS ARRIBA (AG-03)	QUEBRADA SIN NOMBRE 1 AGUAS ARRIBA (AG-04)	QUEBRADA DE LA CANELA CABECERA (AG-05)	QUEBRADA SIN NOMBRE 2 CABECERA (AG-06)	QUEBRADA DE LA CANELA INTERMEDIO (AG-07)	RÍO LOYOLA AGUAS ABAJO (AG-08)	QUEBRADA SIN NOMBRE 2 AGUAS ABAJO (AG-09)	RÍO SAN LUIS AGUAS ARRIBA (AG-10)	QUEBRADA SIN NOMBRE 3 AGUAS ABAJO (AG-11)	QUEBRADA SIN NOMBRE 3 AGUAS ARRIBA (AG-12)	QUEBRADA SIN NOMBRE 4 AGUAS ARRIBA (AG-13)	QUEBRADA SIN NOMBRE 2 CABECERA B (AG-14)	QUEBRADA SIN NOMBRE 5 CABECERA (AG-16)	QUEBRADA DE LA CANELA INTERMEDIO (AG-17)	RÍO VERGEL AGUAS ARRIBA (AG-18)	QUEBRADA DE LA CANELA AGUAS ABAJO (AG-19)	QUEBRADA AG-ALMALDES AGUAS ABAJO (AG-20)	RÍO VERGEL AGUAS ABAJO (AG-21)	QUEBRADA AG-ALMALES INTERMEDIO (AG-22)	QUEBRADA SIN NOMBRE 4 AGUAS ARRIBA (AG-23)	RÍO SAN LUIS AGUAS ABAJO (AG-24)	
5	10,5	1,455	0,552	0,159	0,119	0,026	1,271	16,011	1,333	20,901	0,503	0,039	0,035	0,013	0,03	0,018	3,876	22,447	7,249	3,502	35,802	1,213	0,504	23,458
10	9,05	1,254	0,476	0,137	0,103	0,023	1,095	13,799	1,149	18,014	0,434	0,034	0,03	0,011	0,026	0,016	3,341	19,346	6,248	3,018	30,856	1,046	0,434	20,218
15	8,213	1,138	0,432	0,124	0,093	0,021	0,994	12,524	1,043	16,348	0,394	0,031	0,027	0,01	0,024	0,014	3,032	17,558	5,67	2,739	28,004	0,949	0,394	18,348
20	7,363	1,02	0,387	0,111	0,084	0,018	0,891	11,227	0,935	14,657	0,353	0,027	0,025	0,009	0,021	0,013	2,718	15,741	5,084	2,456	25,106	0,851	0,353	16,45
25	6,903	0,957	0,363	0,104	0,078	0,017	0,835	10,525	0,876	13,74	0,331	0,026	0,023	0,008	0,02	0,012	2,548	14,756	4,765	2,302	23,535	0,798	0,331	15,42
30	6,484	0,899	0,341	0,098	0,074	0,016	0,785	9,886	0,823	12,906	0,311	0,024	0,022	0,008	0,019	0,011	2,393	13,861	4,476	2,162	22,107	0,749	0,311	14,485
35	6,086	0,843	0,32	0,092	0,069	0,015	0,737	9,28	0,773	12,114	0,292	0,023	0,02	0,007	0,018	0,011	2,247	13,011	4,202	2,03	20,751	0,703	0,292	13,597
40	5,666	0,785	0,298	0,086	0,064	0,014	0,686	8,64	0,719	11,279	0,272	0,021	0,019	0,007	0,016	0,01	2,092	12,113	3,912	1,89	19,32	0,655	0,272	12,659
45	5,376	0,745	0,283	0,081	0,061	0,013	0,651	8,197	0,682	10,7	0,258	0,02	0,018	0,006	0,015	0,009	1,984	11,492	3,711	1,793	18,329	0,621	0,258	12,01
50	5,083	0,705	0,267	0,077	0,058	0,013	0,615	7,751	0,645	10,118	0,244	0,019	0,017	0,006	0,015	0,009	1,876	10,867	3,51	1,695	17,332	0,587	0,244	11,356
55	4,902	0,679	0,258	0,074	0,056	0,012	0,593	7,474	0,622	9,757	0,235	0,018	0,016	0,006	0,014	0,008	1,809	10,479	3,384	1,635	16,713	0,566	0,235	10,951
60	4,662	0,646	0,245	0,071	0,053	0,012	0,564	7,108	0,592	9,279	0,223	0,017	0,016	0,006	0,013	0,008	1,721	9,966	3,218	1,555	15,895	0,539	0,224	10,415
65	4,515	0,626	0,237	0,068	0,051	0,011	0,546	6,885	0,573	8,987	0,216	0,017	0,015	0,005	0,013	0,008	1,667	9,652	3,117	1,506	15,395	0,522	0,217	10,087
70	4,312	0,598	0,227	0,065	0,049	0,011	0,522	6,575	0,547	8,583	0,207	0,016	0,014	0,005	0,012	0,007	1,592	9,218	2,977	1,438	14,702	0,498	0,207	9,633
75	4,112	0,57	0,216	0,062	0,047	0,01	0,498	6,269	0,522	8,184	0,197	0,015	0,014	0,005	0,012	0,007	1,518	8,79	2,839	1,371	14,019	0,475	0,197	9,185
80	3,893	0,54	0,205	0,059	0,044	0,01	0,471	5,936	0,494	7,749	0,187	0,014	0,013	0,005	0,011	0,007	1,437	8,322	2,688	1,298	13,273	0,45	0,187	8,696
85	3,618	0,501	0,19	0,055	0,041	0,009	0,438	5,516	0,459	7,201	0,173	0,013	0,012	0,004	0,01	0,006	1,335	7,733	2,497	1,206	12,334	0,418	0,174	8,082
90	3,252	0,451	0,171	0,049	0,037	0,008	0,394	4,959	0,413	6,473	0,156	0,012	0,011	0,004	0,009	0,006	1,2	6,952	2,245	1,085	11,088	0,376	0,156	7,265



**CAUDALES CARACTERÍSTICOS**

**CURVA DE DURACIÓN GENERAL EN LOS SITIOS DE INTERÉS (M3/S)**

PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA (%)	RÍO LOYOLA AGUA ARRIBA (AG-01)	QUEBRADA SIN NOMBRE 1 AGUAS ABAJO (AG-02)	QUEBRADA SIN NOMBRE 1 AGUAS ARRIBA (AG-03)	QUEBRADA SIN NOMBRE 1 AGUAS ARRIBA B (AG-04)	QUEBRADA DE LA CANELA CABECERA (AG-05)	QUEBRADA SIN NOMBRE 2 CABECERA A (AG-06)	QUEBRADA DE LA CANELA INTERMEDIO (AG-07)	RÍO LOYOLA AGUAS ABAJO (AG-08)	QUEBRADA SIN NOMBRE 2 AGUAS ABAJO (AG-09)	RÍO SAN LUIS AGUAS ARRIBA (AG-10)	QUEBRADA SIN NOMBRE 3 AGUAS ABAJO (AG-11)	QUEBRADA SIN NOMBRE 3 AGUAS ARRIBA (AG-12)	QUEBRADA SIN NOMBRE 4 AGUAS ARRIBA (AG-13)	QUEBRADA SIN NOMBRE 2 CABECERA B (AG-14)	QUEBRADA SIN NOMBRE 5 AGUAS ARRIBA (AG-15)	QUEBRADA SIN NOMBRE 5 CABECERA (AG-16)	QUEBRADA DE LA CANELA INTERMEDIO (AG-17)	RÍO VERGEL AGUAS ARRIBA (AG-18)	QUEBRADA DE LA CANELA AGUAS ABAJO (AG-19)	QUEBRADA AG-ALMALAS AGUAS ABAJO (AG-20)	RÍO VERGEL AGUAS ABAJO (AG-21)	QUEBRADA AG-ALMALES INTERMEDIO (AG-22)	QUEBRADA SIN NOMBRE 4 AGUAS ARRIBA (AG-23)	RÍO SAN LUIS AGUAS ABAJO (AG-24)
95	2,51	0,348	0,132	0,038	0,028	0,006	0,304	3,827	0,319	4,996	0,12	0,009	0,008	0,003	0,007	0,004	0,926	5,365	1,733	0,837	8,558	0,29	0,12	5,607
Qmed	5,676	0,787	0,298	0,086	0,064	0,014	0,687	8,655	0,721	11,299	0,272	0,021	0,019	0,007	0,016	0,01	2,095	12,134	3,919	1,893	19,354	0,656	0,272	12,681

Fuente: INAMHI, 2015

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

La Tabla 7-68 y la Figura 7-69 incluyen los caudales de la curva de variación estacional CVE para el río Vergel aguas abajo hasta AG21.

Tabla 7-68 Caudales con probabilidad (CVE), río Vergel aguas abajo hasta AG21

PROB %	CAUDAL (M3/S)											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
10%	38,874	43,231	37,06	35,321	45,114	56,267	40,224	33,937	25,738	23,607	26,79	29,075
20%	33,52	37,25	33,275	31,745	38,589	47,883	35,701	28,951	22,958	21,121	22,949	24,512
30%	29,974	33,291	30,71	29,32	34,287	42,373	32,656	25,669	21,082	19,44	20,415	21,53
40%	27,148	30,136	28,624	27,347	30,872	38,009	30,193	23,067	19,561	18,075	18,402	19,179
50%	24,671	27,373	26,762	25,584	27,892	34,211	28,006	20,799	18,207	16,858	16,644	17,142
60%	22,351	24,785	24,983	23,9	25,111	30,676	25,928	18,686	16,917	15,698	15,002	15,256
70%	20,037	22,205	23,169	22,182	22,35	27,176	23,822	16,591	15,606	14,517	13,37	13,399
80%	17,543	19,425	21,162	20,279	19,391	23,44	21,508	14,351	14,162	13,213	11,62	11,43
90%	14,451	15,981	18,579	17,83	15,752	18,869	18,561	11,603	12,314	11,54	9,464	9,045

Fuente: INAMHI, 2015

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

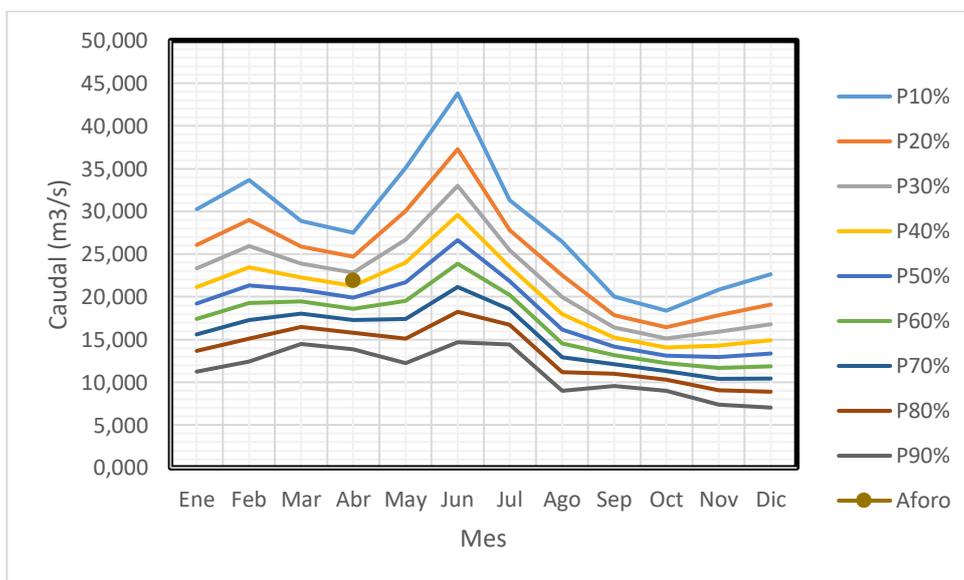


Figura 7-69 Curva de variación estacional en el río Vergel aguas abajo hasta AG21

Fuente: INAMHI, 2015

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

Los caudales mínimos más bajos que corresponden a la probabilidad del 90%, en las subcuencas de interés se presentarán entre septiembre y diciembre.

Considerando los aforos o mediciones de campo de caudal se ha contrastado y calibrado el modelo de caudales estimados para cada sitio de interés.

Para el contraste se comparan los aforos realizados en el mes de abril de 2023 con los caudales de la curva de variación estacional con probabilidad del mes correspondiente.

Como se aprecia en el caso del río Vergel aguas abajo hasta AG21 la medición realizada esta dentro del rango de los caudales, la probabilidad de excedencia del aforo es del orden del 40%, por lo que se considera que el modelo de caudales medios adoptado es adecuado, pues la medición se ajusta al modelo razonablemente.

En el Anexo B. Línea Base, carpeta B1. Componente Físico, subcarpeta 6. Hidrología, Documento 6 se incluyen las series de caudales medios mensuales establecidos, las curvas de duración general y las curvas de variación estacional para cada sitio de interés.

#### **7.1.8.7.7 Caudal ecológico en los sitios de interés hidrológico del proyecto minero Porvenir**

Para la determinación de los caudales ecológicos, se aplica el método de Tennant, que define el caudal ecológico como el 10% del caudal medio anual. Criterio que se incluye en el Registro Oficial No. 41, del 14 de marzo de 2007, Acuerdo Ministerial N° 155, que emitió las “Normas para la determinación del caudal ecológico y el régimen de los caudales ecológicos en los sectores hidrográficos respectivos”.

Se han estimado los caudales ecológicos en las subcuencas de los sitios de interés, los cuales se incluyen en la siguiente tabla.

Tabla 7-69 Caudales ecológicos en las subcuencas de interés para el proyecto minero Porvenir

<b>CÓDIGO</b>	<b>NOMBRE SUBCUENCA</b>	<b>ÁREA SUBCUENCA (KM2)</b>	<b>CAUDAL MEDIO (M3/S)</b>	<b>CAUDAL ECOLÓGICO (M3/S)</b>
AG-01	Río Loyola agua arriba	108,066	5,676	0,568
AG-02	Quebrada Sin Nombre 1 aguas abajo	13,676	0,787	0,079
AG-03	Quebrada Sin Nombre 1 aguas arriba A	5,189	0,298	0,03
AG-04	Quebrada Sin Nombre 1 aguas arriba B	1,494	0,086	0,009
AG-05	Quebrada de la Canela cabecera	0,707	0,064	0,006
AG-06	Quebrada Sin Nombre 2 cabecera A	0,408	0,014	0,001
AG-07	Quebrada de la Canela intermedio	11,942	0,687	0,069
AG-08	Río Loyola aguas abajo	156,288	8,655	0,866
AG-09	Quebrada Sin Nombre 2 aguas abajo	12,583	0,721	0,072
AG-10	Río San Luis aguas arriba	200,147	11,299	1,13
AG-11	Quebrada Sin Nombre 3 aguas abajo	5,297	0,272	0,027
AG-12	Quebrada Sin Nombre 3 aguas arriba	0,37	0,021	0,002

CÓDIGO	NOMBRE SUBCUENCA	ÁREA SUBCUENCA (KM2)	CAUDAL MEDIO (M3/S)	CAUDAL ECOLÓGICO (M3/S)
AG-13	Quebrada Sin Nombre 4 aguas arriba	0,332	0,019	0,002
AG-14	Quebrada Sin Nombre 2 cabecera B	0,163	0,007	0,001
AG-15	Quebrada Palmales aguas arriba	0,282	0,016	0,002
AG-16	Quebrada Sin Nombre 5 cabecera	0,166	0,01	0,001
AG-17	Quebrada de la Canela intermedio	35,542	2,095	0,21
AG-18	Rio Vergel aguas arriba	194,073	12,134	1,213
AG-19	Quebrada de la Canela aguas abajo	62,676	3,919	0,392
AG-20	Quebrada Palmales aguas abajo	32,911	1,893	0,189
AG-21	Rio Vergel aguas abajo	309,535	19,354	1.935
AG-22	Quebrada Palmales intermedio	11,402	0,656	0,066
AG-23	Quebrada Sin Nombre 4 aguas arriba	4,777	0,272	0,027
AG-24	Río San Luis aguas abajo	223,22	12,681	1,268

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2023  
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

#### **7.1.8.7.8 Caudales autorizaciones de usos de agua en las subcuencas de los sitios de interés hidrológico del proyecto minero Porvenir**

Los caudales de usos o aprovechamientos de agua autorizados en las subcuencas de los sitios de interés se realizan considerando los registros del Banco Nacional de Autorizaciones, MAATE, 2020.

Se registran 86 autorizaciones de uso y aprovechamiento de agua en las subcuencas de interés asociadas al proyecto minero Porvenir en la fase de exploración avanzada. Que suman un caudal de 138 L/s aproximadamente.

La Tabla 7-70 incluye un resumen de la información del banco nacional de autorizaciones de MAATE, 2020 identificadas.

Tabla 7-70 Autorizaciones de uso de agua en las subcuencas de interés del proyecto minero Porvenir

USO DEL AGUA	CAUDAL (L/S)	NÚMERO DE AUTORIZACIONES
ABREVADERO	0,38	12
ACUICULTURA	5	3

USO DEL AGUA	CAUDAL (L/S)	NÚMERO DE AUTORIZACIONES
CONSUMO HUMANO	3,26	17
INDUSTRIAL	0,08	1
MINERIA	127,97	50
RIEGO	0,97	3
Total	137,67	86

Fuente: MAATE, 2020

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

La mayor cantidad de autorizaciones de aprovechamiento registradas y el mayor caudal autorizado corresponden a minería.

Se registran 6 autorizaciones a favor de Green Rock Resources S.A., una autorización de uso para consumo humano en la concesión Porvenir 2 en la subcuenca AG6 por un caudal de 0,5 L/s, 3 autorizaciones de aprovechamiento en la concesión Porvenir 1 cada una con un caudal de 1,5 L/s en la subcuenca AG9 y 2 autorizaciones de aprovechamiento en la concesión minera Porvenir 2 cada una con un caudal de 1,5 L/s en las subcuencas AG7 y AG8, por tanto, el caudal total autorizado es 8,0 L/s

La Tabla 7-71 presenta la información de autorizaciones (MAATE, 2020), identificadas por cada subcuenca de interés asociada al proyecto minero Porvenir.

Tabla 7-71 Autorizaciones de uso y aprovechamiento de agua por subcuencas de interés del proyecto minero Porvenir

CÓDIGO	NOMBRE SUBCUENCA	USO DEL AGUA	CAUDAL (L/S)	NÚMERO DE AUTORIZACIONES
AG-6	Quebrada Sin Nombre 2 cabecera A	Consumo humano	0,5	1
		Total	0,5	1
AG-7	Quebrada de la Canela intermedio	Minería	1,5	1
		Total	1,5	1
AG-8	Río Loyola aguas abajo	Abrevadero	0,1	2
		Acuicultura	2,4	1
		Consumo humano	0,01	1
		Minería	1,5	1
		Total	4,01	5
AG-9	Quebrada Sin Nombre 2 aguas abajo	Minería	4,5	3
		Total	4,5	3
AG-10	Río San Luis aguas arriba	Abrevadero	0,2	7
		Consumo humano	0,71	9
		Minería	5	1
		Total	5,91	17

CÓDIGO	NOMBRE SUBCUENCA	USO DEL AGUA	CAUDAL (L/S)	NÚMERO DE AUTORIZACIONES
AG-11	Quebrada Sin Nombre 3 aguas abajo	Minería	6,96	1
		Total	6,96	1
AG-18	Rio Vergel aguas arriba	Abrevadero	0,02	1
		Acuicultura	2,6	2
		Consumo humano	1,11	3
		Minería	65,67	30
		Riego	0,97	3
		Total	70,37	39
AG-21	Rio Vergel aguas abajo	Consumo humano	0,01	1
		Minería	42,84	13
		Total	42,85	14
AG-24	Río San Luis aguas abajo	Abrevadero	0,06	2
		Consumo humano	0,92	2
		Industrial	0,08	1
		Total	1,06	5

Fuente: MAATE, 2020

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

La Figura 7-70 incluye la ubicación de las autorizaciones de uso y aprovechamiento del agua en las subcuencas de interés del proyecto minero Porvenir.

