



**ESTUDIO DE
IMPACTO
AMBIENTAL EX
ANTE PARA LA FASE
DE EXPLORACIÓN
AVANZADA DE LA
CONCESIÓN MINERA
TRES CERRILLOS
(CÓD. 40000245) Y
LA CONCESIÓN
MINERA LA
PRIMAVERA (CÓD.
40000246)
PERTENECIENTE AL
PROYECTO TRES
CERRILLOS**

LÍNEA BASE - FÍSICA

MAYO 2021

TABLA DE CONTENIDOS

7	Diagnóstico ambiental- línea base	1
7.1	Medio Físico	1
7.1.1	Climatología	1
7.1.2	Ruido	14
7.1.3	Calidad de aire	24
7.1.4	Geología.....	31
7.1.5	Hidrogeología	65
7.1.6	Suelos	67
7.1.7	Capacidad de uso.....	95
7.1.8	Cobertura vegetal y uso actual	96
7.1.9	Hidrología	97
7.1.10	Calidad de agua	181
7.1.11	Paisaje.....	205

TABLAS

Tabla 7-1	Ubicación geográfica de las estaciones climatológicas	1
Tabla 7-2	Precipitaciones reportadas en la estación climatológica M107-Cahuasquí - FAO y estación pluviométrica M301-FF CC Carchi.	4
Tabla 7-3	Temperatura reportada en la estación climatológica M107- Cahuasquí FAO	6
Tabla 7-4	Humedad relativa reportada en la estación climatológica M107-Cahuasquí FAO	7
Tabla 7-5	Nubosidad reportada en la estación climatológica M107-Cahuasquí FAO ..	9
Tabla 7-6	ETP reportada en la estación climatológica M107-Cahuasquí	11
Tabla 7-7	Balance hídrico en la estación climatológica M107-Cahuasquí-FAO.....	12
Tabla 7-8	Variable analizada para la definición del punto de muestreo.....	14
Tabla 7-9	Ubicación de los puntos de muestreo de ruido histórico y actual	15
Tabla 7-10	Equipos utilizados para el monitoreo.....	18
Tabla 7-11	Resultados de monitoreo de ruido	20
Tabla 7-12	Resultados de monitoreo de ruido de 24 horas	21
Tabla 7-13	Ubicación de los puntos de muestreo de calidad del aire	24
Tabla 7-14	Límites máximos permisibles establecidos en la legislación ambiental ...	25
Tabla 7-15	Descripción de equipos utilizados	26
Tabla 7-16	Resultados del monitoreo de calidad de aire.....	30
Tabla 7-17	Resultados del monitoreo de calidad de aire – partículas sedimentables	30
Tabla 7-18	Registro fotográfico de Afloramiento ubicado en la parte oriental de la concesión Primavera	41
Tabla 7-19	Porcentaje de área de cobertura por pendiente	47
Tabla 7-20	Dominios fisiográficos, genética y geoformas	48
Tabla 7-21	Dominios fisiográficos, genética y geoformas	54

Tabla 7-22 Registro fotográfico del deslizamiento identificado cerca al poblado de El Carmen UTM 813527E, 87840N.....	56
Tabla 7-23 Fuentes corticales que influyen el área de estudio.....	59
Tabla 7-23 Fuentes slab que influyen el área de estudio.....	60
Tabla 7-24 Unidades litológicas en función de su porosidad, permeabilidad y tipo de acuíferos.....	66
Tabla 7-25 Ubicación de las muestras de suelo.....	69
Tabla 7-26 Registro fotográfico de las muestras de suelo.....	69
Tabla 7-27 Características del Punto MS –TC1 – La Primavera.....	73
Tabla 7-28 Características del Punto MS –TC1 – La Primavera.....	74
Tabla 7-29 Características del Punto MS-TC3– La Primavera.....	75
Tabla 7-30 Características del Punto MS-TC4– Tres Cerrillos.....	76
Tabla 7-31 Características del Punto MS-TC5 – La Primavera.....	77
Tabla 7-32 Características del Punto MS-TC6 – Tres Cerrillos.....	78
Tabla 7-33 Características del Punto MS-TC7 – Tres Cerrillos.....	79
Tabla 7-34 Características físicas de los suelos.....	82
Tabla 7-35 Características mecánicas de los suelos.....	83
Tabla 7-36 Características del Punto MS –TC1 – La Primavera.....	84
Tabla 7-37 Características del Punto MS –TC1 – La Primavera.....	85
Tabla 7-38 Características del Punto MS-TC3– La Primavera.....	86
Tabla 7-39 Características del Punto MS-TC4– Tres Cerrillos.....	86
Tabla 7-40 Características del Punto MS-TC5 – La Primavera.....	87
Tabla 7-41 Características del Punto MS-TC6 – Tres Cerrillos.....	88
Tabla 7-42 Características del Punto MS-TC7 – Tres Cerrillos.....	88
Tabla 7-43 Resultados de laboratorio de muestras de suelo.....	91
Tabla 7-44 Curvas de Huff – Distribución temporal de precipitación para eventos de tormenta para probabilidad del 50% de cada cuartil en área entre 128 y 1024 km ²	109
Tabla 7-45 Unidades hidrográficas nivel 6 en las concesiones mineras Tres Cerrillos y La Primavera.....	111
Tabla 7-46 Características físicas y morfológicas de las subcuencas de las concesiones mineras Tres Cerrillos y La Primavera.....	116
Tabla 7-47 Clasificación de los grupos hidrológicos de los suelos.....	119
Tabla 7-48 Tipos de suelos en las subcuencas de las concesiones mineras Tres Cerrillos y La Primavera.....	120
Tabla 7-49 Uso de suelo y cobertura vegetal en las subcuencas del área de estudio.....	130
Tabla 7-50 Ubicación de estaciones y disponibilidad de Información de caudales..	132
Tabla 7-51 Ecuaciones de las curvas de descarga en estaciones hidrológicas.....	132
Tabla 7-52 Caudales Medios Mensuales en la estación H0013 Blanco A.J. Mira (m ³ /s).....	134
Tabla 7-53 Caudales Medios Anuales, específicos y lámina de escurrimiento en las estaciones hidrológicas.....	138
Tabla 7-54 Caudales característicos en la estación H0013 Blanco A.J. Mira.....	139
Tabla 7-55 Caudales característicos en la estación 51027030 río Quelvi.....	140
Tabla 7-56 Caudales de la Curva de variación estacional caudales mensuales en la estación H0013 Blanco A.J. Mira.....	142