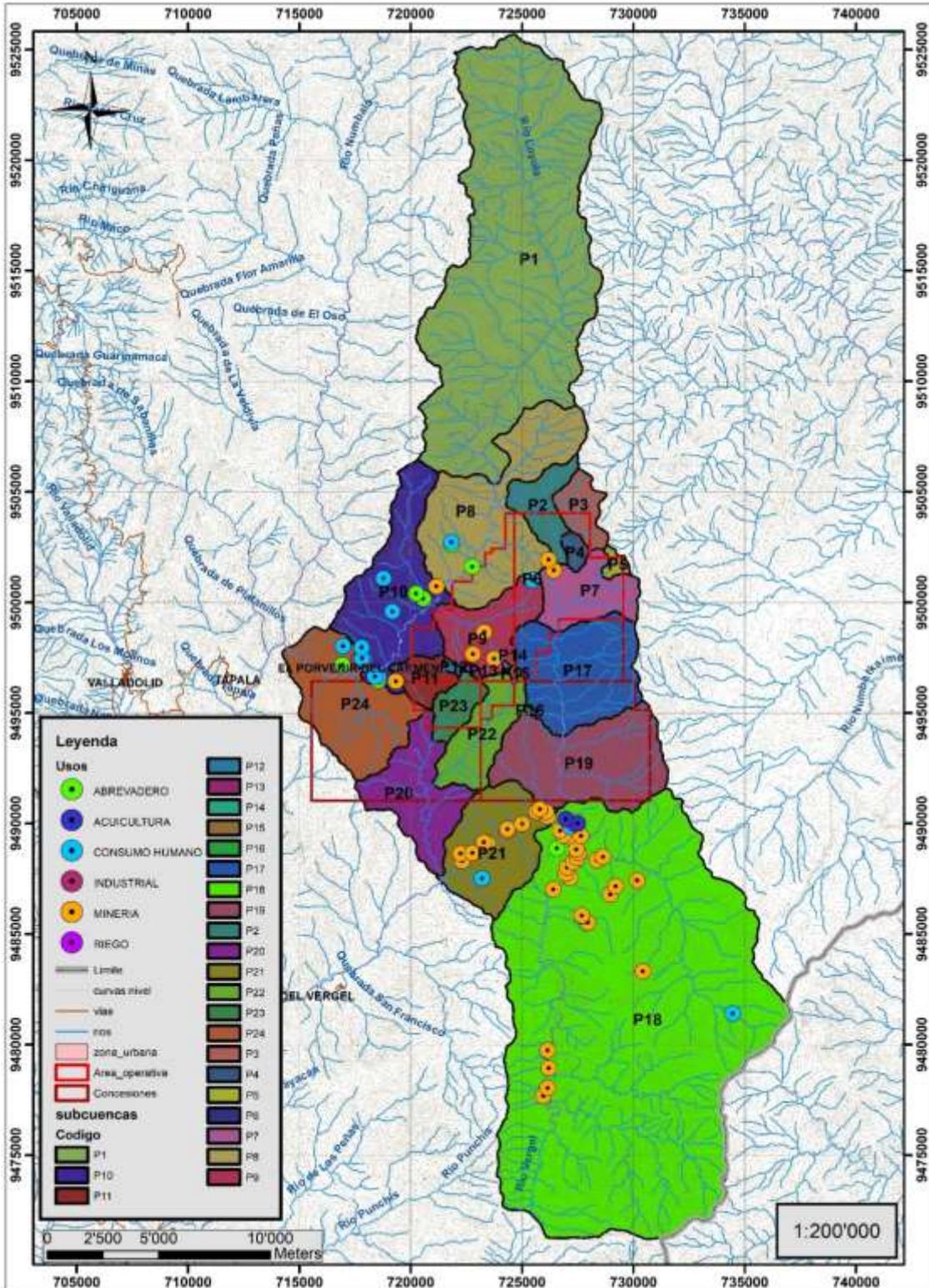


Figura 7-70 Autorizaciones de uso y aprovechamiento en las subcuencas de interés del proyecto minero Porvenir

Fuente: MAATE, 2020

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

### 7.1.8.8 Caudales máximos en las subcuencas de interés del proyecto minero Porvenir

Para la estimación de los caudales máximos con período de retorno en los sitios de interés del proyecto minero Porvenir, se han aplicado 3 metodologías:

1. Se aplica el método racional, las subcuencas tienen un área de drenaje menor a 5km<sup>2</sup>.
2. Para subcuencas de entre 10 y 100 km<sup>2</sup>, se aplicó el método de hidrogramas unitarios sintéticos del Soil Conservation Service (SCS), para el cálculo de los caudales máximos.
3. Y para subcuencas mayores a 100 km<sup>2</sup> se consideró el método estadístico, obteniendo los caudales máximos con período de retorno mediante la aplicación de distribución de probabilidades a los datos de caudales máximos instantáneos de la estación hidrológica base.

#### 7.1.8.8.1 Duración de la tormenta

Para la aplicación del método racional y del método de hidrogramas unitarios, se requiere definir la duración de la tormenta que genera la crecida.

Se define la duración de la tormenta con el propósito de determinar la intensidad máxima o la lámina de precipitación máxima asociada a dicha duración.

La duración de la tormenta se determinó como el promedio del tiempo de concentración en cada subcuenca.

Para cada una de las subcuencas analizadas, se calculó el tiempo de concentración, aplicando las siguientes ecuaciones<sup>9</sup>:

a. Kirpich

$$t_c = 0.0078 \cdot L_p^{0.77} \cdot S^{-0.385}$$

En donde:

Tc.- tiempo de concentración (min)

S- pendiente promedio del cauce principal (m7m)

Lp- longitud el cauce (pies); y,

b. Ventura

---

<sup>9</sup> Métodos para la determinación del tiempo de concentración (tc) de una cuenca hidrográfica, Universidad Politécnica de Valencia, Ibáñez, S. página 8.

$$T_c = a \frac{S^{0.5}}{i}, \text{ Siendo } 0.05 \leq a \leq 0.5$$

$$a = \frac{L}{\sqrt{S}}$$

En donde:

i=pendiente media del cauce principal (%)

S= área de la cuenca (km<sup>2</sup>)

L= longitud del cauce principal (km)

a= alejamiento medio

c. Témez

$$T_c = 0.3 \left( \frac{L}{S_0^{0.25}} \right)^{0.75}$$

En donde:

Tc - tiempo de concentración, (horas);

L - longitud del cauce principal, (km);

S<sub>0</sub> – diferencia entre H<sub>máx</sub> y H<sub>mín</sub> en cauce principal, (%);

d. Giandotti

$$T_c = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 1.5 \cdot L}{25.3 \cdot \sqrt{S \cdot L}}$$

En donde:

Tc - tiempo de concentración, (horas);

L - longitud del curso de agua más largo, (km);

S - pendiente promedio del cauce principal, (m/m);

A - área de la cuenca, (km<sup>2</sup>);

La Tabla 7-72 incluye los tiempos de concentración estimados y la duración del evento de tormenta calculado para la determinación de los caudales máximos de las subcuencas de los sitios de interés asociadas al proyecto minero Porvenir.

Tabla 7-72 Tiempos de concentración y duración de la tormenta para las subcuencas de interés del proyecto minero Porvenir

CÓD.	NOMBRE SUBCUENCA	TC KIRPICH (MIN)	TC VENTURA (MIN)	TC TÉMEZ (MIN)	TC GIANDOTTI (MIN)	PROMEDIO (MIN)	DURACIÓN (MIN)
AG-01	Río Loyola agua arriba	194	436	436	155	305	300
AG-02	Quebrada Sin Nombre 1 aguas abajo	42	92	117	60	78	75
AG-03	Quebrada Sin Nombre 1	25	47	77	40	47	50

CÓD.	NOMBRE SUBCUENCA	TC KIRPICH (MIN)	TC VENTURA (MIN)	TC TÉMEZ (MIN)	TC GIANDOTTI (MIN)	PROMEDIO (MIN)	DURACIÓN (MIN)
	aguas arriba A						
AG-04	Quebrada Sin Nombre 1 aguas arriba B	5	16	20	25	17	20
AG-05	Quebrada de la Canela cabecera	12	18	38	24	23	25
AG-06	Quebrada Sin Nombre 2 cabecera A	5	7	17	14	11	15
AG-07	Quebrada de la Canela intermedio	39	93	106	62	75	75
AG-08	Río Loyola aguas abajo	232	536	516	179	366	360
AG-09	Quebrada Sin Nombre 2 aguas abajo	40	88	113	62	75	75
AG-10	Río San Luis aguas arriba	279	651	602	202	434	450
AG-11	Quebrada Sin Nombre 3 aguas abajo	22	42	68	38	42	50
AG-12	Quebrada Sin Nombre 3 aguas arriba	4	7	14	14	10	15
AG-13	Quebrada Sin Nombre 4 aguas arriba	9	12	27	21	17	20
AG-14	Quebrada Sin Nombre 2 cabecera B	3	4	13	10	7	15
AG-15	Quebrada Palmales aguas arriba	7	10	24	22	16	20
AG-16	Quebrada Sin Nombre 5 cabecera	5	7	15	16	11	15
AG-17	Quebrada de la Canela intermedio	74	184	190	96	136	150
AG-18	Río Vergel aguas arriba	194	591	436	177	350	350
AG-19	Quebrada de la Canela aguas abajo	99	263	245	119	181	180

CÓD.	NOMBRE SUBCUENCA	TC KIRPICH (MIN)	TC VENTURA (MIN)	TC TÉMEZ (MIN)	TC GIANDOTTI (MIN)	PROMEDIO (MIN)	DURACIÓN (MIN)
AG-20	Quebrada Palmales aguas abajo	76	160	203	100	135	150
AG-21	Río Vergel aguas abajo	234	761	519	211	431	420
AG-22	Quebrada Palmales intermedio	53	97	139	75	91	90
AG-23	Quebrada Sin Nombre 4 aguas arriba	35	57	97	55	61	60
AG-24	Río San Luis aguas abajo	287	649	634	208	445	450

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2023  
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

#### **7.1.8.8.2 Caudales máximos racional – subcuencas menores a 5 km<sup>2</sup>**

El método racional toma en consideración las características de las subcuencas de drenaje tanto en extensión como en el tipo de suelo- cobertura mediante un coeficiente denominado de escorrentía, el tiempo de concentración, así como las características climáticas de la Intensidad y duración de la lluvia.

La fórmula aplicada es<sup>10</sup>:

$$Q = 0,278 c I A$$

Donde:

Q: caudal máximo de diseño (m<sup>3</sup>/s).

C: coeficiente de escurrimiento.

I: intensidad de la tormenta (mm/hora).

A: área de aportación de la subcuenca (km<sup>2</sup>).

La escorrentía pico calculada es una función de la lluvia promedio durante el tiempo de concentración. La intensidad de lluvia se asume constante durante toda la tormenta.

##### **a. Coeficiente de escurrimiento**

El coeficiente de escurrimiento es la relación entre la lámina de escurrimiento y la lámina de lluvia para la subcuenca de drenaje.

La escorrentía que alcanzará los drenajes depende del porcentaje de permeabilidad de las áreas de drenaje, de la pendiente, de la cobertura vegetal o uso del suelo, de la capacidad de retención de agua de la superficie, del tipo de suelo, etc. Superficies impermeables, tales como los pavimentos de asfalto o los techos de edificios,

<sup>10</sup> Hidrología Aplicada Ven te Chow, 1994. Crecientes de diseño, página 510.

producirán una escorrentía de casi el ciento por ciento del volumen de precipitación caído en estas áreas.

En la Tabla 7-73 presenta los valores de coeficientes, que dependen del uso del suelo en el área a ser drenada y del tipo de superficie, y también del período de retorno.

Tabla 7-73 Coeficientes de escorrentía de referencia

CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE	PERÍODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2	5	10	25	50	100	500
Áreas desarrolladas							
Asfalto	0,73	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95	1,00
Concreto/Techo	0,75	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97	1,00
Zonas Verdes (jardines, parques, etc.)							
Condición Pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)							
Plano, 0 - 2%	0,32	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,58
Promedio, 2 - 7%	0,37	0,40	0,43	0,46	0,49	0,53	0,61
Pendiente, superior a 7%	0,40	0,43	0,45	0,49	0,52	0,55	0,62
Condición Promedio (cubierta de pasto menor del 50% al 75% del área)							
Plano, 0 - 2%	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Promedio, 2 - 7%	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Pendiente, superior a 7%	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
Condición Buena (cubierta de pasto mayor al 75% del área)							
Plano, 0 - 2%	0,21	0,23	0,25	0,29	0,32	0,36	0,49
Promedio, 2 - 7%	0,29	0,32	0,35	0,39	0,42	0,46	0,56
Pendiente, superior a 7%	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,51	0,58
Áreas no desarrolladas							
Áreas de cultivos							
Plano, 0 - 2%	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,57
Promedio, 2 - 7%	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51	0,60
Pendiente, superior a 7%	0,39	0,42	0,44	0,48	0,51	0,54	0,61
Pastizales							
Plano, 0 - 2%	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Promedio, 2 - 7%	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58

CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE	PERÍODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2	5	10	25	50	100	500
Pendiente, superior a 7%	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
Bosques							
Plano, 0 - 2%	0,22	0,25	0,28	0,31	0,35	0,39	0,48
Promedio, 2 - 7%	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,56
Pendiente, superior a 7%	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52	0,58

Fuente: Hidrología Aplicada, Ven Te Chow, 1984

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

Se definen los coeficientes de escorrentía, para las subcuencas de interés, considerando una pendiente de las superficies de drenaje mayor a 7%, y considerando una vegetación tipo bosque principalmente.

Los coeficientes de escorrentía adoptados para las subcuencas en el área del proyecto minero Porvenir, para el cálculo de los caudales máximos con período de retorno con el método racional se presentan a continuación en la Tabla 7-74.

Tabla 7-74 Coeficientes de escorrentía de subcuencas de interés del proyecto minero Porvenir

CÓD.	NOMBRE SUBCUENCA	ÁREA SUBCUENCA (KM2)	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)					
			TR2	TR5	TR10	TR25	TR50	TR100
AG-03	Quebrada Sin Nombre 1 aguas arriba A	5,189	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52
AG-04	Quebrada Sin Nombre 1 aguas arriba B	1,494	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52
AG-05	Quebrada de la Canela cabecera	1,12	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52
AG-06	Quebrada Sin Nombre 2 cabecera A	0,247	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52
AG-11	Quebrada Sin Nombre 3 aguas abajo	4,753	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52
AG-12	Quebrada Sin Nombre 3 aguas arriba	0,37	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52

CÓD.	NOMBRE SUBCUENCA	ÁREA SUBCUENCA (KM2)	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)					
			TR2	TR5	TR10	TR25	TR50	TR100
AG-13	Quebrada Sin Nombre 4 aguas arriba	0,332	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52
AG-14	Quebrada Sin Nombre 2 cabecera B	0,117	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52
AG-15	Quebrada Palmales aguas arriba	0,282	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52
AG-16	Quebrada Sin Nombre 5 cabecera	0,166	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52
AG-23	Quebrada Sin Nombre 4 aguas arriba	4,777	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52

Fuente: Hidrología Aplicada, Ven Te Chow, 1984

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

#### b. Intensidades máximas de lluvia

Para el cálculo de las intensidades máximas, se tomó en cuenta la duración de la tormenta crítica, que se considera que la duración es igual al tiempo de concentración.

A continuación, la Tabla 7-75 incluye los valores de intensidades máximas con periodo de retorno consideradas en el cálculo del caudal máximo de las subcuencas asociadas a los sitios de interés del proyecto minero Porvenir.

Tabla 7-75 Intensidades máximas de precipitación para las subcuencas asociadas a los sitios de interés del proyecto minero Porvenir

CÓDIGO	NOMBRE SUBCUENCA	DURACIÓN	INTENSIDAD MÁXIMA (MM/H)					
		(MIN)	TR2	TR5	TR10	TR25	TR50	TR100
AG-3	Quebrada Sin Nombre 1 aguas arriba A	50	34,6	41,1	53,1	62,3	69,3	76,1
AG-4	Quebrada Sin Nombre 1 aguas arriba B	20	54,4	64,6	83,5	98,1	109,0	119,7
AG-5	Quebrada de la Canela cabecera	25	49,2	58,5	75,6	88,8	98,6	108,3
AG-6	Quebrada Sin Nombre 2 cabecera A	15	61,8	73,5	95,0	111,5	123,9	136,1
AG-11	Quebrada Sin Nombre 3 aguas abajo	50	34,6	41,1	53,1	62,3	69,3	76,1

CÓDIGO	NOMBRE SUBCUENCA	DURACIÓN (MIN)	INTENSIDAD MÁXIMA (MM/H)					
			TR2	TR5	TR10	TR25	TR50	TR100
AG-12	Quebrada Sin Nombre 3 aguas arriba	15	61,8	73,5	95,0	111,5	123,9	136,1
AG-13	Quebrada Sin Nombre 4 aguas arriba	20	54,4	64,6	83,5	98,1	109,0	119,7
AG-14	Quebrada Sin Nombre 2 cabecera B	15	61,8	73,5	95,0	111,5	123,9	136,1
AG-15	Quebrada Palmales aguas arriba	20	54,4	64,6	83,5	98,1	109,0	119,7
AG-16	Quebrada Sin Nombre 5 cabecera	15	61,8	73,5	95,0	111,5	123,9	136,1
AG-23	Quebrada Sin Nombre 4 aguas arriba	60	29,9	35,5	45,9	53,9	59,9	65,8

Fuente: INAMHI, 2019

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

### c. Caudales Máximos con período de retorno

Aplicando el método racional se determinaron los caudales máximos con período de retorno, para cada una de las secciones de drenajes menores consideradas de interés.

La Tabla 7-76 presenta los valores de los caudales de crecida asociados a los sitios de interés del proyecto minero Porvenir, estimados mediante el método racional.

Tabla 7-76 Caudales Máximos con Período de Retorno para las subcuencas de los sitios de interés del proyecto minero Porvenir

CÓDIGO	NOMBRE SUBCUENCA	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	CAUDAL MÁXIMO CON PERÍODO DE RETORNO (M <sup>3</sup> /S)					
			TR2	TR5	TR10	TR25	TR50	TR100
AG-3	Quebrada Sin Nombre 1 aguas arriba A	5,189	17,44	23,09	31,36	40,43	47,92	57,01
AG-4	Quebrada Sin Nombre 1 aguas arriba B	1,494	7,9	10,45	14,2	18,31	21,7	25,82
AG-5	Quebrada de la Canela cabecera	1,12	5,36	7,1	9,64	12,43	14,73	17,53
AG-6	Quebrada Sin Nombre 2 cabecera A	0,247	1,49	1,97	2,68	3,45	4,09	4,86
AG-11	Quebrada Sin Nombre 3 aguas abajo	4,753	15,97	21,15	28,73	37,04	43,91	52,23
AG-12	Quebrada Sin Nombre 3 aguas arriba	0,37	2,23	2,95	4	5,16	6,12	7,28
AG-13	Quebrada Sin Nombre 4 aguas arriba	0,332	1,75	2,32	3,15	4,06	4,82	5,73
AG-14	Quebrada Sin Nombre 2 cabecera B	0,117	0,71	0,94	1,27	1,64	1,94	2,31

CÓDIGO	NOMBRE SUBCUENCA	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	CAUDAL MÁXIMO CON PERÍODO DE RETORNO (M <sup>3</sup> /S)					
			TR2	TR5	TR10	TR25	TR50	TR100
AG-15	Quebrada Palmales aguas arriba	0,282	1,49	1,98	2,68	3,46	4,1	4,88
AG-16	Quebrada Sin Nombre 5 cabecera	0,166	1	1,32	1,8	2,32	2,75	3,27
AG-23	Quebrada Sin Nombre 4 aguas arriba	4,777	13,88	18,38	24,97	32,18	38,15	45,39

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2023  
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

Los caudales específicos máximos varían entre 4 y 20 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>.

#### **7.1.8.8.3 Caudales máximos con período de retorno del hidrograma unitario sintético del SCS – subcuencas mayores a 5 km<sup>2</sup> hasta 100 km<sup>2</sup>**

Para subcuencas entre 5 y 100 km<sup>2</sup> se realiza la determinación de los caudales máximos con período de retorno aplicado el programa HEC HMS v4.7.1, aplicando el método del hidrograma unitario sintético del SCS.

El modelo hidrológico dentro del programa HEC HMS incluye los siguientes componentes:

- Componente 1. modelo de cuenca, incluye las características físicas de las cuencas, el modelo de infiltración (SCS número de curva), la transformación de la precipitación efectiva en escorrentía y la forma del hidrograma de crecida (SCS hidrograma unitario sintético).
- Componente 2. modelo meteorológico, que incluye los hietogramas con período de retorno, aplicando patrones de tormenta tipo Huff del segundo cuartil para considerar la distribución en el tiempo de los eventos de tormenta definidos.
- Componente 3. Control de tiempo, define el periodo total de tiempo para modelación del hidrograma y el paso del tiempo del hidrograma ( $\Delta t$ )  
Se simplifica la modelación hidrológica a nivel de eventos de tormenta, con el fin de determinar los caudales e hidrogramas de las crecidas, para períodos de retorno ( $T_r$ ) de 2, 5, 10, 25, 50, y 100 años.

Para la estimación de los caudales máximos se realiza los siguientes pasos:

- Determinación del tiempo de concentración de las subcuencas y la duración de la tormenta crítica que genera el caudal de crecida.
- En base a la duración de la tormenta, y las curvas Intensidad-Duración-Período de retorno se establece la lámina de precipitación del evento de tormenta.
- Determinación del hietograma de precipitaciones máximas.
- Estimación del número de curva para establecer las pérdidas por infiltración y la lluvia efectiva que produce caudal máximo.
- Cálculo del caudal máximo con período de retorno a través del hidrograma unitario sintético del SCS

a. Pérdidas por infiltración del número de curva CN e Hidrograma Unitario del SCS

El exceso de precipitación ( $P_e$ ) se calcula en función de la precipitación acumulada ( $P$ ), de la capacidad de almacenamiento de humedad inicial del suelo ( $I_a$ ) y de la capacidad de las subcuencas para retener la precipitación, mediante la siguiente expresión:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

En donde:

$I_a$ : abstracción inicial (mm)

$S$ : tasa potencial máxima de retención (mm)

Mediante experimentos en pequeñas cuencas, el SCS obtuvo la relación:

$$I_a = 0,2 S$$

A partir de la cual, se tiene:

$$P_e = \frac{(P - 0,2 S)^2}{P + 0,2 S}$$

$S$  y el NC se relacionan mediante la siguiente expresión (el número de curva se obtiene de tablas a partir del tipo de suelo, cobertura vegetal, uso de suelo y condición de humedad antecedente):

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

El método del hidrograma unitario del SCS, se basa en las siguientes relaciones:

$$T_p = 0,5 \times \Delta t + T_{lag}$$

En donde:

$T_p$ : tiempo al pico del hidrograma (h)

$\Delta t$ : duración de la lluvia (h)

$T_{lag}$ : tiempo de retardo (h) (entre el centro de masa de la lluvia y el pico del hidrograma unitario)

El caudal pico se obtiene de la siguiente manera:

$$Q_p = 2,08 \times A / T_p$$

En donde:

$Q_p$ : caudal pico (m<sup>3</sup>/s)

$A$ : área de la Cuenca (km<sup>2</sup>)

El tiempo de retardo ( $T_{lag}$ ) y el tiempo de concentración ( $T_c$ ) de la cuenca se relacionan a través de la siguiente expresión:

$$T_{lag} = 0,6 T_c$$

b. Esquemas de subcuencas para modelación

Para la determinación de los caudales máximos con período de retorno, se define un modelo hidrológico de subcuenca para cada área de drenaje, el esquema de la subcuenca de la quebrada de la Canela aguas abajo hasta el sitio AG-19 para la modelación hidrológica se presenta a continuación en la Figura 7-71 a manera de ejemplo.