Tabla 7-57 Ubicación de los sitios de Aforos líquidos levantados en campo.....	143
Tabla 7-58 Resumen de resultados de las mediciones de campo (aforos líquidos)	146
Tabla 7-59 Caudal medio anual para las subcuencas de las concesiones mineras Tres Cerrillos y La Primavera.....	147
Tabla 7-60 Caudal medios mensuales en el río Golondrinas/Río Goaltal – P4 (m3/s)	149
Tabla 7-61 Caudales característicos en las subcuencas de las concesiones mineras Tres Cerrillos y La Primavera.....	152
Tabla 7-62 Caudales con probabilidad Curva de variación estacional río Golondrinas/Río Goaltal.....	153
Tabla 7-63 Sitios de autorizaciones para uso y aprovechamiento de agua en las subcuencas del río Blanco	154
Tabla 7-64 Caudal ecológico en las subcuencas de estudio	155
Tabla 7-65 Caudales máximos instantáneos en la estación H0013 Blanco A.J. Mira	157
Tabla 7-66 Caudales máximos con periodo de retorno en la estación H0013 Blanco A.J. Mira	159
Tabla 7-67 Caudales máximos con periodo de retorno para las subcuencas de interés – método probabilístico.....	159
Tabla 7-68 Número de curva NC ponderado para cada subcuenca de interés	161
Tabla 7-69 Tiempo de concentración de las subcuencas de las concesiones mineras Tres Cerrillos y La Primavera.....	164
Tabla 7-70 Tiempo de retardo de las subcuencas de las concesiones mineras Tres Cerrillos y La Primavera.....	164
Tabla 7-71 Caudal base estimado para las subcuencas de interés.....	165
Tabla 7-72 Ecuaciones de intensidad de lluvia para la Zona 41	165
Tabla 7-73 Intensidad de lluvia máxima para la Zona 41 (mm/h)	166
Tabla 7-74 Lámina de precipitación a distintos periodos de retorno.....	167
Tabla 7-75 Distribución temporal de la lámina de precipitación duración 240 minuto (mm).....	167
Tabla 7-76 Caudales máximos con periodo de retorno para las subcuencas de interés – método del hidrograma unitario sintético.....	168
Tabla 7-77 Pendiente longitudinal de los cauces	172
Tabla 7-78 Coeficientes de rugosidad de Manning	172
Tabla 7-79 Valores de corrección del coeficiente n de Manning	173
Tabla 7-80 Calibración de los Coeficiente de Manning para los aforos líquidos.....	174
Tabla 7-81 Niveles normales asociados a los caudales medios en los sitios de interés	176
Tabla 7-82 Niveles máximos para un período de retorno de 5 años en los sitios de interés.....	178
Tabla 7-83 Ubicación de Puntos de Monitoreo Aguas Superficiales	183
Tabla 7-84 Resultados de laboratorio de muestras de agua	189
Tabla 7-85 Ecuaciones para determinar S_i	202
Tabla 7-86 Escalas de clasificación ICA	202
Tabla 7-87 Resultados calculo ICA.....	204
Tabla 7-88 Valoración indirecta de componentes paisajísticos	206

Tabla 7-89 Descripción CA paisajística.....	207
Tabla 7-90 Criterios de evaluación y puntuación de parámetros paisaje.....	207
Tabla 7-91 Evaluación Valoración Absoluta.....	208

FIGURAS

Figura 7-1 Caracterización climatología.....	3
Figura 7-2 Precipitación reportada en la estación climatológica M107-Cahuasquí y en la estación pluviométrica M301-FF CC Carchi.	4
Figura 7-3 Mapa de Isoyetas.	5
Figura 7-4 Temperaturas reportadas en la Estación Climatológica Cahuasquí FAO (M107).....	6
Figura 7-5 Mapa de Isotermas.	7
Figura 7-6 Humedad relativa reportada en la estación climatológica Cahuasquí (M107).	8
Figura 7-7 Rosa de los vientos estación climatológica Cahuasquí FAO (M107).....	8
Figura 7-8 Nubosidad reportada en la estación climatológica M107 – Cahuasquí FAO.....	9
Figura 7-9 Diagrama ombrotérmico de la estación climatológica M107- Cahuasquí FAO.....	10
Figura 7-10 Evapotranspiración potencial de la estación climatológica M107.....	12
Figura 7-11 Balance hídrico de la estación climatológica M107 – Cahuasquí FAO...	13
Figura 7-12 Ubicación de puntos de muestreo de ruido ambiental.....	17
Figura 7-13 Ubicación de las muestras de calidad del aire.....	25
Figura 7-14 Marco geodinámico de la cuenca Golfo de Guayaquil-Tumbes (GGTB) y el Bloque Andino (NAB).....	32
Figura 7-15 Geología regional de la Cordillera Occidental entre 0° - 1° N mostrando el cinturón en el que se encuentra el área de estudio. (Modificado de Boland et al., 2000).....	33
Figura 7-16 Mapa geológico de la república del Ecuador, Escala 1:1 000 000, emplazamiento geológico regional del área de estudio.....	35
Figura 7-17 Mapa de fallas y pliegues donde se evidencian las dos fallas más cercanas al proyecto.....	37
Figura 7-18 Mapa Geológico de la zona de estudio.	40
Figura 7-19 Mapa metalogénico de Ecuador escala 1:1 000 000.....	44
Figura 7-20 Mapa metalogénico de Ecuador escala 1:1 000 000.....	44
Figura 7-21 Nivel de exposición del proyecto Tres Cerrillos.....	46
Figura 7-22 Coluvión Antiguo (Can). Sector Gualchan. Cantón Espejo.	49
Figura 7-23 Relieve Ondulado (R1). Sector Chinambí. Cantón Mira, 2013.	50
Figura 7-24 Relieve Colinado Bajo (R3). Sector Guadual. Cantón Mira, 2013.	51
Figura 7-25 Relieve colinado alto (R4). Sector Sta. Rita. Cantón Mira, 2013.	51
Figura 7-26 Relieve colina alto (R5). Sector El Gaotal. Cantón Jijon y Caamaño, 817325 E, 86810 N, 2021.	52
Figura 7-26 Relieve colinado muy alto (R6). Sector El Gaotal. Cantón Jijon y Caamaño, 816735 E, 85785 N, 2021.	52
Figura 7-26 Relieve montañoso (R7). Sector vía al Carmen. Cantón Mira, 2013.	53

Figura 7-27 Superficie Ondulada (Sn). Sector Altamira. Catón Mira, 2013.....	53
Figura 7-28 Terraza baja (Tb). Sector San Juan de Lachas. Catón Mira, 2013.....	54
Figura 7-29 Mapa Geomorfológico del área de Tres Cerrillos (Ver Anexo E, Mapa 09)	55
Figura 7-30 Configuración Sismotectónica regional.	58
Figura 7-31 Número mensual de eventos en las fuentes corticales.	60
Figura 7-32 Número mensual de eventos en las fuentes corticales.	61
Figura 7-33. Hoja Geológica de la Carolina, donde se evidencia un deslizamiento activo y la litología asociada.....	62
Figura 7-34 Mapa metalogénico de Ecuador escala 1:1 000 000.....	64
Figura 7-35 Ubicación de las muestras de suelo.....	71
Figura 7-36 Mapa de estimación de concentración de Cobre (ppm)	94
Figura 7-37 Curva de Huff – patrón de tormenta acumulado del segundo cuartil	110
Figura 7-38 Pendiente ponderada del río Golondrinas/Río Goaltal	117
Figura 7-39 Pendiente ponderada del río Chorro Blanco	117
Figura 7-40 Pendiente ponderada del río Tablas	118
Figura 7-41 Pendiente ponderada del río Primavera.....	118
Figura 7-42 Pendiente ponderada del río Blanco.....	119
Figura 7-43 Grupo hidrológico del suelo en relación con la textura.....	120
Figura 7-44 Curva de descarga de la estación H0013 Blanco A.J. Mira.....	133
Figura 7-45 Caudales medios mensuales H0013 Blanco A.J. Mira (m ³ /s).....	136
Figura 7-46 Caudales mensuales en la estación H0013 Blanco A.J. Mira (m ³ /s)....	136
Figura 7-47 Caudales medios mensuales 51027030 río Quelvi (m ³ /s)	137
Figura 7-48 Caudales medios mensuales 51027030 río Quelvi (m ³ /s).....	137
Figura 7-49 Regresión lineal entre Caudales medios mensuales de estaciones hidrológicas	138
Figura 7-50 Curva de duración general de la estación H0013 Blanco A.J. Mira.....	140
Figura 7-51 Curva de duración general de la estación 51027030 río Quelvi	141
Figura 7-52 Curva de duración general adimensionales en las estaciones analizadas	142
Figura 7-53 Curva de variación estacional de la estación H0013 Blanco A.J. Mira .	143
Figura 7-54 Cálculo de aforo – método velocidad área.....	145
Figura 7-55 Curva de Duración General en el río Golondrinas/Río Goaltal	153
Figura 7-56 Curva de variación estacional del río Golondrinas/Río Goaltal.....	154
Figura 7-57 Curva intensidad – duración – período de retorno zona 41.....	166
Figura 7-58 Hietograma de precipitación para evento de tormenta de duración 240 minutos y período de retorno de 100 años.....	168
Figura 7-59 Hidrograma de crecida para el río Golondrinas/Río Goaltal para un período de retorno de 100 años.....	169
Figura 7-60 Hidrograma de crecida para el río Tablas para un período de retorno de 100 años.....	169
Figura 7-61 Hidrograma de crecida para el río Primavera para un período de retorno de 100 años.....	170
Figura 7-62 Hidrograma de crecida para el río Blanco para un período de retorno de 100 años.....	170
Figura 7-63 Sección transversal del cauce del río Tablas	172

Figura 7-64 Calibración de la Sección transversal del río Tablas	175
Figura 7-65 Nivel normal en el río Tablas	177
Figura 7-66 Nivel máximo TR5 en el río Tablas	179
Figura 7-67 Ubicación de Puntos de Muestreo en función de las cuencas hidrográficas	186
Figura 7-68 Vista desde parte elevada del proyecto minero.....	210
Figura 7-69 Función de transformación Valor relativo paisaje vs. Calidad Ambiental (Paisajística).....	211

7 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL- LÍNEA BASE

7.1 Medio Físico

7.1.1 Climatología

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).