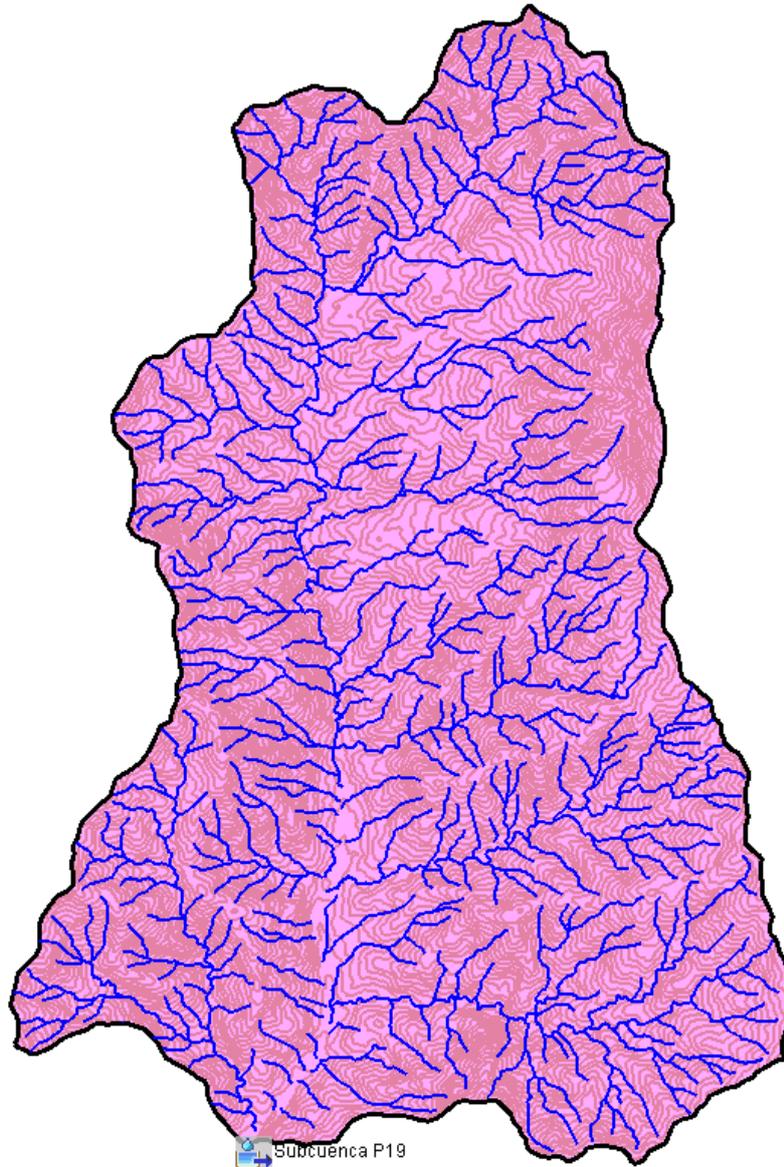


Figura 7-71 Esquema de subcuenca HEC HMS – quebrada de la Canela aguas abajo en AG-19

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2023  
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

c. Precipitación máxima, duración de la tormenta y distribución temporal del evento

La Tabla 7-77 resume los valores de tiempos de duración de la tormenta obtenidos para las subcuencas a modelar.

Tabla 7-77 Duración del evento de tormenta para las subcuencas de interés a modelar

CÓDIGO	NOMBRE SUBCUENCA	TC PROMEDIO (MIN)	DURACIÓN (MIN)
AG-02	Quebrada Sin Nombre 1 aguas abajo	78	75
AG-07	Quebrada de la Canela intermedio	75	75
AG-09	Quebrada Sin Nombre 2 aguas abajo	75	75
AG-17	Quebrada de la Canela intermedio	136	150
AG-19	Quebrada de la Canela aguas abajo	181	180
AG-20	Quebrada Palmales aguas abajo	135	150
AG-22	Quebrada Palmales intermedio	91	90

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2023  
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

Considerando las ecuaciones de intensidades máximas de lluvia para la zona 17 y la duración del evento de lluvia que genera el caudal máximo en cada subcuenca analizada se han obtenido las láminas de precipitación de los eventos de tormenta.

En la Tabla 7-78 se presentan las láminas de precipitación con período de retorno para las duraciones asociadas a las subcuencas de los sitios de captación.

Tabla 7-78 Lámina de precipitación con período de retorno para eventos de tormenta para los sitios de captación

CÓD	SUBCUENCA	ÁREA KM2	DURACIÓN (MIN)	PRECIPITACIÓN MÁXIMA CON PERÍODO DE RETORNO (MM)					
				TR2	TR5	TR10	TR25	TR50	TR100
AG-02	Quebrada Sin Nombre 1 aguas abajo	13,676	75	31,3	37,1	48	56,4	62,7	68,8
AG-7	Quebrada de la Canela intermedio	11,942	75	31,3	37,1	48	56,4	62,7	68,8
AG-9	Quebrada Sin Nombre 2 aguas abajo	12,583	75	31,3	37,1	48	56,4	62,7	68,8
AG-17	Quebrada de la Canela intermedio	35,542	150	36	42,7	55,2	64,9	72,1	79,1
AG-19	Quebrada de la Canela aguas abajo	62,676	180	37,3	44,3	57,3	67,3	74,8	82,1
AG-20	Quebrada Palmales aguas abajo	32,911	150	36	42,7	55,2	64,9	72,1	79,1
AG-22	Quebrada Palmales intermedio	11,402	90	32,4	38,5	49,8	58,5	65	71,4

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2023  
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

Para la distribución temporal de la lámina de precipitación se consideró el patrón de tormenta determinado del segundo cuartil de Huff. La Tabla 7-79 muestra el patrón de tormenta o distribución temporal de Huff del segundo cuartil para subcuencas con un área de drenaje menor a 25 km<sup>2</sup>.

Tabla 7-79 Distribución temporal de Huff segundo cuartil en función del área de la subcuenca

<b>TIEMPO</b>	<b>LÁMINA DE PRECIPITACIÓN ACUMULADA</b>
<b>(%)</b>	<b>ÁREA &lt; 25 KM<sup>2</sup></b>
0	0
5	3
10	8
15	12
20	16
25	22
30	29
35	39
40	51
45	62
50	70
55	76
60	81
65	85
70	88
75	91
80	93
85	95
90	97
95	98
100	100

Fuente: Huff, F.A. Time Distributions of Heavy Rainstorms in Illinois; Circular. Illinois State Water Survey 173: Champaign, IL, USA, 1990

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

La Tabla 7-80 presenta los hietogramas con períodos de retorno, para la subcuenca quebrada de la Canela aguas abajo hasta el sitio AG19, para un evento de tormenta de una duración igual a 180 minutos, y la Figura 7-72, presenta la distribución de la precipitación, para un periodo de retorno de 100 años, a manera de ejemplo.

Tabla 7-80 Distribución temporal de la lámina de precipitación de la tormenta (mm), para quebrada de la Canela aguas abajo hasta el sitio AG19 – duración 180 minutos y diferentes períodos de retorno

$\Delta T$	PERÍODO DE RETORNO (AÑOS)					
	2	5	10	25	50	100
10	1,24	1,48	1,91	2,24	2,49	2,74
20	2,07	2,46	3,18	3,74	4,15	4,56
30	1,66	1,97	2,55	2,99	3,32	3,65
40	1,99	2,36	3,06	3,59	3,99	4,38
50	2,69	3,20	4,14	4,86	5,40	5,93
60	3,65	4,34	5,60	6,58	7,31	8,03
70	4,73	5,62	7,26	8,52	9,47	10,40
80	4,64	5,52	7,13	8,37	9,31	10,22
90	3,44	4,09	5,28	6,21	6,90	7,57
100	2,49	2,96	3,82	4,49	4,99	5,47
110	1,95	2,32	2,99	3,51	3,91	4,29
120	1,53	1,82	2,36	2,77	3,07	3,38
130	1,24	1,48	1,91	2,24	2,49	2,74
140	1,04	1,23	1,59	1,87	2,08	2,28
150	0,83	0,99	1,27	1,50	1,66	1,82
160	0,83	0,99	1,27	1,50	1,66	1,82
170	0,50	0,59	0,76	0,90	1,00	1,09
180	0,79	0,94	1,21	1,42	1,58	1,73
Total (mm)	37,3	44,3	57,3	67,3	74,8	82,1

Fuente: INAMHI, 2019

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

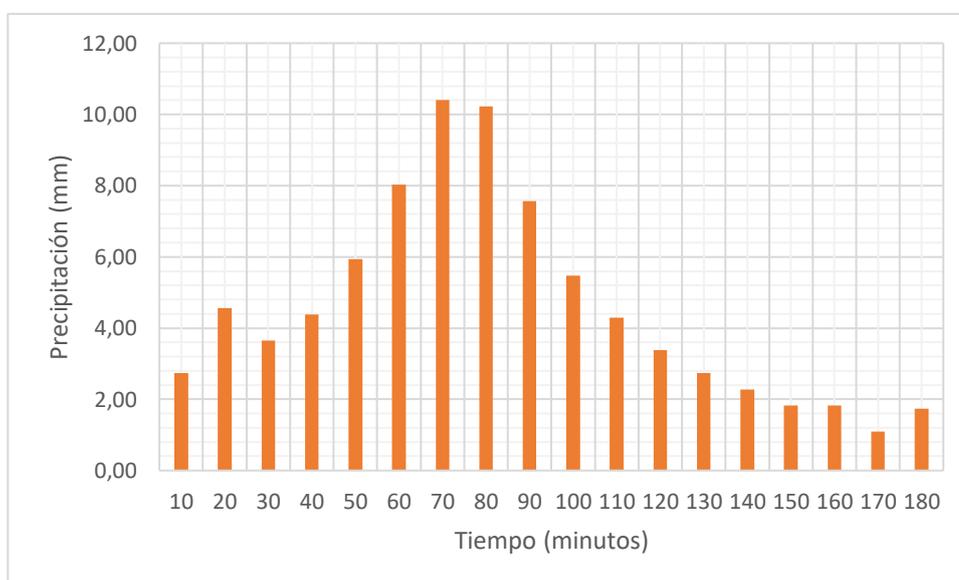


Figura 7-72 Hietograma para un evento de tormenta de 180 min y período de retorno 100 años – para quebrada de la Canela aguas abajo hasta el sitio AG-19

Fuente: INAMHI, 2019

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

#### d. Estimación del Número de curva

Se determinó el número de curva (NC) en función de los Grupos Hidrológicos del Suelo – GHS (definidos a partir de la textura de los suelos), y de la cobertura vegetal en las subcuencas de los sitios de cruce con la línea de transmisión.

Además, para la determinación del NC, se considera la humedad antecedente del suelo (AMC), considerando las siguientes definiciones:

- AMCI: suelo seco, y si las lluvias en los últimos 5 días no exceden de 15 mm;
- AMCII: suelo situación media, si las lluvias en los últimos 5 días varían entre 15 y 40 mm; y,
- AMCIII: suelo húmedo, si las lluvias en los 5 días previos a la tormenta exceden los 40 mm.

Para el presente análisis se toma en consideración una condición de humedad antecedente AMC II.

En la ponderación del Número de Curva, se han considerado los valores de NC del Manual Técnico de Referencia del programa HEC HMS (Marzo, 2000), que se incluye en la Tabla 2-2a del Apéndice A, <https://www.hec.usace.army.mil/confluence/hmsdocs/hmstrm/cn-tables>.

La ponderación del número de curva en cada subcuenca se realiza aplicando la siguiente relación:

$$NC \text{ ponderado} = \frac{\sum A_i NC_i}{\sum A_i}$$

En donde:

$A_i$  = área de la subcuenca para la cobertura o uso del suelo  $i$  ( $\text{km}^2$ )

$NC_i$  = número de curva para la cobertura vegetal o uso de suelo  $i$

La Tabla 7-81 presenta el resumen del cálculo del número de curva NC para las subcuencas de interés modeladas.

Tabla 7-81 Número de curva NC para las subcuencas de interés modeladas

CÓD	NOMBRE SUBCUENCA	COBERTURA	TIPO DE SUELO ÁREA GHS (KM2)			NÚMERO DE CURVA			NC II
			B	C	D	B	C	D	
AG-2	Quebrada Sin Nombre 1 aguas abajo	BOSQUE HUMEDO POCO ALTERADO		13,64		60	73	79	73,0
		PASTO CULTIVADO		0,03		69	79	84	
AG-7	Quebrada de la Canela intermedio	BOSQUE HUMEDO MUY ALTERADO		0,04		66	77	83	74,6
		BOSQUE HUMEDO POCO ALTERADO		8,59	2,32	60	73	79	

CÓD	NOMBRE SUBCUENCA	COBERTURA	TIPO DE SUELO ÁREA GHS (KM2)			NÚMERO DE CURVA			NC II
			B	C	D	B	C	D	
		MATORRAL HUMEDO MUY ALTERADO		0,06		67	77	83	
		MATORRAL HUMEDO POCO ALTERADO			0,02	56	70	77	
		PASTO CULTIVADO		0,12	0,01	69	79	84	
		PASTO CULTIVADO CON PRESENCIA DE ARBOLES		0,58	0,19	65	76	82	
		RIO DOBLE		0,03		98	98	98	
AG-9	Quebrada Sin Nombre 2 aguas abajo	BOSQUE HUMEDO MUY ALTERADO		0,10		66	77	83	70,6
		BOSQUE HUMEDO POCO ALTERADO	3,90	6,77		60	73	79	
		MATORRAL HUMEDO MEDIANAMENTE ALTERADO	0,11	0,03		62	74	80	
		MATORRAL HUMEDO POCO ALTERADO	0,01			56	70	77	
		PASTO CULTIVADO	0,78	0,34		56	70	77	
		PASTO CULTIVADO CON PRESENCIA DE ARBOLES	0,32	0,21		56	70	77	
AG-17	Quebrada de la Canela intermedio	BOSQUE HUMEDO MUY ALTERADO		0,04		66	77	83	72,6
		BOSQUE HUMEDO POCO ALTERADO	4,22	20,59	5,91	60	73	79	
		MATORRAL HUMEDO MEDIANAMENTE ALTERADO	0,24			62	74	80	
		MATORRAL HUMEDO MUY ALTERADO	0,07	0,10		67	77	83	
		MATORRAL HUMEDO POCO ALTERADO			0,02	56	70	77	
		PASTO CULTIVADO	0,61	0,93	0,14	69	79	84	
		PASTO CULTIVADO CON PRESENCIA DE ARBOLES	0,84	1,14	0,61	65	76	82	
		RIO DOBLE	0,02	0,07		98	98	98	
AG-19		BOSQUE HUMEDO MUY ALTERADO	0,12	0,59		66	77	83	71,6

CÓD	NOMBRE SUBCUENCA	COBERTURA	TIPO DE SUELO ÁREA GHS (KM2)			NÚMERO DE CURVA			NC II
			B	C	D	B	C	D	
	Quebrada de la Canela aguas abajo	BOSQUE HUMEDO POCO ALTERADO	11,17	33,27	6,17	60	73	79	
		CAÑA DE AZUCAR ARTESANAL	0,03	0,06	0,02	78	85	89	
		CACAO	0,05			78	85	89	
		MATORRAL HUMEDO MEDIANAMENTE ALTERADO	0,45	0,43		62	74	80	
		MATORRAL HUMEDO MUY ALTERADO	0,27	0,38		67	77	83	
		MATORRAL HUMEDO POCO ALTERADO			0,02	56	70	77	
		PASTO CULTIVADO	1,74	2,84	0,26	69	79	84	
		PASTO CULTIVADO CON PRESENCIA DE ARBOLES	1,36	2,63	0,65	65	76	82	
		RIO DOBLE	0,08	0,07		98	98	98	
		VEGETACION HERBACEA HÚMEDA POCO ALTERADA		0,02		69	79	84	
		AG-20	Quebrada Palmales aguas abajo	BOSQUE HUMEDO MUY ALTERADO	0,77	0,19		66	
BOSQUE HUMEDO POCO ALTERADO	19,62			3,42		60	73	79	
MATORRAL HUMEDO MEDIANAMENTE ALTERADO	0,49			0,03		62	74	80	
MATORRAL HUMEDO MUY ALTERADO	0,35			0,01		67	77	83	
MATORRAL HUMEDO POCO ALTERADO	0,06					56	70	77	
PASTO CULTIVADO	5,02			0,54		69	79	84	
PASTO CULTIVADO CON PRESENCIA DE ARBOLES	2,08			0,35		65	76	82	
AG-22	Quebrada Palmales intermedio	BOSQUE HUMEDO POCO ALTERADO	8,16	0,97		60	73	79	64,0
		MATORRAL HUMEDO MEDIANAMENTE ALTERADO	0,27	0,01		62	74	80	

CÓD	NOMBRE SUBCUENCA	COBERTURA	TIPO DE SUELO ÁREA GHS (KM2)			NÚMERO DE CURVA			NC II
			B	C	D	B	C	D	
		MATORRAL HUMEDO MUY ALTERADO	0,19	0,01		67	77		
		MATORRAL HUMEDO POCO ALTERADO	0,06			56	70		
		PASTO CULTIVADO	1,22	0,15		69	79		
		PASTO CULTIVADO CON PRESENCIA DE ARBOLES	0,27	0,10		65	76		

Fuente: MAGAP, 2017

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

#### e. Caudal Base

De acuerdo a los datos de la estación H0966 Mayo AJ Zumbayacu se tiene un caudal base o aporte subterráneo de 15 L/s/km<sup>2</sup>, como aporte medio. Se considera que durante la crecida el aporte subterráneo en época lluviosa es algo mayor, por lo que se toma un caudal base de 30 L/s/km<sup>2</sup>.

Por tanto, en función del área de drenaje de las subcuencas de análisis se estima el caudal base. La Tabla 7-82 incluye el caudal base para las subcuencas de interés analizadas.

Tabla 7-82 Caudal base o aporte subterráneo a las subcuencas de los sitios de captaciones

CÓDIGO	SUBCUENCA	ÁREA KM2	CAUDAL BASE - QB (M3/S)
AG-2	Quebrada Sin Nombre 1 aguas abajo	13,676	0,41
AG-7	Quebrada de la Canela intermedio	11,942	0,358
AG-9	Quebrada Sin Nombre 2 aguas abajo	12,583	0,377
AG-17	Quebrada de la Canela intermedio	35,542	1,066
AG-19	Quebrada de la Canela aguas abajo	62,676	1,88
AG-20	Quebrada Palmales aguas abajo	32,911	0,987
AG-22	Quebrada Palmales intermedio	11,402	0,342

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2023

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

Parámetros del modelo para el cálculo de caudales máximos

En la Tabla 7-83 se resumen los parámetros considerados en el modelo HEC-HMS en el proceso de cálculo de los caudales máximos, para las subcuencas de los sitios de interés analizados para el proyecto minero Porvenir.

Tabla 7-83 Parámetros del modelo para la determinación de los caudales máximos en las subcuencas de interés del proyecto minero Porvenir

CÓD	SUBCUENCA	ÁREA	NC	DURACIÓN	TIEMPO RETARDO	CAUDAL BASE
		KM2	AMC II	(MIN)	(MIN)	(M3/S)
AG-02	Quebrada Sin Nombre 1 aguas abajo	13,676	73.0	75	47	0,410
AG-07	Quebrada de la Canela intermedio	11,942	74.6	75	45	0,358
AG-09	Quebrada Sin Nombre 2 aguas abajo	12,583	70.6	75	45	0,377
AG-17	Quebrada de la Canela intermedio	35,542	72.6	150	82	1,066
AG-19	Quebrada de la Canela aguas abajo	62,676	71.6	180	109	1,880
AG-20	Quebrada Palmales aguas abajo	32,911	64.0	150	81	0,987
AG-22	Quebrada Palmales intermedio	11,402	64.0	90	55	0,342

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2023  
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

Además, se considera:

- $\Delta T$  del hietograma e hidrograma = 5 y 10 min
- Lluvia incremental
- Pérdidas SCS Número de Curva
- Transformación SCS hidrograma unitario sintético
- Caudal base constante mensual

f. Caudales máximos con período de retorno método del hidrograma unitario sintético del SCS

Los caudales máximos de las subcuencas de los sitios de interés del proyecto minero Porvenir determinados con el modelo HEC HMS se presentan en la Tabla 7-84.

Tabla 7-84 Caudales máximos con período de retorno en las subcuencas de los sitios de interés

CÓDIGO	SUBCUENCA	ÁREA	CAUDALES MÁXIMOS CON PERÍODO DE RETORNO (M3/S)					
		KM2	TR2	TR5	TR10	TR25	TR50	TR100
AG-02	Quebrada Sin Nombre 1 aguas abajo	13,676	5,0	9,7	21,4	32,9	42,4	52,5
AG-07	Quebrada de la Canela intermedio	11,942	5,8	10,6	22,3	33,3	42,5	52,2
AG-09	Quebrada Sin Nombre 2 aguas abajo	12,583	3,1	6,6	16,1	25,7	33,8	42,5
AG-17	Quebrada de la Canela intermedio	35,542	12,2	21,3	43,5	64,0	81,3	99,5
AG-19	Quebrada de la Canela aguas abajo	62,676	16,4	29,4	60,5	90,1	114,5	139,1
AG-20	Quebrada Palmales aguas abajo	32,911	2,6	6,4	18,3	30,8	42,0	54,2
AG-22	Quebrada Palmales intermedio	11,402	0,8	2,3	7,4	12,9	18,0	23,5

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2023  
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

Los caudales máximos específicos determinados varían entre 0,1 y 3,6 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>.

El hidrograma de crecida para 25 años de período de retorno para la subcuenca de la quebrada de la Canela aguas abajo AG19, se muestra a continuación en la Figura 7-73.

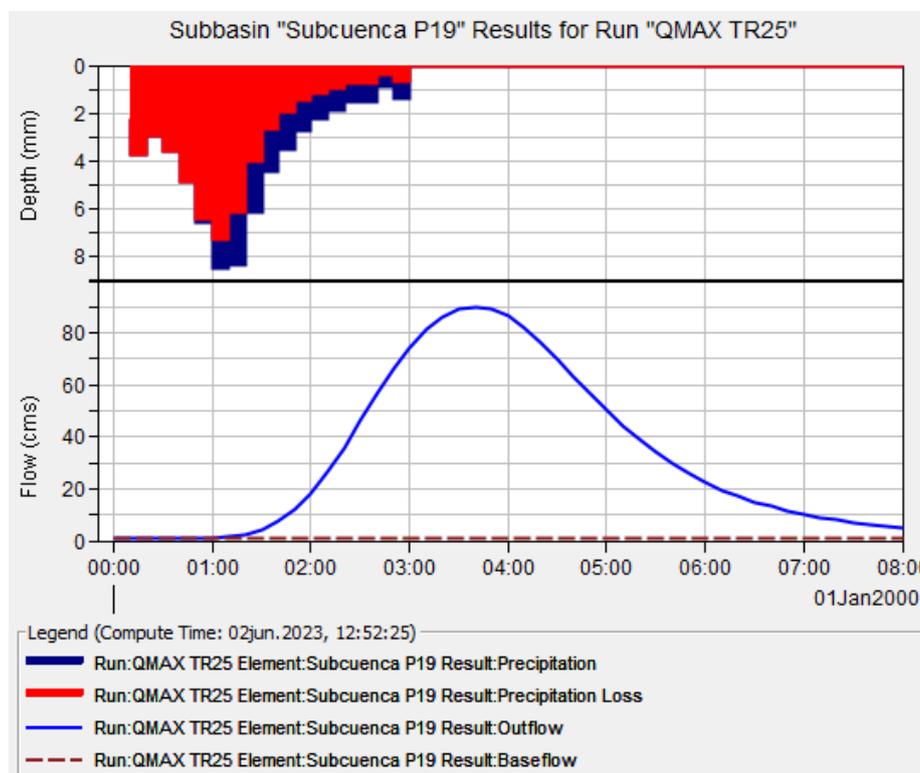


Figura 7-73 Resultados HEC HMS, caudal máximo con período de retorno 25 años para la quebrada de la Canela aguas abajo AG19

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2023  
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

#### 7.1.8.8.4 Caudales máximos con período de retorno método estadístico - subcuencas mayores a 100 km<sup>2</sup>

Con el fin de determinar los caudales máximos para períodos de retorno ( $T_r$ ) de 2, 5, 10, 25, 50, y 100 años en subcuencas con área de drenaje con áreas de drenaje mayores a 100 km<sup>2</sup>, se consideró la información de caudales máximos instantáneos de la estación H0966 Mayo AJ Qda. Zumbayacu y se aplicó el método estadístico-probabilístico.

Posteriormente se realiza la transposición de caudales máximos a los sitios de interés. La transposición se realiza mediante relación entre áreas de drenaje.

La serie de caudales máximos de la estación H0966 Mayo AJ Qda. Zumbayacu, conformada para el análisis, se incluye en la Tabla 7-85.

Tabla 7-85 Serie de caudales máximos instantáneos en la estación H0881 Bomboiza AJ Zamora

AÑO	CAUDAL MÁXIMO INSTANTÁNEO (M3/S)
1982	477,1

<b>AÑO</b>	<b>CAUDAL MÁXIMO INSTANTÁNEO (M3/S)</b>
1983	654,4
1985	609,5
1986	
1987	847,2
1988	
1989	557,8
1990	778,9
1991	
1992	666,6
1995	
1996	431,8
2001	
2002	508,6
2003	1192,0
2004	1298,8
2005	1154,8
2006	
2007	1374,2
2008	1062,3
2009	1050,6
2010	1545,2
2011	1486,7
2012	716,8
2013	1545,2
1982	477,1
1983	654,4
1985	609,5
1986	
Med	945,18
Min	431,80
Max	1545,25
S	382,95
Cs	0,29

Fuente: INAMHI,2015

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

Entonces considerando el coeficiente de asimetría de 0,29 y aplicando una distribución de probabilidades tipo Pearson III, se ajustan los valores de caudales máximos instantáneos.

El análisis de frecuencias hidrológicas para la determinación de la magnitud de eventos se realiza observando el mejor ajuste de una distribución de probabilidades, en este caso la distribución Gumbel. De acuerdo con Chow (1951), la técnica analítica de frecuencias puede ser reducida a la forma:

$$XT = Xmed + S KT$$

XT – magnitud del evento que tiene un periodo de retorno T (m<sup>3</sup>/s)

Xmed – valor medio (m<sup>3</sup>/s)

S – Desviación estándar (m<sup>3</sup>/s)

KT – Factor de frecuencia, propios de cada distribución de probabilidad.

Adicionalmente, se aplicó el test de bondad de ajuste de Kolmogorov Smirnov, determinándose que los datos de la serie de caudales máximos se ajustan a la distribución de probabilidades tipo Gamma o Pearson III.

La Figura 7-74 muestra a ajuste de los datos a una distribución de probabilidades tipo Gamma o Pearson III.

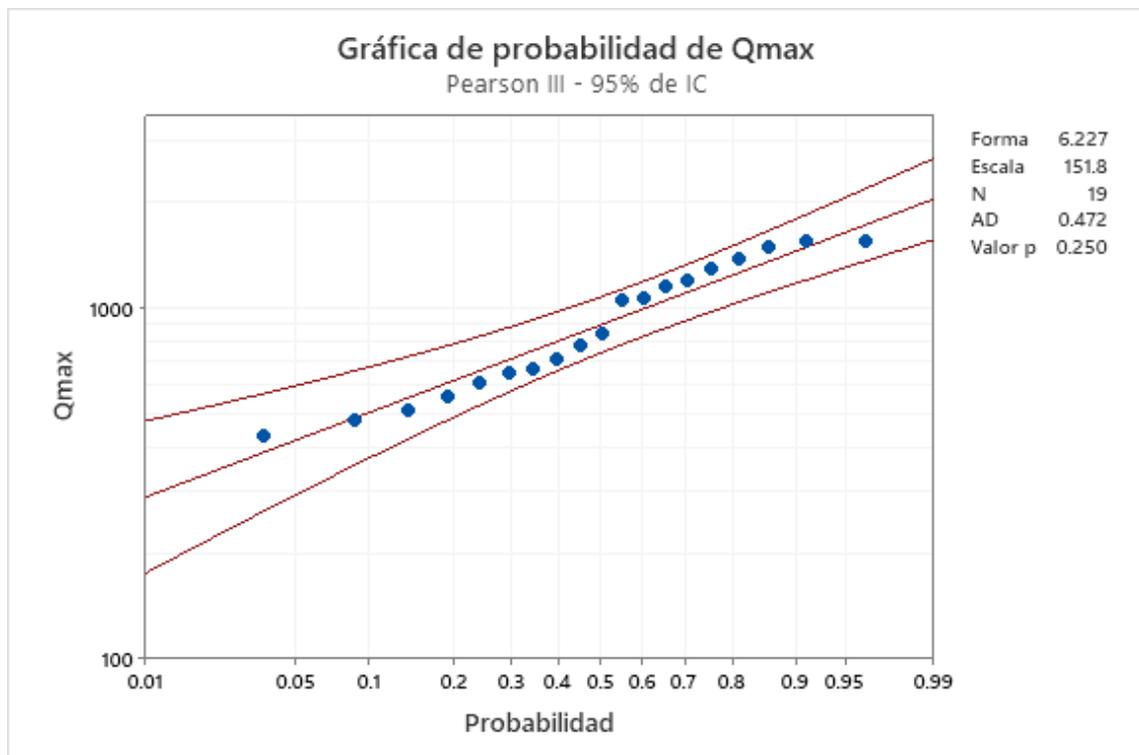


Figura 7-74 Ajuste de los datos de caudales máximos instantáneos a una distribución de probabilidades Pearson III.

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2023  
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

En la Tabla 7-86 se incluyen los valores de los caudales máximos con período de retorno determinados para la estación H0966 Mayo AJ Qda. Zumbayacu, aplicando la distribución de probabilidades Pearson III.

Tabla 7-86 Caudales máximos con período de retorno en la estación H0996 Mayo AJ Zumbayacu

PERÍODO DE RETORNO (AÑOS)	CAUDAL MÁXIMO (M3/S)
2	894,0
5	1243,4
10	1457,1
25	1709,5
50	1886,3
100	2054,9

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2023  
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

En la Tabla 7-87 se presentan los caudales máximos con período de retorno determinados para las subcuencas de interés con áreas de drenaje mayores a 100 km<sup>2</sup>.

Tabla 7-87 Caudales máximos con período de retorno para las subcuencas de interés, método estadístico

CÓDIGO	NOMBRE SUBCUENCA	ÁREA SUBCUENCA (KM2)	CAUDALES MÁXIMOS CON PERÍODO DE RETORNO (M3/S)					
			TR2	TR5	TR10	TR25	TR50	TR100
AG-01	Río Loyola agua arriba	108,066	37,7	52,5	61,5	72,2	79,6	86,7
AG-08	Río Loyola aguas abajo	156,288	54,6	75,9	88,9	104,4	115,2	125,4
AG-10	Río San Luis aguas arriba	200,147	69,9	97,2	113,9	133,6	147,5	160,6
AG-18	Río Vergel aguas arriba	194,073	67,8	94,3	110,5	129,6	143,0	155,8
AG-21	Río Vergel aguas abajo	309,535	108,1	150,3	176,2	206,7	228,1	248,5
AG-24	Río San Luis aguas abajo	223,220	77,9	108,4	127,0	149,0	164,5	179,2

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2023  
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

El caudal específico máximo para un periodo de retorno de 100 años es de 0,80 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>.

#### 7.1.8.9 Niveles medios y de crecida en las secciones de interés – riesgos naturales hidrometeorológicos hacia el proyecto

Se han evaluado los niveles del agua los sitios de interés para los caudales medios y para eventos de crecida ordinario y extraordinario, con período de retorno de 5 y 25 años, considerando las secciones transversales de los cauces levantados durante la fase de campo y en algunos casos obtenida del Modelo de Elevación Digital del terreno.

Para generar relaciones entre niveles y caudales de crecida, se realizó la modelación hidráulica aplicando la ecuación de Manning, en el programa Flow Máster. Considerando un modelo de flujo permanente y uniforme.

Para el cálculo, el programa utiliza la ecuación de Manning<sup>11</sup>:

$$Q = 1/\eta \times A \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

Donde:

Q: Capacidad Hidráulica del canal (m<sup>3</sup>/s).

n: coeficiente de rugosidad de Manning.

A: Área de la sección Transversal (m<sup>2</sup>).

R: Radio hidráulico (m<sup>2</sup>/m).

S: Gradiente hidráulico (m/m).

Se han definido secciones considerando la información de las secciones de los sitios de aforo y las secciones transversales que se han obtenido a partir del modelo de elevación digital del JAXA-NASA, 2012, de la imagen ALOS PALSAR 12 x 12 m.

A continuación, se muestran las secciones transversales de los sitios de interés AG01 (levantada en campo) y AG24 (modelo de elevación digital) a manera de ejemplo, En el Anexo B. Línea\_Base, carpeta B1. Componente Físico, subcarpeta 6. Hidrología, Documento 4 y documento 7 se incluyen las secciones de cada uno de los sitios de interés.

La Figura 7-75 muestra la sección transversal del río Loyola aguas arriba en AG01, levantada en campo.

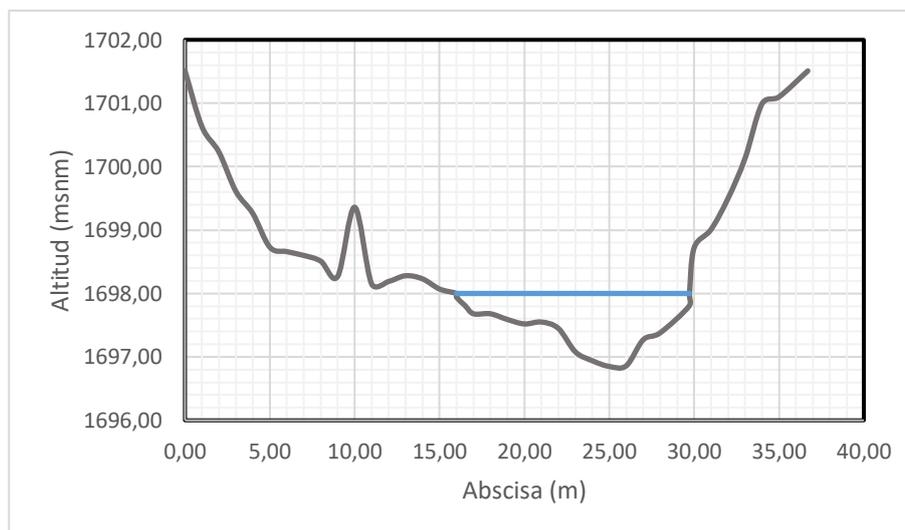


Figura 7-75 Sección transversal del río Loyola aguas arriba en AG1

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2023

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

La Figura 7-76 presenta la sección transversal de la quebrada Sin Nombre 2 (aguas abajo) en AG2, obtenida el modelo de elevación digital del terreno.

<sup>11</sup> Hidráulica de canales abiertos, Ven Te Chow, 1994. Cálculo de flujo uniforme, página 127.

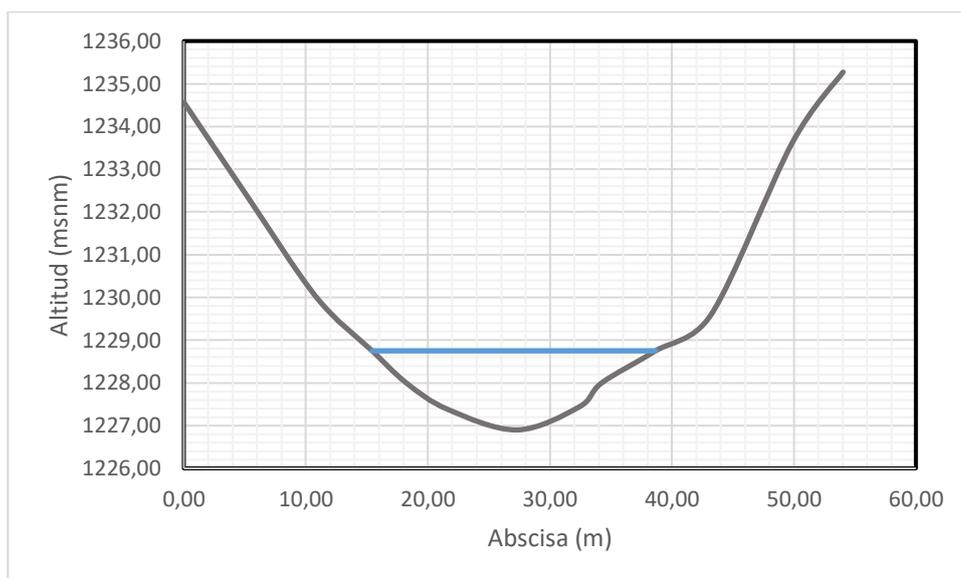


Figura 7-76 Sección transversal de la quebrada Sin Nombre 2 (aguas abajo) en AG2

Fuente: JAXA - NASA, 2012

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

a. Pendiente de cauce aguas abajo del tramo de análisis

En la Tabla 7-88 se presentan las pendientes de los cauces en el tramo de las secciones de interés del proyecto minero Porvenir.

Tabla 7-88 Pendiente del cauce en las secciones de interés del proyecto minero Porvenir

CÓD	NOMBRE SUBCUENCA	ÁREA SUBCUENCA (KM2)	PENDIENTE S (M/M)
AG-01	Río Loyola agua arriba	108,066	0,0030
AG-02	Quebrada Sin Nombre 1 aguas abajo	13,676	0,0124
AG-03	Quebrada Sin Nombre 1 aguas arriba A	5,189	0,0026
AG-06	Quebrada Sin Nombre 1 aguas arriba B	1,494	0,0138
AG-05	Quebrada de la Canela cabecera	0,707	0,0029
AG-06	Quebrada Sin Nombre 2 cabecera A	0,408	0,0011
AG-07	Quebrada de la Canela intermedio	11,942	0,0031
AG-08	Río Loyola aguas abajo	156,288	0,0058
AG-09	Quebrada Sin Nombre 2 aguas abajo	12,583	0,0098
AG-10	Río San Luis aguas arriba	200,147	0,0113
AG-11	Quebrada Sin Nombre 3 aguas abajo	5,297	0,0745
AG-12	Quebrada Sin Nombre 3 aguas arriba	0,370	0,0471
AG-13	Quebrada Sin Nombre 4 aguas arriba	0,332	0,0024
AG-14	Quebrada Sin Nombre 2 cabecera B	0,163	0,0076
AG-15	Quebrada Palmales aguas arriba	0,282	0,0002
AG-16	Quebrada Sin Nombre 5 cabecera	0,166	0,0028
AG-17	Quebrada de la Canela intermedio	35,542	0,0036

CÓD	NOMBRE SUBCUENCA	ÁREA SUBCUENCA (KM2)	PENDIENTE S (M/M)
AG-18	Rio Vergel aguas arriba	194,073	0,0161
AG-19	Quebrada de la Canela aguas abajo	62,676	0,0051
AG-20	Quebrada Palmales aguas abajo	32,911	0,0039
AG-21	Rio Vergel aguas abajo	309,535	0,0198
AG-22	Quebrada Palmales intermedio	11,402	0,0035
AG-23	Quebrada Sin Nombre 4 aguas arriba	4,777	0,0021
AG-24	Río San Luis aguas abajo	223,220	0,0272

Fuente: JAXA - NASA, 2012

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

#### b. Coeficiente de Rugosidad de Manning

Para el cálculo del valor del coeficiente de rugosidad de Manning se utiliza la expresión desarrollada por el Servicio de Conservación de Suelos SCS (FASKEN, 1963), y descrito por (FRENCH, 1985). En esta expresión para estimar los valores del coeficiente n se selecciona un valor de coeficiente base para el cauce y luego se adicionan factores de corrección, aplicando la siguiente relación<sup>12</sup>:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) n_5$$

n<sub>0</sub> = valor base para cauces rectos y uniformes. Se obtiene de la Tabla 7-89

n<sub>1</sub> = valor adicional por la irregularidad en la sección recta

n<sub>2</sub> = valor adicional por variaciones en el cauce

n<sub>3</sub> = valor adicional por obstrucciones

n<sub>4</sub> = valor adicional por vegetación

n<sub>5</sub> = factor multiplicador por sinuosidad

Tabla 7-89 Coeficientes de rugosidad de Manning

TIPO DE CAUCE Y DESCRIPCIÓN	VALOR DE N		
	MÍNIMO	NORMAL	MÁXIMO
D, Cauces naturales menores (ancho del nivel de crecida menor que 30 m)			
D1) Cauces en planicie			
1) Limpio, recto, nivel lleno, sin fallas o pozos profundos	0,025	0,030	0,033
2) Igual que arriba pero más piedras y pastos	0,030	0,035	0,040
3) Limpio, curvado, algunos pozos y bancos	0,033	0,040	0,045
4) Igual que arriba, pero algunos pastos y piedras	0,035	0,045	0,050
5) Igual que arriba, niveles más bajos, pendiente y secciones más inefectivas	0,040	0,048	0,055
6) Igual que 4, pero más piedras	0,045	0,050	0,060
7) Tramos sucios, con pastos y pozos profundos	0,050	0,070	0,080
8) Tramos con muchos pastos, pozos profundos o recorridos de la crecida con mucha madera o arbustos bajos	0,075	0,100	0,150

<sup>12</sup> Hidráulica de canales abiertos, Ven Te Chow, 1994. Flujo uniforme y sus ecuaciones, página 104.

TIPO DE CAUCE Y DESCRIPCIÓN	VALOR DE N		
	MÍNIMO	NORMAL	MÁXIMO
D2) Cauces de montaña, sin vegetación en el canal, laderas con pendientes usualmente pronunciadas, árboles y arbustos a lo largo de las laderas y sumergidos para niveles altos			
1) Fondo: grava, canto rodado y algunas rocas	0,030	0,040	0,050
2) Fondo: canto rodado y algunas rocas	0,040	0,050	0,070

Fuente: Hidrología Aplicada, Ven Te Chow, 1984

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

La Tabla 7-90 presenta los valores típicos para la corrección del coeficiente de Manning.

Tabla 7-90 Valores de Corrección del Coeficiente (n) de Manning

EFFECTO	FACTOR	CONDICIÓN	VALOR	COMENTARIO
Irregularidad en la sección recta	n1	Suave	0	Canal muy liso
		Pequeña	0,001 – 0,005	Bancas algo enroscadas
		Moderada	0,006 – 0,010	Lecho y bancas rugosas
		Fuerte	0,011 – 0,020	Bancas muy irregulares
Variaciones en el cauce	n2	Gradual	0,000	Cambios graduales
		Alternado ocasionalmente	0,001 – 0,005	Cambios ocasionales de secciones pequeñas a grandes
		Alternando frecuentemente	0,010 – 0,015	Cambios frecuentes en la forma de la sección recta
Obstrucciones	n3	Despreciables	0,000 – 0,004	Obstrucción menor que el 5% de la sección recta
		Pocas	0,005 – 0,015	Obstrucción entre el 5% y el 15% de la sección recta
		Algunas	0,020 – 0,030	Obstrucción entre el 15% y el 50% de la sección
		Muchas	0,040 – 0,060	Obstrucción mayor que el 50%
Vegetación	n4	Poca	0,002 – 0,010	Profundidad del flujo mayor que 2 veces la altura de la vegetación
		Mucha	0,010 – 0,025	Profundidad del flujo mayor que la altura de vegetación
		Bastante	0,025 – 0,050	Profundidad del flujo menor que la altura de vegetación
		Excesiva	0,050 – 0,100	Profundidad del flujo menor que 0.5 la altura de la vegetación
Sinuosidad	n5	Pequeña	1,00	Sinuosidad < 1,2
		Media	1,15	1,2 < sinuosidad < 1,5
		Fuerte	1,30	Sinuosidad > 1,5

Fuente: Richardson E. V., Simons D. B. y Julien P. Y., 1990.

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

Para los cauces del área de estudio considerando los factores mencionados se estiman coeficientes de Manning entre 0,055 y 0,065.

Las mediciones (aforo líquido) realizadas en campo se han calibrado los parámetros hidráulicos en cada sección de interés, y en función del coeficiente de Manning estimado sirve para determinar luego los niveles medios y máximos.

La Tabla 7-91 presenta las características hidráulicas de las secciones asociadas a los sitios de interés en el proyecto minero Porvenir.