En base a esto, se definió que las estaciones más idóneas para realizar la caracterización climatológica eran las estaciones M107 – Cahuasquí y M301 – FF CC Carchi, las cuales pertenecen a la Red Climatológica del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). Cabe indicar que además de estas 2 estaciones existen otras estaciones más cercanas al área de estudio, sin embargo, no presentan los datos suficientes y necesarios para un análisis climatológico. 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		AÑOS DISPONIBLES	ALTITUD (M.S.N.M.)	DISTANCIA (KM)	FUENTE
			ESTE	NORTE				
M107	Cahuasquí FAO	CO	810207	10056962	1992-2013	830	26,90	INAMHI
M301	FF CC Carchi	PV	818527	10066957	1990-1993 1995-2013	1280	9,33	INAMHI
M311	Cahuasquí	PV	810207	10056962	2003	2340	26,93	INAMHI
M102	El Ángel	CO	840093	10068513	1990-2013	3000	27,01	INAMHI
M312	Pablo Arenas	PV	812250	10055211	1990-1993	2340	28,55	INAMHI

CÓD. DE LA ESTACIÓN	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	TIPO	COORDENADAS		AÑOS DISPONIBLES	ALTITUD (M.S.N.M.)	DISTANCIA (KM)	FUENTE
			ESTE	NORTE				
					1993-2013			
M596	Cachaco	PV	787941	10090822	Sin información	710	20,02	INAMHI
M693	Buenos Aires-Imbabura	PV	797267	10069036	Sin información	2200	18,20	INAMHI
M694	Maldonado C	PG	820950	10100221	1990-1992	1550	10,76	INECEL
CO: climatológica ordinaria – PG: Pluviográfica – PV: Pluviométrica Ver Mapa 3: Mapa Climático								

Fuente: INAMHI, mayo 2021

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

Toda la información recabada fue revisada en una base de datos para su posterior análisis estadístico. La depuración consistió en eliminar de la base de datos la información errónea originada en fallas técnicas en el almacenamiento de datos, mantenimiento de las estaciones, o defectos en los sensores. Otro punto por indicar es que la información climatológica faltante dentro de los anuarios fue sistematizada mediante métodos estadísticos recomendados por la Organización Meteorológica Mundial (WMO) como es el método denominado *media en cruz*, el cual permite estimar un dato calculando el valor promedio de los cuatro valores de sus lados, es un método matemático simple y es utilizado generalmente para la estimación de pocos datos meteorológicos faltantes.

Como ejemplo se cita lo siguiente: en el parámetro de humedad relativa no se cuenta con el valor del mes de febrero del año 2002, se evidencia que si existen valores para los años y meses continuos.

Para ello se aplica la siguiente fórmula:

$$X = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{N}$$

$$X = \frac{78 + 79 + 79 + 79}{4}$$

$$X = 78,8$$

Para la Estación Climatológica M107-Cahuasquí FAO, se recopiló y analizó los datos climatológicos diarios correspondientes a 22 años (1990-2000, 2002 y 2004-2013), cabe recalcar que no existieron datos en los años 2001 y 2003 (Ver Anexo C-1-1 "Climatología").

Para la Estación Pluviométrica M301 – FF CC Carchi, se recopiló y analizó los datos pluviométricos mensuales correspondientes a 23 años (1990-2013), excepto el año 1994 que no presenta registro de datos del INAMHI.

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).

7.1.1.1 Caracterización Climática y Meteorológica

En la Figura 7-1, se presentan los valores de las características analizadas de la Estación Climatológica M107- Cahuasquí FAO. El análisis estadístico se realizó en base a registros mensuales.

CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA - ESTACIÓN METEOROLÓGICA M107 (CAHUASQUÍ FAO) - PERIODO: 1990-2013														
LATITUD 9.577.415 LONGITUD 748.491 ELEVACIÓN 830 msnm														
PARÁMETROS (Valores medios)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Media	TOTAL
PRECIPITACIÓN MEDIA (mm)	83,30	77,75	78,45	77,58	52,90	19,73	10,61	8,16	22,86	65,72	84,95	82,95	55,41	664,96
HUMEDAD RELATIVA (%)	79,27	78,94	78,95	79,09	77,95	76,36	75,08	74,48	73,80	76,40	79,13	79,07	77,38	928,53
NUBOSIDAD (Oclas)	6,14	6,42	6,14	5,95	5,73	5,36	5,09	5,05	5,20	5,68	6,07	6,00	5,74	68,83
TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)	16,29	16,36	16,63	16,78	16,90	16,99	16,72	16,92	17,17	16,91	16,61	16,43	16,73	200,70
BALANCE HIDRICO (mm)	10,93	78,06	4,12	7,38	-17,60	-42,44	-53,37	-57,53	-43,73	-4,86	13,85	16,83	-7,36	-88,36
VELOCIDAD DEL VIENTO (Km/h)	1,50	1,56	1,64	1,67	4,95	2,13	2,58	2,63	2,45	2,11	1,92	2,05	2,27	27,19
VALORES MÍNIMOS														
PRECIPITACIÓN MEDIA (mm)	4,00	12,10	9,00	4,00	2,90	0,00	0,00	0,00	0,00	26,90	7,90	18,40	7,10	85,20
HUMEDAD RELATIVA (%)	74,00	71,00	75,00	77,00	75,00	73,00	68,00	67,00	68,00	71,00	76,00	75,00	72,50	870,00
NUBOSIDAD (Oclas)	4,00	4,00	5,00	4,00	4,00	4,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	5,00	3,92	47,00
TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)	15,10	15,10	15,50	15,70	15,90	16,00	15,70	16,10	16,30	15,70	15,00	15,20	15,61	187,30
VALORES MÁXIMOS														
PRECIPITACIÓN MEDIA (mm)	201,40	163,90	193,50	206,20	148,10	86,50	44,80	31,20	94,10	151,10	174,40	200,60	141,32	1695,80
HUMEDAD RELATIVA (%)	83,00	84,00	83,00	82,00	81,00	79,00	81,00	79,00	79,00	81,00	83,00	83,00	81,50	978,00
NUBOSIDAD (Oclas)	8,00	8,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	8,00	8,00	7,33	88,00
TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)	18,20	17,90	18,20	18,20	17,60	18,00	17,60	17,80	18,10	17,70	17,40	17,40	17,84	214,10