Tabla 7-91 Niveles y características hidráulicas de las secciones de interés para las mediciones de aforos líquidos (calibración)

CÓD	NOMBRE SUBCUENCA	N	PENDIENTE S (M/M)	CAUDAL Q (M3/S)	CALADO H (M)	ÁREA A (M2)	ANCHO B (M)	VELOCIDAD V (M/S)
AG-01	Río Loyola agua arriba	0,060	0,0030	5,576	1,15	8,565	13,73	0,65
AG-02	Quebrada Sin Nombre 1 aguas abajo	0,060	0,0124	0,911	0,33	1,439	7,05	0,63
AG-03	Quebrada Sin Nombre 1 aguas arriba A	0,055	0,0026	0,390	0,35	1,130	4,70	0,35
AG-06	Quebrada Sin Nombre 1 aguas arriba B	0,065	0,0138	0,098	0,16	0,240	2,15	0,41
AG-05	Quebrada de la Canela cabecera	0,065	0,0029	0,078	0,19	0,352	2,50	0,22
AG-06	Quebrada Sin Nombre 2 cabecera A	0,055	0,0011	0,009	0,14	0,083	0,90	0,11
AG-07	Quebrada de la Canela intermedio	0,065	0,0031	0,752	0,75	1,998	6,25	0,38
AG-08	Río Loyola aguas abajo	0,055	0,0058	8,450	0,76	10,589	24,24	0,80
AG-09	Quebrada Sin Nombre 2 aguas abajo	0,065	0,0098	0,416	0,32	0,796	3,80	0,52
AG-10	Río San Luis aguas arriba	0,055	0,0113	17,252	0,93	13,700	26,00	1,26
AG-11	Quebrada Sin Nombre 3 aguas abajo	0,065	0,0745	0,232	0,17	0,232	1,80	1,00
AG-12	Quebrada Sin Nombre 3 aguas arriba	0,065	0,0471	0,016	0,09	0,032	0,50	0,50
AG-13	Quebrada Sin Nombre 4 aguas arriba	0,060	0,0024	0,010	0,15	0,066	0,65	0,15
AG-14	Quebrada Sin Nombre 2 cabecera B	0,065	0,0076	0,0046	0,08	0,025	0,40	0,19
AG-15	Quebrada Palmales aguas arriba	0,060	0,0002	0,0057	0,19	0,099	0,65	0,06

CÓD	NOMBRE SUBCUENCA	N	PENDIENTE S (M/M)	CAUDAL Q (M3/S)	CALADO H (M)	ÁREA A (M2)	ANCHO B (M)	VELOCIDAD V (M/S)
AG-16	Quebrada Sin Nombre 5 cabecera	0,060	0,0028	0,0078	0,10	0,058	0,87	0,14
AG-17	Quebrada de la Canela intermedio	0,065	0,0036	1,525	0,78	2,925	6,00	0,52
AG-18	Rio Vergel aguas arriba	0,060	0,0161	14,079	0,65	11,493	26,03	1,22
AG-19	Quebrada de la Canela aguas abajo	0,065	0,0051	5,017	0,68	7,730	16,50	0,65
AG-20	Quebrada Palmales aguas abajo	0,060	0,0039	0,925	0,56	1,872	5,25	0,49
AG-21	Rio Vergel aguas abajo	0,065	0,0198	21,871	0,91	15,223	28,03	1,44
AG-22	Quebrada Palmales intermedio	0,060	0,0035	0,331	0,70	1,083	5,50	0,31
AG-23	Quebrada Sin Nombre 4 aguas arriba	0,060	0,0021	0,105	0,36	0,487	2,90	0,22

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2023  
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

La Figura 7-77 muestra los resultados de calibración del río Loyola aguas arriba en AG1.



Figura 7-77 Resultados de Flow master calibración aforo en la sección transversal del río Loyola aguas arriba en AG1

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2023  
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

### 7.1.8.9.1 Niveles medios

La Tabla 7-92 presenta las características hidráulicas de los sitios de interés en el proyecto minero Porvenir para el caudal medio.

Tabla 7-92 Niveles y características hidráulicas en los sitios de interés del proyecto minero Porvenir para el caudal medio

CÓD	NOMBRE SUBCUENCA	N	PENDIENTE S (M/M)	CAUDAL QMED (M3/S)	CALADO H (M)	ÁREA A (M2)	ANCHO B (M)	VELOCIDAD V (M/S)
AG-01	Río Loyola agua arriba	0,060	0,0030	5,676	1,16	8,691	13,86	0,65
AG-02	Quebrada Sin Nombre 1 aguas abajo	0,060	0,0124	0,787	0,31	1,312	6,99	0,60
AG-03	Quebrada Sin Nombre 1 aguas arriba A	0,055	0,0026	0,298	0,31	0,946	4,55	0,32
AG-06	Quebrada Sin Nombre 1 aguas arriba B	0,065	0,0138	0,086	0,15	0,219	2,09	0,39
AG-05	Quebrada de la Canela cabecera	0,065	0,0029	0,064	0,17	0,309	2,43	0,21
AG-06	Quebrada Sin Nombre 2 cabecera A	0,055	0,0011	0,014	0,17	0,115	1,09	0,12
AG-07	Quebrada de la Canela intermedio	0,065	0,0031	0,687	0,73	1,881	6,17	0,37
AG-08	Río Loyola aguas abajo	0,055	0,0058	8,655	0,77	10,829	24,73	0,80
AG-09	Quebrada Sin Nombre 2 aguas abajo	0,065	0,0098	0,721	0,41	1,151	4,15	0,63
AG-10	Río San Luis aguas arriba	0,055	0,0113	11,299	0,78	10,041	22,55	1,13
AG-11	Quebrada Sin Nombre 3 aguas abajo	0,065	0,0745	0,272	0,19	0,262	1,92	1,04
AG-12	Quebrada Sin Nombre 3 aguas arriba	0,065	0,0471	0,021	0,10	0,039	0,55	0,53
AG-13	Quebrada Sin Nombre 4 aguas arriba	0,060	0,0024	0,019	0,20	0,105	0,78	0,18
AG-14	Quebrada Sin Nombre 2 cabecera B	0,065	0,0076	0,007	0,11	0,040	0,75	0,18
AG-15	Quebrada Palmales aguas arriba	0,060	0,0002	0,016	0,32	0,229	1,23	0,07
AG-16	Quebrada Sin Nombre 5 cabecera	0,060	0,0028	0,010	0,14	0,095	1,01	0,17
AG-17	Quebrada de la Canela intermedio	0,065	0,0036	2,095	0,92	3,959	8,20	0,53
AG-18	Río Vergel aguas arriba	0,060	0,0161	12,134	0,61	10,391	25,29	1,17
AG-19	Quebrada de la Canela aguas abajo	0,065	0,0051	3,919	0,59	6,334	14,59	0,62

CÓD	NOMBRE SUBCUENCA	N	PENDIENTE S (M/M)	CAUDAL QMED (M3/S)	CALADO H (M)	ÁREA A (M2)	ANCHO B (M)	VELOCIDAD V (M/S)
AG-20	Quebrada Palmales aguas abajo	0,060	0,0039	1,893	0,77	3,022	5,86	0,63
AG-21	Río Vergel aguas abajo	0,065	0,0198	19,354	0,86	13,927	26,96	1,39
AG-22	Quebrada Palmales intermedio	0,060	0,0035	0,656	0,81	1,843	7,65	0,36
AG-23	Quebrada Sin Nombre 4 aguas arriba	0,060	0,0021	0,272	0,50	0,891	2,95	0,31
AG-24	Río San Luis aguas abajo	0,060	0,0272	12,681	0,87	7,218	14,00	1,76

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2023  
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

La Figura 7-78 muestra los resultados del nivel medio del río Loyola aguas arriba en AG-01.



Figura 7-78 Resultados del nivel medio en la sección transversal del río Loyola aguas arriba en AG1

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2023  
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

### 7.1.8.9.2 Niveles de crecida ordinarios

La Tabla 7-93 presenta las características hidráulicas en los sitios de interés del proyecto minero Porvenir para las crecidas ordinarias con un período de retorno de 5 años.

Tabla 7-93 Niveles máximos y características hidráulicas de las secciones del sitio de interés en el proyecto minero Porvenir para un período de retorno de 5 años – crecida ordinaria

CÓD	NOMBRE SUBCUENCA	N	PENDIENTE S (M/M)	CAUDAL QMAX TR5 (M3/S)	CALADO H (M)	ÁREA A (M2)	ANCHO B (M)	VELOCIDAD V (M/S)
AG-01	Río Loyola agua arriba	0,060	0,0030	52,485	2,74	45,21	29,06	1,16
AG-02	Quebrada Sin Nombre 1 aguas abajo	0,060	0,0124	9,700	0,99	6,54	8,27	1,48
AG-03	Quebrada Sin Nombre 1 aguas arriba A	0,055	0,0026	23,087	2,75	19,50	10,82	1,18
AG-06	Quebrada Sin Nombre 1 aguas arriba B	0,065	0,0138	10,454	1,28	6,91	7,68	1,51
AG-05	Quebrada de la Canela cabecera	0,065	0,0029	7,097	1,57	9,13	9,25	0,78
AG-06	Quebrada Sin Nombre 2 cabecera A	0,055	0,0011	1,969	0,99	4,78	7,50	0,41
AG-07	Quebrada de la Canela intermedio	0,065	0,0031	10,600	1,93	12,39	10,72	0,86
AG-08	Río Loyola aguas abajo	0,055	0,0058	75,906	1,89	52,77	49,38	1,44
AG-09	Quebrada Sin Nombre 2 aguas abajo	0,065	0,0098	6,600	1,27	7,42	15,53	0,89
AG-10	Río San Luis aguas arriba	0,055	0,0113	97,207	1,58	60,60	79,64	1,60
AG-11	Quebrada Sin Nombre 3 aguas abajo	0,065	0,0745	21,151	1,03	6,92	10,01	3,06
AG-12	Quebrada Sin Nombre 3 aguas arriba	0,065	0,0471	2,947	0,80	1,78	4,64	1,65
AG-13	Quebrada Sin Nombre 4 aguas arriba	0,060	0,0024	2,321	1,61	4,71	8,67	0,49
AG-14	Quebrada Sin Nombre 2 cabecera B	0,065	0,0076	0,935	0,65	1,42	3,80	0,66
AG-15	Quebrada Palmales aguas arriba	0,060	0,0002	1,976	2,32	8,09	6,30	0,24
AG-16	Quebrada Sin Nombre 5 cabecera	0,060	0,0028	1,323	1,17	2,35	3,14	0,56

CÓD	NOMBRE SUBCUENCA	N	PENDIENTE S (M/M)	CAUDAL QMAX TR5 (M3/S)	CALADO H (M)	ÁREA A (M2)	ANCHO B (M)	VELOCIDAD V (M/S)
AG-17	Quebrada de la Canela intermedio	0,065	0,0036	21,300	2,21	22,07	18,97	0,97
AG-18	Rio Vergel aguas arriba	0,060	0,0161	94,257	1,61	44,98	45,48	2,10
AG-19	Quebrada de la Canela aguas abajo	0,065	0,0051	29,400	1,38	32,68	43,38	0,90
AG-20	Quebrada Palmales aguas abajo	0,060	0,0039	6,400	1,36	7,10	7,71	0,90
AG-21	Rio Vergel aguas abajo	0,065	0,0198	150,334	2,07	57,99	43,87	2,59
AG-22	Quebrada Palmales intermedio	0,060	0,0035	2,300	1,09	4,04	8,12	0,57
AG-23	Quebrada Sin Nombre 4 aguas arriba	0,060	0,0021	18,379	2,70	19,13	10,80	0,96
AG-24	Río San Luis aguas abajo	0,060	0,0272	108,413	2,19	33,74	26,28	3,21

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2023  
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

La Figura 7-79 muestra los resultados del nivel de crecida para un período de retorno de 5 años del río Loyola aguas arriba en AG-01.

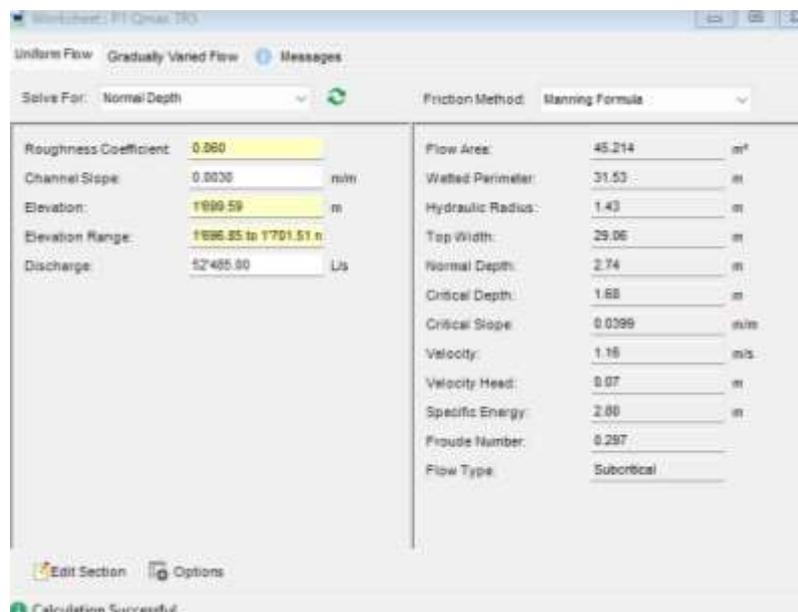




Figura 7-79 Resultados de Flow master nivel de crecida TR 5 años en la sección transversal del río Loyola aguas arriba en AG-01

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2023  
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

### 7.1.8.9.3 Niveles de crecida extraordinarios

La Tabla 7-94 presenta las características hidráulicas en los sitios de interés del proyecto minero Porvenir para las crecidas ordinarias con un período de retorno de 25 años.

Tabla 7-94 Niveles máximos y características hidráulicas de las secciones del sitio de interés del proyecto minero Porvenir para un período de retorno de 25 años.

CÓD	NOMBRE SUBCUENCA	N	PENDIENTE S (M/M)	CAUDAL QMAX TR5 (M3/S)	CALADO H (M)	ÁREA A (M2)	ANCHO B (M)	VELOCIDAD V (M/S)
AG-01	Río Loyola agua arriba	0,060	0,0030	72,158	3,09	55,661	30,22	1,30
AG-02	Quebrada Sin Nombre 1 aguas abajo	0,060	0,0124	32,900	1,89	15,194	10,43	2,17
AG-03	Quebrada Sin Nombre 1 aguas arriba A	0,055	0,0026	40,427	3,57	29,047	12,25	1,39
AG-06	Quebrada Sin Nombre 1 aguas arriba B	0,065	0,0138	18,307	1,68	10,127	8,31	1,81
AG-05	Quebrada de la Canela cabecera	0,065	0,0029	12,428	2,01	13,394	10,07	0,93
AG-06	Quebrada Sin Nombre 2 cabecera A	0,055	0,0011	3,448	1,27	6,894	7,82	0,50
AG-07	Quebrada de la Canela intermedio	0,065	0,0031	33,300	3,21	28,728	15,67	1,16
AG-08	Río Loyola aguas abajo	0,055	0,0058	104,356	2,12	64,414	50,22	1,62

CÓD	NOMBRE SUBCUENCA	N	PENDIENTE S (M/M)	CAUDAL QMAX TR5 (M3/S)	CALADO H (M)	ÁREA A (M2)	ANCHO B (M)	VELOCIDAD V (M/S)
AG-09	Quebrada Sin Nombre 2 aguas abajo	0,065	0,0098	25,700	1,88	18,043	18,32	1,42
AG-10	Río San Luis aguas arriba	0,055	0,0113	133,642	1,74	73,500	79,89	1,82
AG-11	Quebrada Sin Nombre 3 aguas abajo	0,065	0,0745	37,037	1,33	9,892	10,14	3,74
AG-12	Quebrada Sin Nombre 3 aguas arriba	0,065	0,0471	5,161	1,01	3,097	8,13	1,67
AG-13	Quebrada Sin Nombre 4 aguas arriba	0,060	0,0024	4,064	1,84	6,821	9,20	0,60
AG-14	Quebrada Sin Nombre 2 cabecera B	0,065	0,0076	1,638	0,82	2,160	4,64	0,76
AG-15	Quebrada Palmales aguas arriba	0,060	0,0002	3,461	2,92	12,224	7,52	0,28
AG-16	Quebrada Sin Nombre 5 cabecera	0,060	0,0028	2,317	1,52	3,494	3,37	0,66
AG-17	Quebrada de la Canela intermedio	0,065	0,0036	64,000	3,36	45,138	20,94	1,42
AG-18	Rio Vergel aguas arriba	0,060	0,0161	129,586	1,86	57,349	51,79	2,26
AG-19	Quebrada de la Canela aguas abajo	0,065	0,0051	90,100	2,13	67,415	49,00	1,34
AG-20	Quebrada Palmales aguas abajo	0,060	0,0039	30,800	2,98	20,981	9,08	1,47
AG-21	Rio Vergel aguas abajo	0,065	0,0198	206,682	2,39	72,443	47,45	2,85
AG-22	Quebrada Palmales intermedio	0,060	0,0035	12,900	2,08	12,525	9,31	1,03
AG-23	Quebrada Sin Nombre 4 aguas arriba	0,060	0,0021	32,184	3,52	28,668	12,70	1,12
AG-24	Río San Luis aguas abajo	0,060	0,0272	149,048	2,51	42,580	29,13	3,50

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2023  
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

La Figura 7-80 muestra los resultados del nivel de crecida para un período de retorno de 25 años del río Loyola aguas arriba en AG-01.

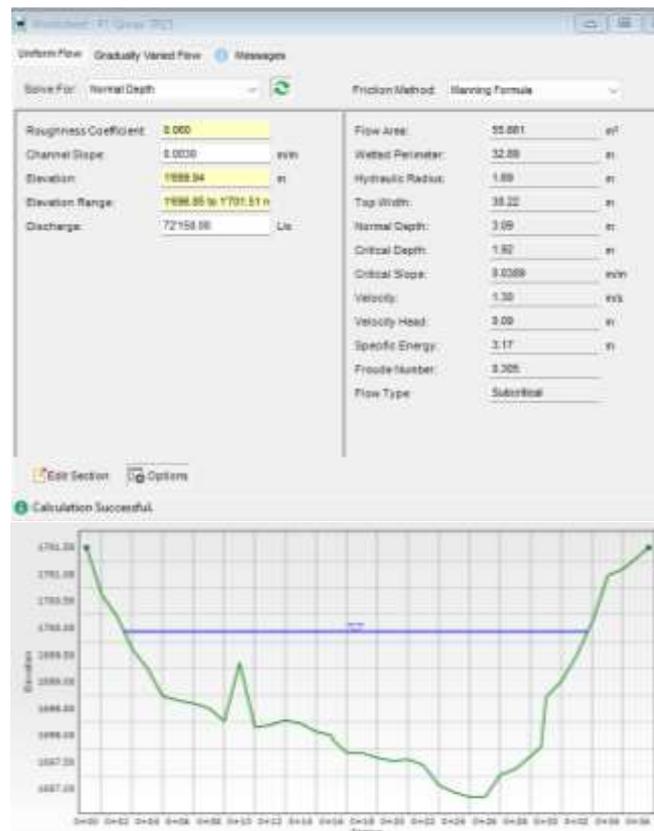


Figura 7-80 Resultados de Flow master nivel de crecida TR 25 años en la sección transversal del río Loyola aguas arriba en AG-01

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2023  
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

La infraestructura asociada a las actividades de exploración avanzada como plataformas, áreas de soporte, campamentos se deberán ubicar en las proximidades de los cauces, se deberá considerar los niveles de crecida para minimizar los riesgos naturales hacia el proyecto por la ocurrencia de caudales máximos.

En el Anexo B. Línea\_Base, carpeta B1. Componente Físico, subcarpeta 6. Hidrología, Documento 7 se incluyen los resultados del programa Flow Master para la determinación de los parámetros hidráulicos en las secciones de interés asociadas al proyecto minero Porvenir.

#### 7.1.8.10 Conclusiones

- Green Rock Resources S.A. ejecutará actividades de exploración avanzada en el proyecto minero Porvenir cuya área operativa se ubica dentro de las concesiones mineras Porvenir 1 (Cód. 50000879), Porvenir 2 (Cód. 50000876), Porvenir 3 (Cód. 50000877) y Porvenir 4 (Cód. 50000878).
- El área de la concesión minera Porvenir 1 (Cód. 50000879) se ubica casi en su totalidad hacia la subcuenca del río San Luis.
- Las concesiones mineras Porvenir 2 (Cód. 50000876) y Porvenir 3 (Cód. 50000877) drenan parcialmente a la subcuenca del río San Luis, y también parcialmente drenan a la subcuenca del río Vergel.

- La concesión minera Porvenir 4 (Cód. 50000878) drena hacia la subcuenca del río Vergel.
- Las subcuencas hidrográficas de interés asociadas al proyecto minero Porvenir drenan hacia los ríos San Luis y Vergel, que son parte del sistema hidrográfico del río Mayo.
- El proyecto minero Porvenir se ubica en la unidad hidrográfica 499949 cuenca del río Numbalá, de acuerdo a la codificación Pfafstetter.
- Se definieron sitios de interés considerando las áreas operativas en las concesiones mineras Porvenir 1 (Cód. 50000879), Porvenir 2 (Cód. 50000876), Porvenir 3 (Cód. 50000877) y Porvenir 4 (Cód. 50000878), para el análisis de la cantidad del recurso hídrico en los orígenes de quebradas, a la salida de las concesiones mineras y en la unión con cauces importantes. Los sitios de interés hidrológico evaluar posibles impactos.
- Las áreas de drenaje asociadas las concesiones mineras del proyecto minero Porvenir, en general son subcuencas pequeñas, con áreas menores a 250 km<sup>2</sup>. La subcuenca del río Vergel aguas abajo en el sitio AG-21 se considera una subcuenca de tamaño intermedio pues tiene un área mayor a 250 km<sup>2</sup>.
- Las subcuencas de interés normalmente son alargadas y algo ovaladas.
- La densidad de drenaje en las subcuencas determina condiciones de drenaje buenas.
- Se identifican pendientes fuertes y muy fuertes en el área de estudio, pendientes entre 40% a 100%, lo que determinan la rápida concentración de escorrentía y determina áreas de potenciales deslizamientos en la zona alta de las subcuencas del proyecto minero Porvenir.
- Para el análisis hidrológico se han considerado los registros de la estación H0966 Mayo AJ Qda. Zumbayacu, considerado los registros de la estación hidrológica del período 1982 – 2013.
- Los suelos predominantes en las subcuencas del proyecto minero Porvenir corresponden a la textura de suelo tipo franco arcillo - arenoso y franco arcilloso, es decir, suelos de los grupos hidrológicos B y C.
- La cobertura principal en el área del proyecto minero Porvenir es bosque húmedo, por tanto, las subcuencas son poco intervenidas. Aunque se identifican áreas de pastos cultivados.
- Los registros de precipitación en las estaciones M0145 Quinara, M0147 Yangana y M0685 Zumba observan un comportamiento bimodal, propio de área del callejón interandino. Mientras los registros de la estación M684 Valladolid observan un comportamiento casi constante a lo largo del año.
- La precipitación media en las subcuencas asociadas al proyecto minero Porvenir es del orden de 1500 a 2000 mm.

- Se ha estimado la evapotranspiración potencial y real en la zona del orden de 760 mm por año.
- El balance hídrico considerando una precipitación del orden de 1770 mm al año, la escorrentía sería del orden de 1010 mm. Se observa un exceso de humedad a lo largo del año, pues las precipitaciones superan a la evapotranspiración, por lo cual se tiene un bosque húmedo, que siempre está verde.
- La escorrentía establecida en base a los registros de la estación hidrológica H0966 Mayo AJ Zumbayacu alcanza una lámina anual de 1970 mm, la diferencia con la escorrentía estimada con el balance indica que las precipitaciones anuales serán mayores en el área del proyecto minero Porvenir.
- Se realizaron mediciones in situ (aforos), aplicando el método velocidad – área, se realizaron mediciones con molinete, con un flujómetro y con flotadores. Las mediciones sirven de referencia para validar los resultados de caudales estimados en las subcuencas de interés.
- El caudal medio mensual determinado para la estación H0966 Mayo AJ Zumbayacu es igual a 159,52 m<sup>3</sup>/s, que corresponde a un caudal específico de 62 l/s/km<sup>2</sup>, considerando un área de drenaje de 2560,16 km<sup>2</sup>.
- Los caudales medios mensuales registrados en la estación H0966 Mayo A.J. Qda. Zumbayacu presentan un valor máximo en el mes de junio y valores mínimos entre octubre a diciembre.
- La curva de duración general (CDG), de la estación H0966 Mayo A.J. Qda. Zumbayacu presenta una forma siempre decreciente, determinando un aporte subterráneo importante, pero el componente superficial de la escorrentía tiene mayor importancia, lo que determina que los caudales en la zona se asocian principalmente a la ocurrencia de las precipitaciones.
- Los usos y aprovechamientos de agua en la subcuenca del río Mayo, son mínimos en relación al caudal medio, por lo que se considera que los datos hidrológicos de la estación como caudales naturales.
- Se registran 274 autorizaciones de uso y aprovechamiento del agua, siendo el consumo principal observado para minería con 65 autorizaciones y un caudal adjudicado de 166,4 L/s. El mayor número de autorizaciones 94 se dan para consumo humano.
- En las subcuencas de interés se registran usos o aprovechamiento de agua. Se registran 86 autorizaciones de agua en las subcuencas del proyecto minero Porvenir. Que suman un caudal de 138 L/s aproximadamente.
- Se registran 6 autorizaciones a favor de Green Rock Resources S.A., una autorización de uso para consumo humano en la concesión Porvenir 2 por un caudal de 0,5 L/s, 3 autorizaciones en la concesión Porvenir 1 cada una con un caudal de 1,5 L/s y 2 autorizaciones de aprovechamiento en la concesión

minera Porvenir 2 cada una con un caudal de 1,5 L/s, el caudal total autorizado es 8,0 L/s.

- Los usos del agua para actividades en plataformas de perforación durante la fase de exploración avanzada son bajos en cuanto a cantidad.
- Los caudales captados para actividades de perforación se reciclan, se deberá mantener en las fuentes hídricas para aprovechamiento de agua del proyecto minero Porvenir el caudal ecológico correspondiente, para minimizar el impacto sobre la cantidad de agua.
- Se estimaron los caudales medios en las subcuencas de interés aplicando el concepto de regionalización y homogeneidad hidrológica, para lo que se consideran las áreas de drenaje y las precipitaciones en cada una de las subcuencas. Se estima un caudal específico medio en las subcuencas del orden de 58 l/s/km<sup>2</sup>.
- Se determinó el caudal ecológico de los sitios de interés, como el 10% del caudal medio anual.
- Las actividades de perforación en las plataformas durante la fase de exploración avanzada deberán considerar la presencia de cauces o drenajes naturales, se deberá evitar realizar actividades en las proximidades de los cauces.
- Los caudales máximos con período de retorno estimados para los sitios de interés son importantes, por lo que es necesario considerar este aspecto durante las actividades de exploración avanzada para minimizar los riesgos naturales hacia la infraestructura y actividades a desarrollar como parte del proyecto minero.
- Se determinaron los niveles normales y de crecida en los principales cauces, en algunos cauces importantes se pueden producir desbordamientos por incremento del nivel de agua. Se deberá considerar la ocurrencia de estos eventos de crecida para ejecutar actividades en zonas próximas a cauces.

### **7.1.9 Calidad de agua**

Para la determinación de la calidad de agua del recurso hídrico, es importante evaluar los factores que influyen su integridad, para ello se han tomado en consideración las características hidrológicas del medio, factores climáticos del área de estudio, características ecosistémicas, así como también las diferentes actividades antropogénicas de la zona, estos factores en conjunto pueden llegar a alterar la calidad del recurso.

#### **7.1.9.1 Sitios de muestreo**

Para la selección de puntos de muestreo se consideró lo siguiente:

- Deben ser representativos con relación a las diferentes fuentes de agua que abastecen el sistema hídrico, de manera que caracterice la calidad de agua de las cuencas hidrográficas del área de estudio.

- Permiten analizar parámetros fisicoquímicos y ambientales establecidos para futuros monitoreos.
- Permiten obtener resultados representativos para caracterizar el área, considerando factores como influencia antropogénica.

El monitoreo de aguas en la fase de campo se realizó del 14 al 16 de abril de 2023, periodo en el cual se tomaron 24 muestras (Ver Anexo I Cartografía, 1. Mapas\_pdf, Mapa 16: Mapa Muestreo de\_ Agua), las cuales se describen en la siguiente tabla.

Tabla 7-95 Muestreo de Agua Proyecto El Porvenir

ID	DESCRIPCIÓN DE SITIO	TIPO	FECHA DE MONITOREO	COORDENADAS WGS84 17 S	
				ESTE	NORTE
AG-01	Punto de monitoreo localizado en el río Loyola, aguas arriba de la concesión El Porvenir 1.	Lótico	15-abr-23	723766	9505344
AG-02	Punto de monitoreo localizado en la Quebrada s/n, aguas arriba del río Loyola, concesión El Porvenir 1	Lótico	15-abr-23	724254	9504622
AG-03	Punto de monitoreo localizado en la Quebrada s/n, aguas arriba de la concesión El Porvenir 2. Área rodeada por vegetación arbórea.	Lótico	15-abr-23	726406	9504503
AG-04	Punto de monitoreo localizado en la Quebrada El Pájaro, aguas arriba del campamento Cacharposa. Área rodeada por vegetación arbórea.	Lótico	16-abr-23	726627	9502930
AG-05	Punto de monitoreo localizado en la Quebrada La Canela, aguas arriba del campamento Merino, concesión El Porvenir 2. Área rodeada por vegetación arbórea.	Lótico	14-abr-23	729111	9501681
AG-06	Punto de monitoreo localizado en la Quebrada Loyola, aguas abajo del punto de captación del campamento Cacharposa, concesión El Porvenir 2. Área rodeada por vegetación arbustiva.	Lótico	16-abr-23	725443	9500617
AG-07	Punto de monitoreo localizado en la Quebrada La Canela, aguas abajo del campamento Ávila, concesión El Porvenir 2. Área rodeada por vegetación arbustiva.	Lótico	14-abr-23	726601	9498678
AG-08	Punto de monitoreo localizado en el río San Luis, aguas arriba de la comunidad Loyola. Área rodeada por vegetación arbustiva.	Lótico	15-abr-23	721308	9500849
AG-09	Punto de monitoreo localizado en la Quebrada San Vicente, aguas abajo de la comunidad Loyola. Área rodeada por vegetación arbustiva.	Lótico	15-abr-23	721195	9499710



ID	DESCRIPCIÓN DE SITIO	TIPO	FECHA DE MONITOREO	COORDENADAS WGS84 17 S	
				ESTE	NORTE
AG-10	Punto de monitoreo localizado en el río San Luis, aguas abajo de la comunidad El Porvenir del Carmen.	Lótico	15-abr-23	717728	9496870
AG-11	Punto de monitoreo localizado en el río San Luis, aguas arriba de la comunidad El Porvenir del Carmen. Área rodeada por vegetación arbustiva.	Lótico	15-abr-23	719044	9497080
AG-12	Punto de monitoreo localizado en el río San Luis, aguas arriba del campamento El Palmal 1, concesión El Porvenir 1. Área rodeada por vegetación arbustiva.	Lótico	15-abr-23	721592	9497001
AG-13	Punto de monitoreo localizado en la Quebrada Palmales, aguas arriba del campamento El Palmal 1, concesión El Porvenir 1. Área rodeada por vegetación arbustiva.	Lótico	16-abr-23	722472	9496825
AG-14	Punto de monitoreo localizado en la Quebrada San Vicente, aguas arriba del campamento Pineda, concesión El Porvenir 1. Área rodeada por vegetación arbustiva.	Lótico	14-abr-23	724133	9497339
AG-15	Punto de monitoreo localizado en la Quebrada Palmales, aguas arriba de la concesión El Porvenir 4. Área rodeada por vegetación arbustiva	Lótico	14-abr-23	724577	9496286
AG-16	Punto de monitoreo localizado en la Quebrada s/n, aguas arriba de la concesión El Porvenir 4. Área rodeada por vegetación arbustiva.	Lótico	14-abr-23	725305	9494884
AG-17	Punto de monitoreo localizado en la Quebrada La Canela, aguas arriba de la comunidad Las Brisas. Área rodeada por vegetación arbustiva.	Lótico	14-abr-23	726838	9493995
AG-18	Punto de monitoreo localizado en el río Vergel, aguas arriba de la comunidad La Canela. Área rodeada por vegetación arbustiva.	Lótico	14-abr-23	726476	9490154



ID	DESCRIPCIÓN DE SITIO	TIPO	FECHA DE MONITOREO	COORDENADAS WGS84 17 S	
				ESTE	NORTE
AG-19	Punto de monitoreo localizado en la Quebrada La Canela, aguas arriba de la comunidad La Canela. Área rodeada por vegetación arbustiva.	Lótico	14-abr-23	725911	9490670
AG-20	Punto de monitoreo localizado en la Quebrada Palmales, aguas abajo de la concesión El Porvenir 3. Área rodeada por vegetación arbustiva.	Lótico	14-abr-23	721422	9487580
AG-21	Punto de monitoreo localizado en el río Vergel, en la parte baja de la comunidad Palmales. Área rodeada por vegetación arbustiva.	Lótico	14-abr-23	721307	9487350
AG-22	Punto de monitoreo localizado en la Quebrada Palmales, aguas arriba de la comunidad Palmales. Área rodeada por vegetación arbustiva.	Lótico	16-abr-23	720995	9491736
AG-23	Punto de monitoreo localizado en la Quebrada Palmales, aguas arriba de la concesión El Porvenir 3. Área rodeada por vegetación arbustiva.	Lótico	16-abr-23	721203	9493962
AG-24	Punto de monitoreo localizado en el río San Luis, cerca al complejo turístico Cueva de los Tayos. Área rodeada por vegetación arbustiva.	Lótico	16-abr-23	714556	9497795

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

### 7.1.9.2 Procedimiento de muestreo en campo

La toma de muestras de agua se basa en lo establecido en las normas y metodologías de referencia:

- Norma de Calidad Ambiental y Descargas de Efluentes: Recurso Agua, ANEXO 1, A,M, 097, LIBRO VI, TULSMA.
- Norma ISO 5667:2006-01, Calidad del agua, Muestreo, Parte 1: Guía para el diseño de los programas de muestreo y técnicas de muestreo.
- Norma ISO 5667:2006-05, Guía sobre muestreo de agua potable de obras de tratamiento y sistemas de distribución por tuberías.
- -Norma ISO 5667:2006-06, Guía sobre muestreo de ríos y arroyos.
- -Norma ISO 5667:2006-09, Guía sobre muestreo de aguas marinas.
- -NTE INEN 1108:2014-01, Agua potable, Requisitos.
- -NTE INEN 2169:98 Agua: Calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de muestras.
- -NTE INEN 2176:98 Agua: Calidad del agua, muestreo, técnicas de muestreo.

### 7.1.9.3 Muestreo

En el punto de muestreo se procedió al llenado de la muestra en los recipientes adecuados, los frascos se llenaron evitando cualquier tipo de contaminación y se impidió el ingreso de aire al momento de taparlos herméticamente.

Los reportes de muestreo y registros fotográficos realizados por el laboratorio en campo se presentan en el Anexo B. Línea Base, carpeta B1.Componente Físico, subcarpeta 7. Calidad de agua.

### 7.1.9.4 Preservación y transporte de muestras

Con el fin de evitar cualquier alteración de la muestra ya sea por procesos físicos, químicos o bioquímicos, es necesario tomar varias medidas de preservación, las cuales se basan en la adición de conservantes y la preservación de muestras a bajas temperaturas.

Las muestras se preservaron a temperaturas más bajas de las que se recolectaron, se introdujeron en una caja térmica (cooler) a temperaturas de entre 2 a 5 °C, hasta su traslado hacia el laboratorio para su análisis. Para el transporte de muestras, estas fueron protegidas y selladas de manera que no se deterioren o rompan, cabe mencionar que estas estuvieron protegidas del contacto con la luz.

Adicionalmente, se tomaron en cuenta las condiciones de campo en cada sitio de muestreo, por lo que se identificaron las condiciones climáticas, ecológicas, y físicas del recurso agua como lo es el ancho, el caudal la velocidad, tipo de lecho, vegetación, material flotante, así mismo. Adicionalmente se determinaron en campo los parámetros in situ.

El análisis de muestras lo realizó el laboratorio GRUENTEC, el cual está acreditado por el SAE.

Tabla 7-96 Resultado de agua

ID		AG-01	AG-02	AG-03	AG-05	AG-07	AG-08	AG-09	AG-10	AG-11	AG-12	AG-14	AG-15	AG-16	AG-17	AG-18	AG-19	AG-20	AG-21	AG-04	AG-06	AG-13	AG-22	AG-23	AG-24		
FECHA		15-abr-23	15-abr-23	15-abr-23	14-abr-23	14-abr-23	15-abr-23	15-abr-23	15-abr-23	15-abr-23	15-abr-23	14-abr-23	16-abr-23	TABLA 2, ANEXO 1, ACUERDO MINISTERIAL 097-A													
COORDENADAS WGS84 ZONA 17S	X	723766	724254	726406	729111	726601	721308	721195	717728	719044	721592	724133	724577	725305	726838	726476	725911	721422	721307	726627	725443	722472	720995	721203	714556		
	Y	9505344	9504622	9504503	9501681	9498678	9500849	9499710	9496870	9497080	9497001	9497339	9496286	9494884	9493995	9490154	9490670	9487580	9487350	9502930	9500617	9496825	9491736	9493962	9497795		
<b>PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICO</b>																											
pH	Unidad es de pH	6,8	6,8	7,0	7,0	7,4	7,3	7,6	7,3	7,9	8,1	7,3	7,4	7,4	7,8	7,3	7,7	7,7	7,8	6,9	7,1	8,3	8,1	8,2	7,6	6,5 - 9	
Conductividad	µS/cm	27	34	43	29	34	34	44	38	101	95	29	30	65	38	53	52	78	66	39	44	90	73	72	41	N/A	
Oxígeno disuelto	mg/l	7,8	7,3	7,0	7,8	7,6	6,6	6,9	7,3	6,9	6,8	6,9	7,0	7,9	7,2	7,9	7,4	7,4	7,8	7,4	6,3	6,7	7,5	7,3	7,6	N/A	
Oxígeno saturación	%	100,9	99,9	98,8	100,6	96,1	99,6	100,5	95,9	97,9	97,6	100,2	100,8	101,1	95,7	101,7	97,8	94,7	101,7	100,5	98,7	99,4	97,5	99,6	98,7	>80	
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	<5	<5	<5	<5	<5	85	<5	29	7	7	<5	<5	13	<5	78	<5	17	34	<5	<5	<5	16	13	290	max, incremento 10% de la condición natural	
<b>ANIONES Y NO METALES</b>																											
Amonio	mg/l	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,05	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04	0,02	0,04	0,05	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,06	0,05	0,05	N/A	
Amonio como Amoniaco	mg/l	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,05	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,04	0,05	0,03	0,03	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04	0,06	0,05	0,04	N/A	
Nitrato	mg/l	0,11	0,23	0,29	0,14	0,15	0,15	0,13	0,14	0,29	0,33	0,10	0,13	0,35	0,28	0,16	0,11	0,25	0,22	0,30	0,24	0,22	0,22	0,28	0,14	13	
Nitrito	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,2	
Cianuro Libre	mg/l	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,01	
Cianuro Total	mg/l	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,01	
Cloro total residual	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,01	
<b>PARÁMETROS ORGÁNICOS</b>																											
Aceites y Grasas	mg/l	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	0,3	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	20	
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	40	



ID		AG-01	AG-02	AG-03	AG-05	AG-07	AG-08	AG-09	AG-10	AG-11	AG-12	AG-14	AG-15	AG-16	AG-17	AG-18	AG-19	AG-20	AG-21	AG-04	AG-06	AG-13	AG-22	AG-23	AG-24		
FECHA		15-abr-23	15-abr-23	15-abr-23	14-abr-23	14-abr-23	15-abr-23	15-abr-23	15-abr-23	15-abr-23	15-abr-23	14-abr-23	16-abr-23	16-abr-23	16-abr-23	16-abr-23	16-abr-23	16-abr-23									
COORDENADAS WGS84 ZONA 17S	X	723766	724254	726406	729111	726601	721308	721195	717728	719044	721592	724133	724577	725305	726838	726476	725911	721422	721307	726627	725443	722472	720995	721203	714556	TABLA 2, ANEXO 1, ACUERDO MINISTERIAL 097-A	
	Y	9505344	9504622	9504503	9501681	9498678	9500849	9499710	9496870	9497080	9497001	9497339	9496286	9494884	9493995	9490154	9490670	9487580	9487350	9502930	9500617	9496825	9491736	9493962	9497795		
Fenoles	mg/l	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
Hidrocarburos totales de petróleo (C8-C40) mg/l	mg/l	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	0,5
Sustancias Tensoactivas mg/l	mg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,5
<b>METALES TOTALES</b>																											
Aluminio	mg/l	0,22	0,08	0,07	0,11	0,09	6,8	0,07	2,4	0,49	0,37	0,14	0,15	0,54	0,24	4,9	0,21	0,99	1,3	0,12	0,30	0,21	1,2	1,0	9,3	0,1	
Arsénico	mg/l	0,0025	0,0014	0,0019	<0,0005	0,0010	0,0080	0,0013	0,0048	0,0010	0,0014	0,0012	0,0020	0,0023	0,0018	0,0025	0,0018	0,0017	0,0011	0,0023	0,0014	0,0023	0,0024	0,0033	0,012	0,05	
Azufre	mg/l	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	N/A
Bario	mg/l	0,011	0,026	0,014	0,0055	0,0071	0,064	0,0047	0,027	0,023	0,025	0,0074	0,0076	0,033	0,012	0,042	0,0092	0,027	0,023	0,0092	0,024	0,015	0,033	0,030	0,069	1	
Berilio	mg/l	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,1
Boro	mg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,75
Cadmio	mg/l	0,0002	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0002	0,0002	<0,0001	0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0008	0,001
Cobalto	mg/l	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0004	<0,0001	0,0025	<0,0001	0,0009	0,0002	0,0001	0,0002	<0,0001	0,0002	<0,0001	0,0016	0,0001	0,0003	0,0005	<0,0001	0,0002	0,0001	0,0004	0,0003	0,0046	0,0046	0,2
Cobre	mg/l	<0,005	<0,005	<0,00	<0,005	<0,00	0,024	<0,005	0,011	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,011	<0,005	<0,005	<0,005	0,006	0,006	<0,005	0,006	<0,005	0,039	0,005	
Cromo	mg/l	0,0006	0,0003	0,0002	<0,0002	0,0002	0,0015	<0,0002	0,0007	<0,0002	<0,0002	0,0069	0,0004	0,0003	0,0002	0,0009	0,0002	0,0002	0,0020	0,0003	0,0002	0,0003	0,0006	0,0004	0,0022	0,032	
Estaño	mg/l	0,0007	0,0016	0,0007	<0,0005	<0,0005	0,0008	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0009	<0,0005	0,0009	0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0008	0,0013	0,0006	0,0009	N/A	
Hierro	mg/l	0,26	0,09	0,15	0,21	0,18	7,0	0,19	2,6	0,48	0,37	0,18	0,31	0,55	0,22	4,5	0,32	0,89	1,2	0,12	0,48	0,24	1,0	0,97	10	0,3	
Manganeso	mg/l	0,022	0,0084	0,0075	0,012	0,0072	0,24	0,0068	0,10	0,032	0,027	0,0094	0,020	0,024	0,011	0,13	0,015	0,041	0,045	0,015	0,044	0,026	0,050	0,049	0,44	0,1	
Mercurio	mg/l	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0002	
Molibdeno	mg/l	0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0002	<0,0002	0,0008	<0,0002	0,0004	0,0005	0,0005	0,0002	0,0002	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002	0,0004	0,0003	0,0002	<0,0002	0,0006	0,0005	0,0004	0,0008	N/A	



ID		AG-01	AG-02	AG-03	AG-05	AG-07	AG-08	AG-09	AG-10	AG-11	AG-12	AG-14	AG-15	AG-16	AG-17	AG-18	AG-19	AG-20	AG-21	AG-04	AG-06	AG-13	AG-22	AG-23	AG-24	TABLA 2, ANEXO 1, ACUERDO MINISTERIO AL 097-A	
FECHA		15-abr-23	15-abr-23	15-abr-23	14-abr-23	14-abr-23	15-abr-23	15-abr-23	15-abr-23	15-abr-23	15-abr-23	14-abr-23	16-abr-23	16-abr-23	16-abr-23	16-abr-23	16-abr-23	16-abr-23									
COORDENADAS WGS84 ZONA 17S	X	723766	724254	726406	729111	726601	721308	721195	717728	719044	721592	724133	724577	725305	726838	726476	725911	721422	721307	726627	725443	722472	720995	721203	714556		
	Y	9505344	9504622	9504503	9501681	9498678	9500849	9499710	9496870	9497080	9497001	9497339	9496286	9494884	9493995	9490154	9490670	9487580	9487350	9502930	9500617	9496825	9491736	9493962	9497795		
Níquel	mg/l	0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,002	0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,002	0,001	<0,001	0,003	<0,001	0,006	0,001	<0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,025	
Plata	mg/l	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0003	0,01
Plomo	mg/l	0,014	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,020	<0,0005	0,016	0,0005	0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0013	<0,0005	<0,0005	0,0007	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,002	0,000	0,089	0,001	
Selenio	mg/l	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
Talio	mg/l	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	N/A
Vanadio	mg/l	0,039	0,041	0,046	<0,0002	0,033	0,061	0,020	0,046	0,014	0,029	0,032	0,043	0,058	0,041	0,036	0,050	0,030	0,020	0,047	0,029	0,046	0,059	0,072	0,065	N/A	
Zinc	mg/l	0,080	0,005	0,006	0,016	0,013	0,072	<0,005	0,049	0,016	0,014	0,019	0,009	0,013	0,016	0,009	0,005	<0,005	0,011	<0,005	0,012	0,007	0,038	0,024	0,24	0,03	

Fuente: Gruentec Cía Ltda., mayo 2023

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

#### **7.1.9.4.1 Análisis de Resultados**

##### **c. Parámetros Físico –Químicos**

###### **• Potencial de Hidrógeno (pH)**

Este es un parámetro muy importante para determinar la calidad del agua, debido a que indica el comportamiento ácido o básico del agua, por lo que es una propiedad de vital importancia para el desarrollo de la vida acuática. Tiene influencia sobre determinados procesos químicos y biológicos, la naturaleza de las especies iónicas del medio, el potencial redox del agua, entre otros. Su escala de medición es de 0 a 14 (de muy ácido a muy alcalino), siendo 7 un valor neutro. Generalmente las aguas naturales poseen un carácter un tanto básico, por lo que sus valores generalmente se encuentran entre 6,5 y 8,5.