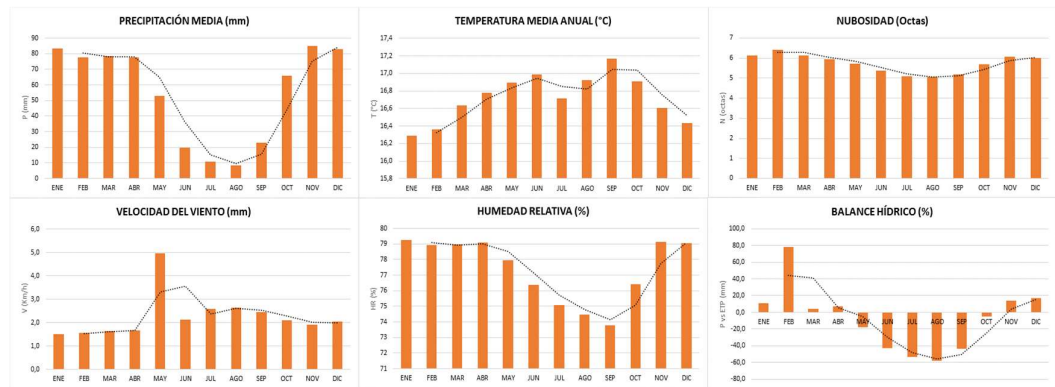


Figura 7-1 Caracterización climatología

Fuente: INAMHI, mayo 2021
 Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

7.1.1.2 Precipitación

El régimen pluviométrico en la zona se mantiene con variaciones muy leves durante el año. La distribución temporal es bimodal, ya que, se registran un periodo de mayor índice de precipitación en la zona que van de enero a mayo, de acuerdo con los registros de la Estación Pluviométrica M301, de igual manera en la Estación Climatológica M107, el comportamiento se repite, teniendo una distribución temporal bimodal, en los meses de enero a mayo.

En la Estación Climatológica M107, el mayor índice de pluviosidad se registra en los meses de enero y noviembre, con un promedio de 84,12 mm, mientras que los meses

con valores bajos, registrados son junio, julio y agosto, siendo agosto el mes más bajo, con un promedio de 8,16 mm. La precipitación media, dentro del período de análisis, es de 55,4 mm y totales pluviométricos anuales de 664,96 mm.

En la Estación Pluviométrica M301, el mes de febrero con un promedio de 190,08 mm, registra el índice más alto de pluviosidad, mientras que los meses de julio y agosto, registran índices de pluviosidad bajos, siendo agosto el mes más bajo con un promedio de 7,66 mm. La precipitación media, dentro del período de análisis, es de 55,8 mm y totales pluviométricos anuales de 669,79 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 mayo, un segundo periodo de octubre a diciembre, además de que los meses donde los índices de pluviosidad son los más bajos es julio y agosto.

Tabla 7-2 Precipitaciones reportadas en la estación climatológica M107-Cahuasquí - FAO y estación pluviométrica M301-FF CC Carchi.

PRECIPITACIÓN (mm)	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	MEDIA	TOTAL
M107	83,30	77,75	78,45	77,58	52,90	19,73	10,61	8,16	22,86	65,72	84,95	82,95	55,4	664,96
M301	61,34	190,08	56,94	62,03	42,43	22,91	10,87	7,66	23,78	51,03	65,46	75,27	55,8	669,8

Fuente: INAMHI, mayo 2021

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

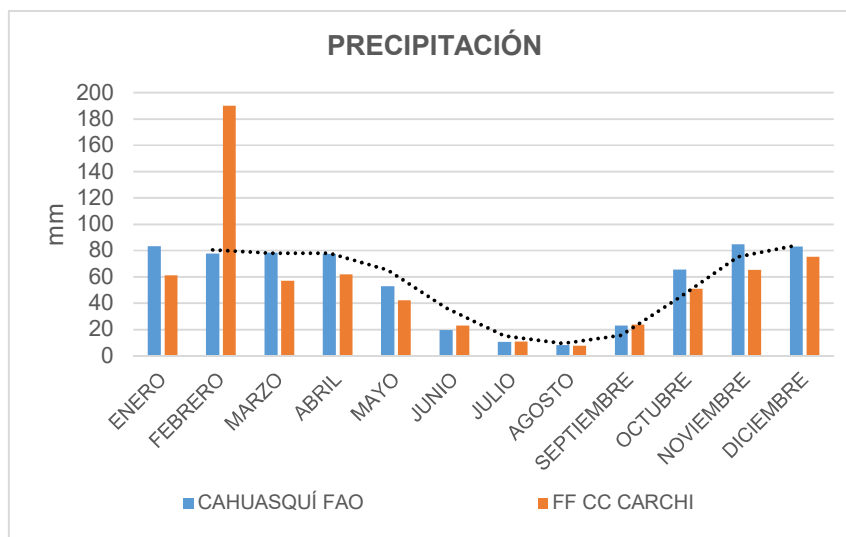


Figura 7-2 Precipitación reportada en la estación climatológica M107-Cahuasquí y en la estación pluviométrica M301-FF CC Carchi.

Fuente: INAMHI, mayo 2021

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

Relacionando el mapa de isoyetas generado por el INAMHI (2013) (*Ver Mapa 6: Mapa de isoyetas*) con los datos obtenidos de las estaciones más cercanas al área de estudio

con datos disponibles (M107 y M301) se observa que los datos proporcionados por INAMHI, son superiores a los registrados en las estaciones de análisis, alcanzando valores de precipitación que van de los 1154,98 a 3029,92 mm. Se debe mencionar que el INAMHI ejecuta los análisis con una mayor cantidad de estaciones y años de datos para la elaboración del modelo presentado. No obstante, se puede identificar que en el área no se espera presencia de déficit hídrico, considerando que el nivel de precipitación en la zona es bastante elevado.

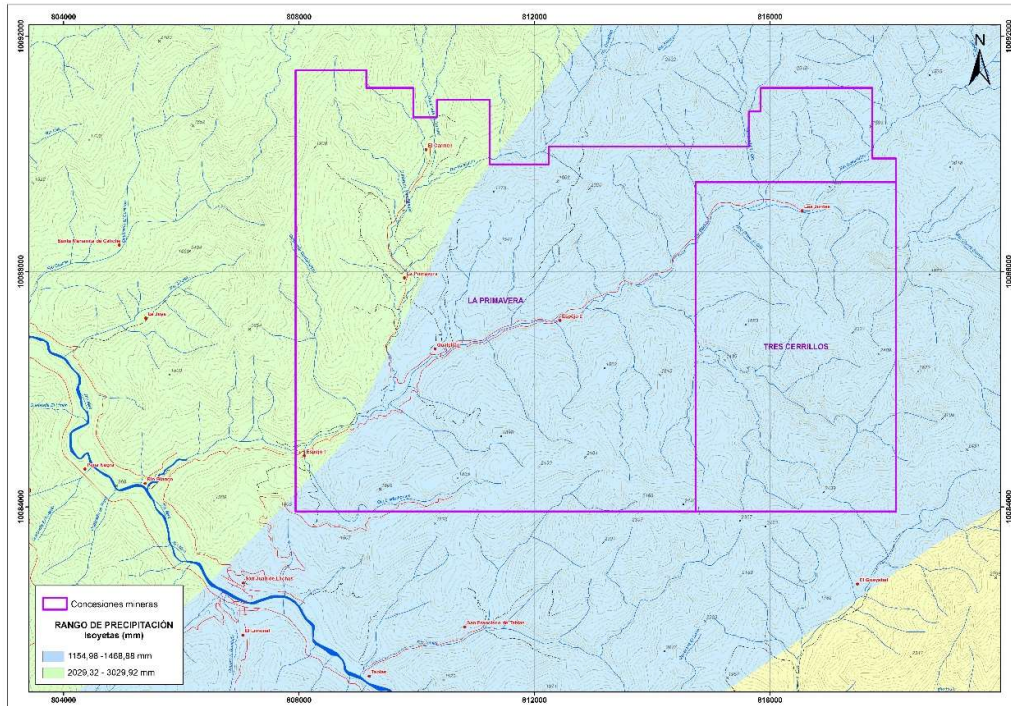


Figura 7-3 Mapa de Isoyetas.

Fuente: INAMHI, 2015

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

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 M107-Cahuasquí FAO, ya que esta estación cumple con los parámetros establecidos para dicho análisis; la temperatura media anual del período analizado es de 16,7 °C, con una oscilación térmica que va desde una mínima de 16,29 °C para el mes de noviembre hasta 17,17 °C como máximo de temperatura para el mes de septiembre, obteniendo como resultado una oscilación térmica media de 0,88 °C a lo largo del año.

Tabla 7-3 Temperatura reportada en la estación climatológica M107- Cahuasquí FAO

TEMPERATURA (°C)	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	MEDIA
M107	16,3	16,4	16,6	16,8	16,9	17,0	16,7	16,9	17,2	16,9	16,6	16,4	16,7

Fuente: INAMHI, mayo 2021

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

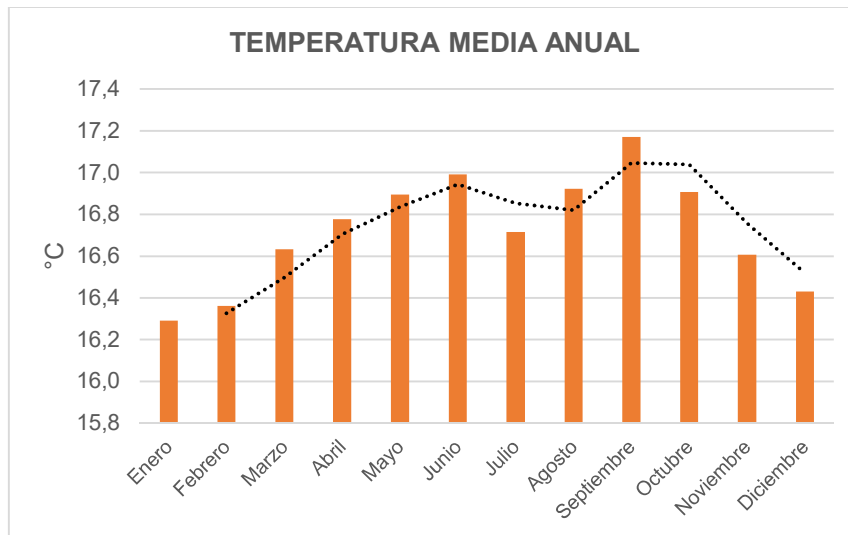


Figura 7-4 Temperaturas reportadas en la Estación Climatológica Cahuasquí FAO (M107)

Fuente: INAMHI, mayo 2021

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021.

Relacionando el mapa de isotermas generado por el INAMHI (2013) (*Ver Mapa 5: Mapa de isotermas*) con los datos obtenidos de la estación más cercana al área de estudio con datos disponibles (M107) se observa que la temperatura media está dentro del rango establecido en los datos de las isotermas. Puesto que en dicho mapa se aprecia que para el sector la temperatura oscila entre 12,9°C a 19,5 °C