El análisis de los resultados muestra que todos los puntos de muestreo presentan aguas con pH dentro del rango de criterio de calidad.

###### **• Conductividad**

La conductividad es la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad. Por lo que este parámetro da una apreciación de la concentración de iones en disolución en el agua, una conductividad elevada refiere a una salinidad elevada en valores anómalos de pH. La temperatura es un factor que afecta el valor de la conductividad. Cuando el agua es pura no existe conductividad o es mínima.

Las unidades de medición son mS/m (mili siemens por metro) o  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (micro siemens por centímetro), y es un parámetro que se mide in situ debido a su alta sensibilidad a cambios por temperatura y pH.

Los resultados obtenidos muestran valores que varían entre 27 a 101  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; no se han establecido valores para este parámetro en los criterios de calidad analizados.

###### **• Oxígeno disuelto (OD)**

Es la cantidad de oxígeno presente en el agua necesario para el desarrollo de ríos y lagos saludables, y es un indicador de contaminación del agua y de la capacidad del medio para sustentar la vida. Se ha establecido que un nivel alto de oxígeno disuelto indica una mejor calidad del agua, mientras que niveles muy bajos no permiten la supervivencia de los organismos vivos (Rigola, 1989).

En relación al criterio de calidad establecido en la normativa ambiental para preservación de vida acuática y silvestre (Tabla No 2), la norma establece que el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto debe ser mayor a 80%, los resultados de monitoreo en todos los sitios de monitoreo superan el valor definido en la normativa.

###### **• Sólidos en suspensión**

Los sólidos suspendidos totales, corresponden al porcentaje de material retenido al filtrar una muestra de agua natural o residual (doméstica o industrial) en un filtro, que posteriormente se seca a temperaturas entre 103-105 °C hasta peso constante. Este parámetro se mide en mg/l.

Los resultados obtenidos de los monitoreos realizados indican que todos los resultados varían de <5 hasta 290 mg/l (muestra AG-24).

d. Aniones y no metales

• Amonio – Amonio como amoniaco

El amoníaco es un gas compuesto de nitrógeno y hidrógeno con la fórmula química  $NH_3$ . Este compuesto se produce naturalmente cuando la materia orgánica se descompone debido a la acción de bacterias. En el agua residual, se encuentra disuelto en forma de iones amonio ( $NH_4^+$ ) (García, 2018).

El amonio y el amoniaco son tóxicos para la vida acuática, siendo esta última la más dañina ya que la misma puede atravesar la membrana celular de los peces y pequeños vertebrados provocando efectos letales. En seres humanos y animales, el consumo prolongado de agua que contenga más de 1 mg/l de amoniaco puede ser perjudicial para el organismo (TECNAL, S/F).

La legislación nacional no establece un criterio de calidad para estos compuestos, no obstante, los valores reportados varían de 0,02 mg/l a 0,03 mg/l, tanto para amonio como amoniaco.

• Nitratos y Nitritos

Los iones de nitrato y nitrito son comunes en suelos y aguas debido al ciclo del nitrógeno en la tierra. El nitrato es el resultado final de la descomposición de productos animales y vegetales, y es la principal fuente de iones de nitrato en el medio ambiente (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (b), 2016).

Los abonos y productos similares también pueden liberar nitrato y nitrito al agua y suelo. Los desechos humanos y animales también son importantes fuentes de amoníaco. Las bacterias oxidan rápidamente el amoníaco a nitrito y el nitrito a nitrato en ambientes aeróbicos, un proceso conocido como nitrificación (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (b), 2016).

El análisis de resultados muestra bajas concentraciones, en cuanto a nitrato se evidencian concentraciones que varían entre 0,10 mg/l a 0,35 mg/l la normativa establece como criterio de calidad un valor de 13 mg/l.

Al respecto de nitritos todas las concentraciones son inferiores a <0,05 mg/l mientras que la normativa establece un valor máximo de 0,2 mg/l.

• Cianuro

La fuente principal de cianuro en el agua corresponde a descargas de agua de procesos industriales, especialmente el minado de minerales. Cantidades más pequeñas de cianuro pueden entrar al agua a través de agua de escorrentía que fluye por caminos donde se han esparcido sales que contienen cianuro. En tal sentido, su presencia en altas concentraciones, puede indicar contaminación proveniente de vertidos industriales (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (a), 2016).

El cianuro es altamente tóxico para la vida en general, no obstante, se considera que el componente más vulnerable del ecosistema a los impactos adversos de una exposición al cianuro lo constituye la vida acuática (Guerero, 2015).

Los resultados de los monitoreos indican que todos los resultados tanto para cianuro libre como para cianuro total son  $<0,001$  mg/l.

- Cloro total residual

Mide el remanente de cloro en el agua posterior a que parte del añadido reaccione en el proceso de desinfección del agua.

Todos los puntos monitoreados presentan un valor de  $<0,1$  mg/l es decir, que todas las muestras se encuentran bajo el límite de acreditación del laboratorio, por lo que no se puede definir si existe una concentración dentro del límite establecido que es de 0,01 mg/l en la tabla No 2. Cabe indicar que no existe un laboratorio acreditado en el Ecuador que pueda llegar al criterio de calidad.

- e. Parámetros Orgánicos

- Aceites y Grasas

Las grasas son compuestos orgánicos que contienen carbono, hidrógeno y oxígeno, y son la fuente más concentrada de energía en los alimentos. Son un tipo de lípido y pueden presentarse en forma líquida o sólida. Las grasas están compuestas de ácidos grasos saturados y no saturados (Campos, Leos, & Vidales, 2010).

Los aceites y grasas presentes en el agua, pueden ser generados por descargas de aguas urbanas, sin embargo, en su mayoría su origen es industrial. Debido a su baja densidad y su incapacidad de mezclarse con el agua, las grasas y aceites pueden extenderse por grandes áreas de agua. Esto no solo produce un impacto visual negativo, sino que también reduce la reoxigenación en la interfaz aire-agua, disminuyendo los niveles de oxígeno disuelto y absorbiendo la radiación solar, lo que afecta la actividad fotosintética y, por ende, la producción interna de oxígeno disuelto, (Aguamarket, S/F).

El valor de los criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y fauna silvestre, así como los de calidad de fuentes de agua para el consumo humano y doméstico es 0,3 mg/l, que, en comparación con los resultados de los monitoreos realizados, ninguno excede este valor.

- Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO)

Medida de la cantidad de oxígeno consumido en el proceso biológico de degradación de la materia orgánica en el agua; la DBO5 representa la cantidad de oxígeno consumido por dicho proceso en cinco días. A mayor, DBO mayor grado de contaminación. Por lo tanto, la DBO representa una medida indirecta de concentración de materia orgánica e inorgánico degradable o transformable biológicamente (Aguamarquet (a), S/F).

Todos los sitios de monitoreo analizados presentan un valor  $<2$  mg/l, que, en comparación con la legislación ambiental aplicable, se encuentran por debajo de los valores de los criterios de calidad.

- Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidantes sales inorgánicas de permanganato o dicromato en un ambiente ácido y a altas temperaturas. La relación

entre los valores de DBO y DQO es indicativo de la biodegradabilidad de la materia contaminante. En aguas residuales un valor de la relación DBO/DQO menor de 0,2 se interpreta como un vertido de tipo inorgánico y orgánico si es mayor de 0,6 (Aguamarket (b), S/F).

Analizando los resultados obtenidos, la mayoría de las muestras se encuentran dentro del criterio de calidad establecido en el Anexo 1 Tabla 2 del AM097-A (LMP: 40 mg/l).

- Fenoles

Los fenoles son compuestos orgánicos que se generan como subproductos en diversas industrias, como la refinación del petróleo, el curtido, la fabricación de textiles, colorantes y resinas. En concentraciones bajas, pueden causar problemas de olor y sabor en el agua, mientras que en altas concentraciones pueden ser perjudiciales para la vida acuática y humana (Aguamarket (c), S/F).

Aunque la contribución natural de los fenoles en el agua es insignificante y son bastante biodegradables, su origen principal es industrial (industria química, del carbón, celulosa, petroquímica). También pueden ser resultado de la degradación de algunos plaguicidas (Aguamarket (c), S/F).

Analizando los resultados, todos los valores son  $<0,001\text{mg/l}$  para fenoles, que, en comparación con la normativa ambiental aplicable, no sobrepasan los criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre para la tabla No 2 (LMP: 0,001 mg/l).

- Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH)

Los hidrocarburos son compuestos orgánicos compuestos exclusivamente por átomos de carbono e hidrógeno. En el análisis de calidad del agua, se usan los hidrocarburos totales del petróleo (TPH) para estimar la concentración de hidrocarburos de mayor peso molecular presentes en las muestras (CONAMA 2020, S/F).

La principal fuente de hidrocarburos en el medio ambiente es la contaminación causada por derrames de petróleo crudo o sus derivados, los cuales pueden ocurrir durante el transporte, manipulación o procesamiento por parte del ser humano. Como resultado, los hidrocarburos son liberados al medio ambiente, especialmente cerca de los lugares de producción o almacenamiento, y pueden contaminar los cuerpos de agua superficiales, (CONAMA 2020, S/F).

Comparando los resultados con los criterios de calidad admisibles para la preservación de vida acuática y silvestre, establecidos en la tabla No 2, ninguno sobrepasa el criterio de calidad de 0,5 mg/l.

- Tensoactivos

Los tensoactivos son compuestos orgánicos que pueden afectar la tensión superficial e interfacial de un sistema, así como alterar el sistema hormonal de organismos acuáticos y el intercambio de gas en los cuerpos de agua. Debido a que se encuentran en una amplia variedad de productos, como detergentes, cosméticos y pesticidas, estos contaminantes pueden ser comunes en las aguas residuales domésticas (Aguamarket (d), S/F; Morillo, y otros, 2019).

Los puntos monitoreados presentan valores menores a 0,02 mg/l para sustancias tensoactivas, por lo que no sobrepasan el criterio establecido en la tabla No 2 sobre la calidad de agua para la preservación de vida acuática y silvestre cuyo valor es 0,5 mg/l.

f. Metales Totales

• Aluminio (Al)

Componente natural del agua ya que forma parte de la estructura de las arcillas, su presencia puede ser en formas solubles o sistemas coloidales, este componente es responsable en varios casos de la turbidez del agua. En concentraciones altas de aluminio el pH se acidifica debido a sus propiedades anfóteras, haciendo que sus sales se hidrolicen y se forme ácidos débiles (Lenntech, S/F).

La legislación ambiental ecuatoriana establece como límite máximo permitido para aluminio el valor de 0,1 mg/l en los criterios de calidad admisibles para la preservación de vida acuática y silvestre. De acuerdo con el análisis de laboratorio todas las muestras superan el valor aceptado en normativa, a excepción de las muestras AG-07 y AG-09.

Se debe mencionar que durante el muestreo de suelo se identificó presencia de aluminio en suelo supera el orden de los 10000 mg/kg, por lo cual se puede esperar que las lluvias movilicen el aluminio.

• Arsénico (As)

A pesar de ser un elemento muy tóxico para el ser humano, se ha determinado que este componente puede ser encontrado de forma natural como mineral de cobalto, aunque por lo general está en la superficie de las rocas combinado con azufre o metales como Mn, Fe, Co, Ni, Ag o Sn (Lenntech (a), S/F).

El arsénico puede llegar al agua a través del polvo, transportado por el viento, por la escorrentía superficial y subterránea o a través de procesos eruptivos. El arsénico en su forma inorgánica ocasiona problemas de intoxicación en los seres humanos y en la flora y fauna (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (c), 2016).

De acuerdo con los límites máximos permitidos establecidos en las tablas No 2 del Anexo 1 del A.M. 097A, todos los resultados de muestras analizadas se encuentran bajo los criterios establecidos, por lo que no existieron desviaciones para este parámetro.

• Azufre

El azufre es uno de los oligoelementos o elementos trazas más abundante en la corteza terrestre. El azufre se encuentra en la naturaleza en estado nativo sólido, asociado con el hidrógeno en forma de gas sulfhídrico, o con el oxígeno en el gas sulfuroso, combinado con diferentes metales como el hierro, cobre, plomo, antimonio, mercurio y plata, formando muy variados minerales (Ramirez y San José, 2006).

En el proceso de meteorización química los minerales sulfurados se descomponen fundamentalmente por medio de reacciones de hidrólisis, de carbonatación y de oxidación, con lo cual pueden llegar a las aguas naturales (Ramirez y San José, 2006).

En la normativa ambiental no se establece un límite permisible para el parámetro Azufre, no obstante, se puede indicar que todas las muestras presentan concentraciones inferiores a 1 mg/l.

- Bario (Ba)

El bario es un metal blando de un color argéntico, que pierde su brillo rápidamente en contacto con el aire, El bario se encuentra en forma de barita y de carbonato de bario (Aguamarket (e), S/F).

Si bien el bario puede encontrarse de forma natural, las industrias de aceite y gas utilizan compuestos de bario para sus operaciones con lo cual la contaminación del agua puede provenir de un mal manejo de este tipo de industria (Lenntech (b), S/F)

Las concentraciones halladas en el agua del área de estudio no sobrepasan el criterio de calidad establecido en la normativa ambiental que señala un valor 1mg/l.

- Berilio (Be)

El berilio es un metal gris que se utiliza para aumentar la resistencia de otros metales, en reactores nucleares, aviación y tecnología espacial. Puede encontrarse en muchos minerales y también puede contaminar el agua potable a través de residuos de refinерías de metales, la combustión de carbón y diversas industrias, como la eléctrica, aeroespacial y de defensa (Bauder y Sigler, S/F).

Los análisis de resultados muestran valores <0,0002 mg/l en todas las muestras, en comparación con los criterios establecidos en la normativa ambiental aplicable todas están bajo los criterios de calidad del agua.

- Boro (B)

El boro es un elemento esencial que se encuentra en casi todas las aguas naturales y puede ser tóxico en altas concentraciones. En el agua superficial natural, la concentración de boro es raramente tóxica, pero en agua de manantiales y pozos, puede alcanzar niveles peligrosos, especialmente en zonas geotérmicas y cercanas a fallas tectónicas (Bautista, y otros, 2014).

Existen dos vías principales de entrada del boro en las aguas superficiales y subterráneas: el intemperismo de rocas que contienen boro y las aguas residuales. Las aguas residuales, derivadas de diferentes sistemas, pueden contener boro de productos de limpieza y residuos de industrias como pinturas, barnices, textiles, curtido de pieles y electrónica. Además, el agua de drenaje agrícola es otra fuente de boro en el agua superficial,(Bautista, y otros, 2014).

Luego del análisis realizado, se determinó que ninguna de las muestras tomadas incumple con el criterio establecido para preservación de vida acuática y silvestre cuyo valor límite es 0,75 mg/l.

- Cadmio (Cd)

El Cadmio puede ser encontrado mayoritariamente en la corteza terrestre. Este siempre ocurre en combinación con el Zinc. El Cadmio también ocurre en las industrias como inevitable subproducto del Zinc, plomo y extracciones de cobre. Las formas de cadmio solubles se movilizan en el agua. Las formas insolubles son inmóviles y se

depositarán en el sedimento donde serán adsorbidas (Lenntech (e), S/F; Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (d), 2016).

Debido a sus características bioacumulativas en los organismos, y a su toxicidad se recomiendan valores menores a 0,005 mg/l para el consumo humano según la EPA (Environmental Protection Agency) y la OMS (Organización Mundial de la Salud).

La normativa ambiental ecuatoriana establece como valor límite para la preservación de la vida acuática y para el consumo humano y doméstico los valores 0,001 mg/l, los resultados analizados revelan que las muestras no sobrepasan los valores establecidos en la normativa legal.

- Cobalto (Co)

El cobalto es un elemento que ocurre naturalmente y que tiene propiedades similares al hierro y al níquel. En el ambiente, el cobalto se encuentra combinado con otros elementos tales como oxígeno, azufre y arsénico; puede encontrarse en suelo, agua, plantas y animales (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (e), 2023).

El cobalto puede entrar al aire y al agua y depositarse en el suelo en polvo, rocío de mar, erupciones volcánicas e incendios forestales, puede alcanzar aguas superficiales en agua de escorrentía producida por lluvia que cae sobre suelo o rocas que contienen cobalto (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (e), 2023).

La legislación ambiental aplicable establece como valor límite para cobalto 0,2 mg/l para preservación de vida acuática y silvestre, comprando este criterio con los resultados obtenidos, se evidencia que las muestras están muy por debajo de este valor.

- Cobre (Cu)

Se trata de un metal de transición de color rojizo y brillo metálico que, junto con la plata y el oro, forma parte de la llamada familia del cobre, se caracteriza por ser uno de los mejores conductores de electricidad. El cobre posee un importante papel biológico en el proceso de fotosíntesis de las plantas, aunque no forma parte de la composición de la clorofila. El cobre contribuye a la formación de glóbulos rojos y al mantenimiento de los vasos sanguíneos, nervios, sistema inmunitario y huesos y por tanto es un oligoelemento esencial para la vida humana (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (f), 2022).

El cobre se libera desde fuentes naturales, como el polvo llevado por el viento, la vegetación en descomposición, y las actividades humanas como el manejo municipal de desechos sólidos y la quema de combustible fósil. En el agua, el cobre generalmente se adherirá a la tierra si es posible, o se disolverá. Los moluscos, como las almejas y las ostras, pueden acumular cobre en sus cuerpos (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (f), 2022).

En comparación con los criterios establecidos en la normativa ambiental vigente, todos los puntos se encuentran por debajo de los límites permisibles de calidad del agua para cobre, tanto para la preservación de vida acuática y silvestre (LMP: 0,005mg/l) excepto por las muestras AG-08 (0,024 mg/l), AG-10 (0,011 mg/l), AG-18 (0,011 mg/l), AG-24 (0,039 mg/l).

- Cromo (Cr)

El cromo es un elemento natural que puede tomar diferentes formas y se encuentra en rocas, animales, plantas y el suelo. Puede ser liberado en el aire, suelo y agua durante su manufactura, uso o disposición de productos de cromo. Aunque los compuestos de cromo no tienen sabor u olor, pueden ser perjudiciales para la salud humana y del medio ambiente. Los peces no acumulan mucho cromo del agua en su cuerpo (Lenntech (f), S/F).

Los resultados evidencian que todas las muestras se encuentran por debajo del valor de los criterios de calidad del agua establecidos en la tabla No 2 para la preservación de vida acuática y silvestre (LMP: 0,032 mg/l).

- Estaño (Sn)

El estaño en su forma orgánica resulta ser tóxico, tiene características de bioacumulación y biomagnificación en el medio ambiente, además de ser un metal altamente persistente ya que se mantiene en el medio ambiente largos periodos de tiempo, por lo que no es fácilmente biodegradable. Así mismo, produce efectos negativos en los organismos acuáticos debido a su toxicidad, especialmente en algas, hongos y fitoplancton (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (g), 2016).

No se establece un valor límite en la legislación ambiental aplicable, sin embargo, se evidencia que los resultados varían entre <0,0005 mg/l a 0,0016 mg/l.

- Hierro (Fe)

El hierro es un elemento común que se encuentra en grandes cantidades en rocas y suelos, normalmente en forma insoluble. Sin embargo, debido a reacciones naturales en el suelo, pueden formarse compuestos solubles de hierro que contaminan el agua. El hierro puede alterar el sabor y el color del agua y estar presente en formas asimilables y no asimilables en el medio ambiente, así como formando complejos organoférricos y sulfuros en aguas superficiales. El hierro también juega un papel importante en el desarrollo de microorganismos (Lenntech (g), S/F).

Comparando los resultados obtenidos con los criterios de calidad del agua establecidos en la normativa ambiental aplicable, las muestras están bajo del criterio de calidad establecido en la normativa, excepto para la muestra AG-08 (7 mg/l), AG-10 (2,6 mg/l), AG-12 (0,37 mg/l), AG-15 (0,31 mg/l), AG-16 (0,55 mg/l), AG-18 (4,5 mg/l), AG-19 (0,32 mg/l), AG-20 (0,89 mg/l), AG-21 (1,2 mg/l), AG-06 (0,48 mg/l), AG-22 (1,0 mg/l), AG-23 (0,97 mg/l), AG-24 (10 mg/l).