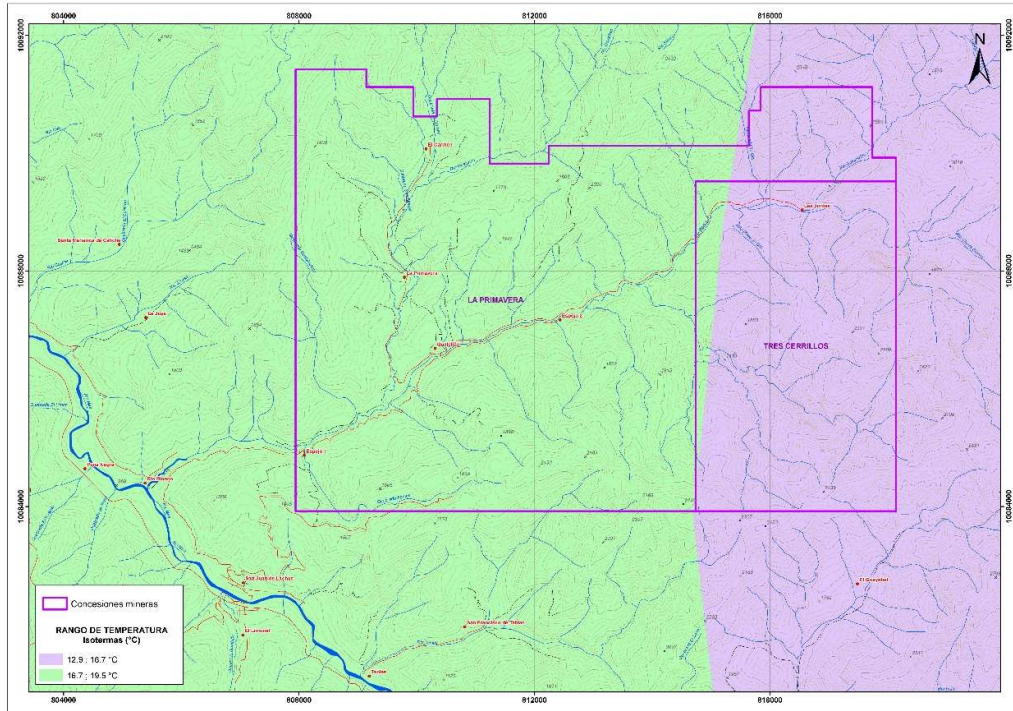


Figura 7-5 Mapa de Isotermas.

Fuente: INAMHI, 2015

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

Cabe mencionar que durante el levantamiento de información base se estimó que la temperatura se mantiene entre los 15 (medio mínimo) y 18 (medio máximo) °C durante el día, pero por las noches tiende a bajar.

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 M107 es de 77%, los valores máximos registrados se observan similares durante todo el año, a excepción de los meses agosto y septiembre con una humedad relativa de 74%, siendo a su vez valores mínimos.

Tabla 7-4 Humedad relativa reportada en la estación climatológica M107-Cahuasquí FAO

HUMEDAD RELATIVA (%)	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	MEDIA
M107	79	79	79	79	78	76	75	74	74	76	79	79	77

Fuente: INAMHI, 2021

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

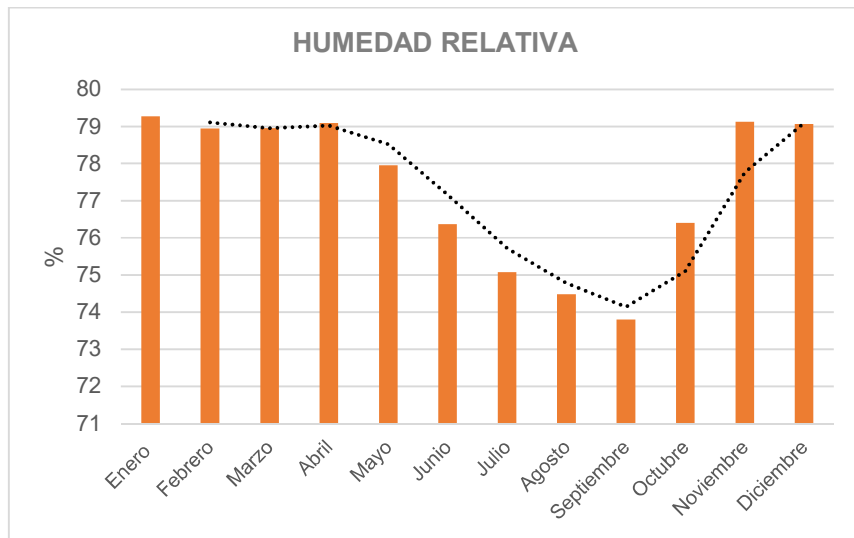


Figura 7-6 Humedad relativa reportada en la estación climatológica Cahuasquí (M107).

Fuente: INAMHI, mayo 2021

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

7.1.1.5 Velocidad y dirección del viento

Para la estación Climatológica M107, la velocidad del viento presenta variaciones que van con un mínimo de 0,2 Km/h en el mes de febrero hasta una velocidad máxima de 71 km/h en el mes de mayo. La velocidad media fue de 2,27 km/h.

Como se observa en la Figura 7-7, las direcciones predominantes de los vientos son Este (75%), al Norte (11,0%); y, Oeste (85), Noreste y Sur con el 3%, respectivamente.

DIRECCIÓN DEL VIENTO	
DIRECCIÓN	%
N	11
NE	3
E	75
SE	0
S	3
O	8
NO	0

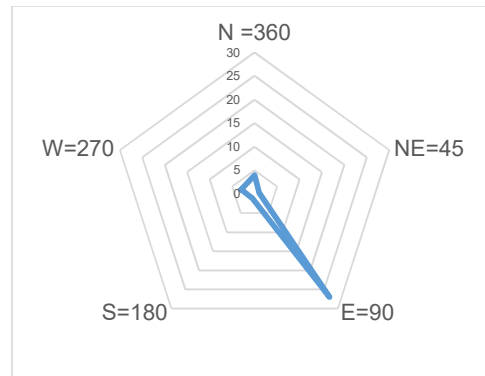


Figura 7-7 Rosa de los vientos estación climatológica Cahuasquí FAO (M107).