- Manganeso (Mn)

Su presencia en forma natural es en óxidos y también en silicatos y carbonatos debido a su afinidad con el oxígeno, estos compuestos son la pirolusita o manganosa y la rodocrosita entre los más importantes. Este metal se encuentra en muchos tipos de rocas y es un componente esencial para la vida animal, sin embargo altas concentraciones de este metal puede causar los siguientes efectos: en el organismo pueden generar daños en el sistema nervioso central, en los recursos hídricos genera alteraciones en el sabor, también puede causar toxicidad y deficiencia en las plantas, (Aguamarket (f), S/F)

La normativa ambiental aplicable establece como valor criterio de calidad del agua para la preservación de la vida acuática y silvestre 0,1 mg/l, en comparación con los resultados obtenidos, se identifica valores fuera de rango para las muestras AG-08 (0,24 mg/l), AG-18 (0,13 mg/l), AG-24 (0,44 mg/l).

- Mercurio (Hg)

Su presencia de forma natural en el medio ambiente se debe a erupciones volcánicas, desgasificación de la corteza terrestre, erosión y disolución de los minerales de rocas. Su presencia en el agua es mínima y se lo considera como un contaminante no deseable, ya que para el ser humano y para los organismos vivos puede ser muy tóxico.

En el agua se lo encuentra en su forma inorgánica principalmente, pero por acción de microorganismos su forma puede llegar a ser orgánica la cual es mucho más tóxica, Este compuesto puede biomagnificarse por medio de la cadena alimenticia hasta llegar al ser humano. Adicionalmente tanto el dimetil mercurio como el ion metilo de mercurio llegan a bioacumularse en tejidos de los organismos vivos (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (h), 2022).

En comparación con los criterios de calidad del agua de descrito en la Tabla 2 del Anexo 1 del A.M. 097A, todos los resultados analizados se encuentran bajo el criterio de calidad.

- Molibdeno

El molibdeno es un metal que se encuentra naturalmente en minerales y en el medio ambiente en forma de trióxido de molibdeno o sales de molibdeno. Se utiliza en la producción de hierro fundido, acero inoxidable, biocombustibles, paneles solares, catalizadores, lubricantes y pigmentos. El molibdeno y sus compuestos son altamente tóxicos según la experimentación animal, y se ha informado de disfunción hepática y signos de gota en trabajadores crónicamente expuestos. No se han documentado efectos negativos del molibdeno en el medio ambiente, (Lenntech (h), S/F; Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (I), 2020).

La legislación ambiental no establece un criterio de calidad para este parámetro no obstante, se reporta que las concentraciones se encuentran entre <0,0002 mg/l a 0,0008 mg/l.

- Níquel (Ni)

El níquel es un elemento abundante en la corteza terrestre y las rocas ígneas, y es liberado al aire por las plantas de energía y las incineradoras de basura. Puede ser depositado en el suelo o en el agua después de reaccionar con las gotas de lluvia o ser parte de las aguas residuales. El níquel se absorbe por los sedimentos o partículas del suelo y puede llegar a inmovilizarse, pero en suelos ácidos puede unirse y ser más móvil, alcanzando el agua subterránea (Lenntech (i), S/F).

La normativa ambiental aplicable establece como valor criterio de calidad del agua para la preservación de la vida acuática y silvestre 0,025 mg/l, en comparación con los resultados obtenidos, todas las muestras se encuentran por debajo del valor indicado.

- Plata (Ag)

La plata es un elemento escaso que se encuentra en minerales que contienen compuestos de plata, siendo la mayor parte un subproducto de la extracción de otros minerales. Puede ser liberada al aire y al agua a través de procesos naturales y actividades humanas como el procesamiento de minerales, manufactura de cemento y la quema de combustibles fósiles. La plata también puede ser liberada al agua de procesos de fotografía y arrastrada por la lluvia hacia el agua subterránea. A pesar de esto, la plata no parece concentrarse de manera significativa en animales acuáticos, (Lenntech (j), S/F; Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (j), 2016).

En comparación con el criterio establecido en la normativa ambiental vigente, todos los resultados se encuentran bajo el criterio de calidad del agua permisible, establecido para la preservación de vida acuática y silvestre (LMP: 0,01mg/l).

- Plomo (Pb)

El plomo puede existir en el agua natural debido a la presencia de fuentes naturales, como rocas y sedimentos que contienen plomo, y a la contaminación antropogénica causada por actividades humanas. En particular, la minería, la industria y la agricultura son fuentes importantes de contaminación de plomo en el agua (New Jersey Department of Health, s.f.)

El plomo puede entrar en el agua natural a través de varios mecanismos, como la lixiviación de rocas y sedimentos, la descarga de efluentes industriales y la escorrentía de áreas agrícolas y urbanas. Además, el plomo también puede ser transportado en el aire y depositado en cuerpos de agua a través de la precipitación (New Jersey Department of Health, s.f.).

La legislación ambiental ecuatoriana establece como criterios de calidad del agua permitido para el plomo el valor 0,001 mg/l estipulado en la tabla No 2 para preservación de vida acuática y silvestre, se identifica valores fuera de rango para las muestras AG-01 (0,014 mg/l), AG-08 (0,020 mg/l), AG-10 (0,016 mg/l), AG-22 (0,0021 mg/l), AG-24 (0,089 mg/l).

- Selenio (Se)

El selenio es un elemento mineral natural que se encuentra en la mayoría de las rocas y suelos. Es importante para la reproducción, la función de la glándula tiroidea, la producción de ADN y para proteger al cuerpo contra infecciones y el daño causado por los radicales libres. El polvo de selenio puede entrar al aire al quemar carbón y petróleo y también puede entrar al agua desde las rocas, el suelo y los desperdicios agrícolas e industriales. El selenio puede acumularse en la cadena alimentaria y puede ocasionar intoxicaciones agudas y crónicas en el ser humano (National Institutes of Health, 2019).

En comparación con los criterios de calidad del agua de la Tablas No 2 del Anexo 1 del AM-097A, ningún resultado excede el criterio de calidad establecido (LMP 0,001 mg/l).

- Talio

El talio es un metal suave de color blanco azulado que se encuentra ampliamente distribuido en pequeñas cantidades en la corteza terrestre y es bastante abundante, Se encuentra en varios minerales que contienen selenio y su proporción en la corteza

es diez veces superior a la de la plata. El talio entra al medio ambiente principalmente al quemar carbón y desde fundiciones y permanece por largo tiempo sin degradarse en el aire, el agua o el suelo. Algunos compuestos de talio son eliminados de la atmósfera por la lluvia y la nieve. También se menciona que el talio es absorbido por las plantas y entra a la cadena alimentaria, acumulándose en peces y mariscos (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (k), 2016)

La legislación ambiental no establece un criterio de calidad para este parámetro no obstante, se reporta que las concentraciones para todas las muestras son inferiores <0,0001 mg/l.

- Vanadio

El vanadio es un metal ampliamente distribuido tanto en la naturaleza como en los sistemas biológicos y es uno de los elementos traza presente en los combustibles de tipo fósil. La combustión de estos materiales es la fuente más importante de vanadio en el ambiente. El vanadio es un metal de color grisáceo con densidad de 6,11 g/cm<sup>3</sup>. Entra al ambiente principalmente desde fuentes naturales y de la combustión de combustibles de petróleo, y se combina con otros elementos y partículas. El vanadio se adhiere fuertemente al suelo y a sedimentos, pero se han encontrado niveles bajos en plantas y es improbable que se acumule en los tejidos de animales. El vanadio es propenso a reaccionar con otros elementos y su liberación en la atmósfera es principalmente ocasionada por la actividad humana, por lo que es considerado un contaminante ambiental (Rodríguez & Altamirano, 2006; Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades(l), 2016)

La legislación ambiental no establece un criterio de calidad para este parámetro, no obstante, se reporta que las concentraciones para todas las muestras presentan rangos entre 0,014 a 0,072.

- Zinc (Zn)

El Zinc se encuentra de forma natural en el agua, siendo la media de concentración de cinc en el agua de mar de 0,6-5 ppb, en los ríos entre 5 y 10 ppb y en las algas entre 20 y 700 ppm. Los minerales del cinc más significativos son la esfalerita (ZnS) y la smithsonita (ZnCO<sub>3</sub>). El cinc se usa principalmente en forma metálica en un 75% del suministro total, el resto se aplica en la industria como derivados del cinc. Las aguas residuales industriales que contienen cinc provienen de la industria galvánica y producción de pilas. Los compuestos del cinc se utilizan con distintos propósitos, como en la producción de pergamino, pinturas, catalizadores y estimulantes de crecimiento en la ganadería. El cinc no representa un gran peligro para el agua, pero algunos derivados como el arsenato de cinc y el cianuro de cinc pueden ser peligrosos. El cinc es un mineral alimenticio para seres humanos y animales, pero su ingestión en exceso puede ser tóxica (Lenntech (j), S/F).

En comparación con el criterio establecido en la normativa ambiental vigente que establece un valor de 0,03 mg/l, se identifica que las siguientes muestras se encuentran por fuera del nivel establecido: AG-01 (0,080 mg/l), AG-08 (0,072 mg/l), AG-10 (0,049 mg/l), AG-22 (0,038 mg/l), AG-24 (0,24 mg/l). Este resultado puede deberse a características propias de la zona donde sus suelos presentan altas concentraciones de este elemento.

## 7.1.10 Paisaje

El paisaje es la percepción polisensorial y subjetiva del medio, la protección del mismo se justifica no solo por sus valores estéticos y visuales, sino también por su potencial para el uso recreativo y su conservación como patrimonio cultural.

### 7.1.10.1 Metodología

La base metodológica para valorar el componente paisaje ha sido tomada del trabajo de Alberruche et al, 2014, trabajo en el cual se realiza una valoración del paisaje.

Metodológicamente la evaluación aplicada es un método indirecto de desagregación de calidad visual en componentes cuya evaluación individualizada dará por agregación el valor total de calidad del paisaje, este método consta de las siguientes fases:

- a) Identificación de los componentes que definen la calidad visual
- b) Evaluación individualizada de cada componente en una escala homogénea (valorados en una escala relativa de 1 a 4)
- c) Determinación del peso o importancia relativa de cada componente respecto al valor total de calidad visual.
- d) Obtención del valor agregado de calidad visual mediante suma ponderada de los valores de componentes que lo integran.

#### 7.1.10.1.1 Calidad visual intrínseca del relieve (CviR)

La calidad visual intrínseca del relieve (CviR) será evaluada en función de la presencia de singularidades geomorfológicas, grado de desarrollo vertical y su complejidad topográfica, de acuerdo a los criterios de la Tabla 7-97.

Tabla 7-97 Criterios de Calidad Visual Intrínseca del Relieve

CRITERIOS DE VALORACIÓN DEL RELIEVE	CVIR
Presencia de elementos singulares geomorfológicos	4
Relieve escarpado: pendientes > 60%	4
Relieve con fuertes pendientes: entre 30-60%	3,5
Relieve con pendientes moderadas: entre 20-30%	3
Relieve suave: pendientes entre 10-20%	2
Relieve llano o muy suave: pendientes < 10	1

Fuente: Alberruche et al, 2014

Elaborado por: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

La calidad visual derivada por el cambio de valor del paisaje debido a la alteración topográfica de la zona ( $\Delta CviR$ ), se evaluó aplicando un coeficiente reductor (CrR), de acuerdo a los siguientes criterios.

Tabla 7-98 Criterios de Valoración del Coeficiente Reductor de la Calidad Visual de Relieve

CRITERIOS DE VALORACIÓN DEL COEFICIENTE REDUCTOR DE LA CALIDAD VISUAL DE CVIR	CRR
Restauración topográfica completa	1

CRITERIOS DE VALORACIÓN DEL COEFICIENTE REDUCTOR DE LA CALIDAD VISUAL DE CVIR	CRR
Superficie alterada sin rehabilitación y/o sin integración topográfica:	
< 5% de la superficie total de la unidad de paisaje	1
Entre 5 y 10% de la superficie de la unidad de paisaje	0,8
Entre 10 y 20% de la superficie de la unidad de paisaje	0,6
Entre 20 y 40% de la superficie de la unidad de paisaje	0,4
> 40% de la superficie total de la unidad de paisaje	0,2

Fuente: Alberruche et al, 2014

Elaborado por: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

De tal manera que la calidad visual intrínseca del componente relieve se obtiene al multiplicar la CviR y CrR, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\Delta CVi_R = CVi_{R} \times Cr_R$$

#### 7.1.10.1.2 Calidad visual intrínseca de la vegetación y uso del suelo (Cviv)

El componente relacionado a la cobertura vegetal y usos del suelo se evalúa a partir del índice de calidad visual (ICv<sub>v</sub>), este índice se calcula a partir de cada tipo de vegetación u ocupación del suelo presente en el área de análisis mediante un análisis de: Fisionomía de la agrupación vegetal (F), Estructura vertical (E), Contraste cromático (Ct), cambio estacional (Ce) de acuerdo a los criterios de la Tabla 7-99.

Tabla 7-99 Criterios de la Calidad Intrínseca de la vegetación y uso de suelo

VEGETACIÓN (USO DEL SUELO)	FISIONOMÍA	ESTRUCTURA VERTICAL	CAMBIO ESTACIONAL	CONTRASTE CROMÁTICO	ICVV
Bosque sin intervención	4	4	4	4	4
Bosque mixto	3	2	3	3	2,75
Matorrales	2	2	2	3	2,25
Pastizal	1	1	2	1,5	1,37
Prados	2	1	2	2	1,75
Cultivos	1	1	1,5	1,5	1,25
Urbano	1	2	1	0	1
Actividades extractivas	0	0	0	0	0
Suelo Desnudo	0	0	0	0	0
Afloramientos rocosos	0	0	0	0	0

Fuente: Alberruche et al, 2014

Elaborado por: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

El valor de IC<sub>v</sub> se ha obtenido mediante la aplicación de la siguiente ecuación:

$$IC_{vv} = 0,25(F + E + Ct + Ce)$$

En el caso de que se contemplen dos o más tipos de coberturas del suelo, se establecerá el porcentaje de ocupación de cada uno de ellos y se determina el índice de calidad de una asociación se obtiene mediante la suma de los valores IC<sub>v</sub> de cada tipología presente en la misma ponderados por la superficie ocupada.

### 7.1.10.1.3 Calidad visual intrínseca del agua (C<sub>viA</sub>)

El componente agua será evaluado de acuerdo con los criterios descritos en la Tabla 7-100.

Tabla 7-100 Criterios de la Calidad Intrínseca del Agua

CRITERIOS DE VALORACIÓN DEL AGUA	CVIA
Elementos singulares (cataratas, etc.) y láminas de agua: lagos, lagunas, embalses, etc	4
Arroyos y ríos de agua limpias y transparentes, con caudal permanente	3
Arroyos y ríos de agua intermitentes limpias y transparentes, Puntos de agua (fuentes y manantiales)	2
Arroyos y ríos de aguas turbias y sucias	1

Fuente: Alberruche et al, 2014

Elaborado por: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

La calidad visual derivada por el cambio de valor del paisaje tras la actividad del proyecto, se evaluó aplicando un coeficiente reductor (Cr<sub>R</sub>), de acuerdo a los criterios propuestos en la Tabla 7-101.

Tabla 7-101 Criterios de Valoración del Coeficiente Reductor de la Calidad Visual del Agua

CRITERIOS DE VALORACIÓN DEL COEFICIENTE REDUCTOR DE LA CALIDAD VISUAL INTRÍNSECA DEL FACTOR AGUA (CRR)	CRR
Sin afectación	1
Poco afectada	0,8
Afectación media	0,6
Muy afectada	0,4
Intensamente afectada: destrucción de la red de drenaje superficial y/o elevada contaminación	0,2

Fuente: Alberruche et al, 2014

Elaborado por: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

De tal manera que la calidad visual intrínseca del componente agua se obtiene al multiplicar la C<sub>viA</sub> y Cr<sub>A</sub>, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\Delta CV_{iA} = CV_{iA} \times Cr_A$$

#### 7.1.10.1.4 Calidad intrínseca de los elementos artificiales (Cvi<sub>EA</sub>)

El valor de la calidad visual intrínseca del componente elementos artificiales (Cvi<sub>EA</sub>) se determina en función del grado de integración o discordancia de dichos elementos con el paisaje, y de la superficie ocupada. Salvo excepciones como es el caso de algunos elementos culturales singulares que refuerzan e incluso incrementan los valores intrínsecos de la calidad visual, una menor ocupación de elementos artificiales representará una mayor naturalidad y, por lo tanto, una mayor calidad visual intrínseca, los criterios para determinar la Cvi<sub>EA</sub> se presentan en el siguiente cuadro:

Tabla 7-102 Criterios de Calidad Intrínseca de los Elementos Artificiales

CALIDAD VISUAL INTRÍNSECA DEL FACTOR ELEMENTOS ARTIFICIALES (CVIEA)	CVIEA
Ausencia de elementos artificiales	4
<b>OCUPACIÓN DE LOS ELEMENTOS SUPERFICIALES</b>	
< 1% de la superficie de la unidad de paisaje	4
Entre 1% y 10% de la superficie de la unidad	3
Entre 10% y 20% de la superficie de la unidad	2
> 20% de la superficie de la unidad de paisaje	1

Fuente: Alberruche et al, 2014

Elaborado por: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

#### 7.1.10.1.5 Cálculo de la calidad visual global del paisaje (Cv)

La calidad visual (Cv) global será el resultado de la suma ponderada de la calidad visual intrínseca de cada componente del paisaje en que se ha desagregado, en función del peso relativo de cada uno de ellos, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$C_v = 0,2Cvi_R + 0,4Cvi_V + 0,1Cvi_A + 0,3Cvi_{EA}$$

Donde:

C<sub>v</sub>: Calidad visual del paisaje

Cvi<sub>R</sub>: Calidad visual intrínseca del relieve

Cvi<sub>V</sub>: Calidad visual intrínseca de vegetación/uso de suelos

Cvi<sub>A</sub>: Calidad visual intrínseca del agua

Cvi<sub>EA</sub>: Calidad visual intrínseca de elementos artificiales

Finalmente, la escala cualitativa de valoración de la calidad visual se observa en la Tabla 7-103

Tabla 7-103 Criterios de Calidad Visual del Paisaje

CALIDAD VISUAL DEL PAISAJE	ESCALA (CV)
Baja	≤1
Media Baja	1<Cv≤1,5
Media	1,5<Cv≤2
Media alta	2<Cv≤2,5
Alta	2,5<Cv≤3
Muy Alta	3<Cv≤4

Fuente: Alberruche et al, 2014

Elaborado por: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

## **7.1.10.2 Resultados**

### **7.1.10.2.1 Calidad visual intrínseca de relieve (CviR)**

El área del proyecto registra elementos singulares geomorfológicos, la zona norte de la concesión presenta pendientes que van del 40% al 150% hacia el sur se registra una zona más baja que presenta pendientes del 12% al 25%. El criterio de calidad intrínseca del relieve es 4 (Ver Anexo I cartografía, 1. Mapas\_pdf, 25 Mapa de pendientes).

El área del proyecto no presenta signos de intervención que hayan alterado a la topografía o geomorfología del área, de tal manera que no se considera un coeficiente de reducción de la calidad visual del paisaje.

### **7.1.10.2.2 Calidad visual intrínseca de vegetación/uso de suelos (Cviv)**

Cartográficamente se ha determinado que más del 88% del área operativa presenta una cobertura de bosque nativo, más del 10% corresponde a tierra agropecuaria y aproximadamente un 2% de vegetación arbustiva y herbácea, como se aprecia en el Anexo I Cartografía, 1. Mapas\_pdf, Mapa 11, elaborado en función de MAATE, 2018.

La calidad visual intrínseca de vegetación y uso de suelo corresponde a bosque mixto, ya que durante la inspección de campo, se verificó que existe incidencia importante de la presencia de pastizales. En tal sentido se le dio una calificación de 2,75 que merman la calidad del paisaje.

### **7.1.10.2.3 Calidad visual intrínseca del agua (CviA)**

En área del proyecto se registran arroyos y ríos de agua limpia y transparente, con caudal permanente, se evidencian varios cuerpos hídricos en la zona de estudio. El criterio de calificación de la calidad visual del agua considera ríos de aguas limpias con caudal permanente, es decir un coeficiente de 3.

El criterio de valoración del coeficiente reductor considera que las muestras de calidad del agua presentaron valores sobre el límite máximo permisible en Aluminio, Cobre, Hierro, Manganeso, Plomo y Zinc. Se considera que los cuerpos hídricos son poco afectados, es decir un coeficiente reductor de 0,8.

Aplicando el coeficiente reductor se obtiene que la calidad visual intrínseca del componente agua es 2,4.

### **7.1.10.2.4 Calidad visual intrínseca de elementos artificiales**

En el área del proyecto no se registra la implementación de elementos artificiales, sin embargo, en los predios aledaños se observan casas dispersas, razón por la cual el criterio de calidad visual de elementos artificiales es 3.

### **7.1.10.2.5 Calidad visual intrínseca total**

Una vez obtenida la valoración de calidad de paisaje del relieve, vegetación/uso del suelo, agua y elementos artificiales, se calcula la calidad visual global del paisaje del área de estudio:

$$C_V = 0,2 C_{vi_R} + 0,4 C_{vi_A} + 0,1 C_{vi_R} + 0,3 C_{vi_{EA}}$$

$$C_V = 0,2 * 4 + 0,4 * 2,4 + 0,1 * 3,2 + 0,3 * 3$$

$$C_V = 0,8 + 0,96 + 0,32 + 0,9 = 2,98$$

Tabla 7-104 Calidad visual del paisaje

CALIDAD VISUAL DEL PAISAJE	ESCALA (CV)
Baja	$\leq 1$
Media Baja	$1 < C_V \leq 1,5$
Media	$1,5 < C_V < 2$
Media alta	$2 < C_V \leq 2,5$
Alta	$2,5 < C_V \leq 3$
Muy Alta	$3 < C_V \leq 4$

Fuente: Alberruche et al, 2014

Elaborado por: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

La evaluación de paisaje ha determinado que la calificación alcanza el valor de 2,98; es decir, una calidad del paisaje Alta.