Fuente: INAMHI, mayo 2021

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

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 7-5 Nubosidad reportada en la estación climatológica M107-Cahuasquí FAO

NUBOSIDAD (OCTAS)	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	MEDIA
M107	6	6	6	6	6	5	5	5	5	6	6	6	6

Fuente: INAMHI, mayo 2021

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

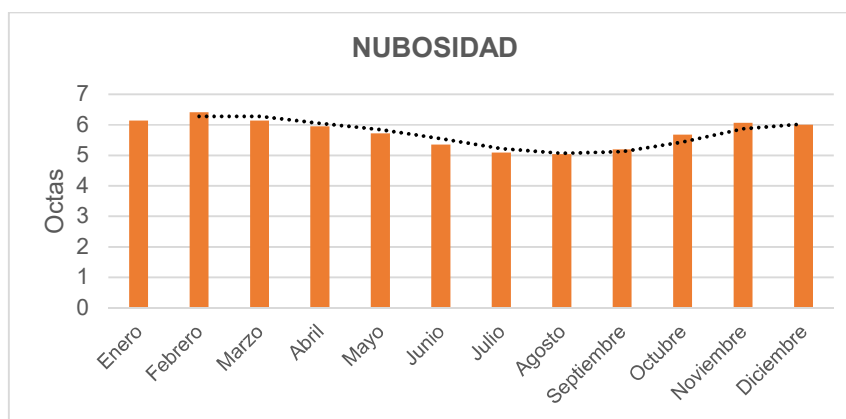


Figura 7-8 Nubosidad reportada en la estación climatológica M107 – Cahuasquí FAO

Fuente: INAMHI, mayo 2021

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

La Figura 7-8, muestra que, a lo largo del año, la nubosidad se encuentra entre 5 y 6 (octas), con un promedio de 6 (octas) siendo entre los meses de enero y mayo; y, octubre y diciembre con mayor cobertura de nubes con 6 (octas) y el periodo comprendido entre junio y septiembre los meses con menor cobertura de nubes con un valor de 5 (octas).

7.1.1.7 Heliofania

La Heliofania es sin duda una de las variables más extendidas en cuanto a su uso en las distintas estimaciones del recurso solar.

La heliofania también se define como la duración de la acción directa de la radiación solar, por día o año sobre una parte de la tierra. Solo se considera la radiación directa ya que la ocurrencia de nubosidad hace que la radiación recibida por el instrumento sea radiación difusa y que, aunque es energía incidente, ni su concentración ni su densidad son los suficientes como para que puedan ser registrados. La heliofania tiene dimensiones de tiempo y se miden en horas o segundos también es frecuente el uso de la heliofania relativa que es el cociente entre la heliofania real y la máxima posible.

No existen datos de heliofania en la estación M107- Cahuasquí FAO de acuerdo a los anuarios climatológicos.

7.1.1.8 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 $^{\circ}\text{C}$ 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.

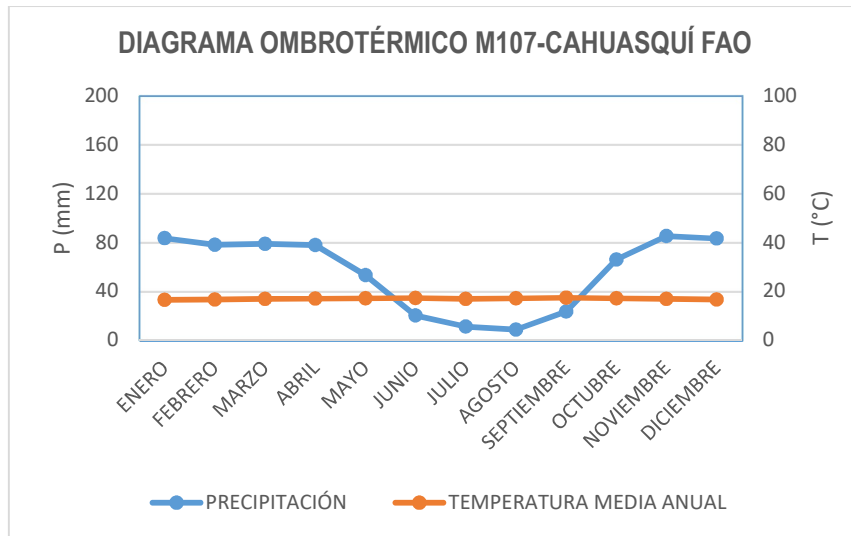


Figura 7-9 Diagrama ombrotérmico de la estación climatológica M107- Cahuasquí FAO

Fuente: INAMHI, mayo 2021

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

En la Figura 7-9 se muestra el diagrama ombrotérmico de la Estación Climatológica M107, en el cual se observa que hay sequía en el área de estudio desde mediados de mayo hasta inicios de septiembre, el mes que más se acerca a la sequía el mes de agosto, 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, lo cual evidencia que la reserva de acuífero es importante y la misma aflora de forma permanente.

7.1.1.9 Evapotranspiración potencial (ETP)

La Evapotranspiración Potencial (ETP) es un importante elemento del balance hídrico ya que determina las pérdidas de agua desde una superficie de suelo en condiciones definidas. La cuantificación de las pérdidas es indispensable para el cálculo de la capacidad de agua disponible en el suelo utilizada por las plantas para su crecimiento y producción. En contraste con la lluvia, permite establecer las necesidades de riego o

drenaje en una región, mediante el cálculo de interrelación de las variables de temperatura y humedad relativa para cada mes, donde se obtiene la evapotranspiración potencial.

Los valores de evapotranspiración potencial (ETP) son requeridos para calcular el balance hídrico y realizar una clasificación climática. Para la obtención de este parámetro se utilizó la fórmula de Thornthwaite, la cual se describe a continuación:

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

Donde

d: Número de días en un mes

N: Duración del día (horas)

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

Donde

t: Temperatura del aire, media mensual

I: Índice calórico

a: función cubica de I

A partir de los datos registrados por la estación climatológica, se establecieron los valores de ETP detallados en la Tabla 7-6 y representados en la Figura 7-10.

Tabla 7-6 ETP reportada en la estación climatológica M107-Cahuasquí

ETP (MM/MES)	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	MEDIA
M190	61,4	55,9	63,6	62,4	65,3	63,8	64,1	65,4	67,1	63,2	61,4	62,3	62,98

Fuente: INAMHI, mayo 2021

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

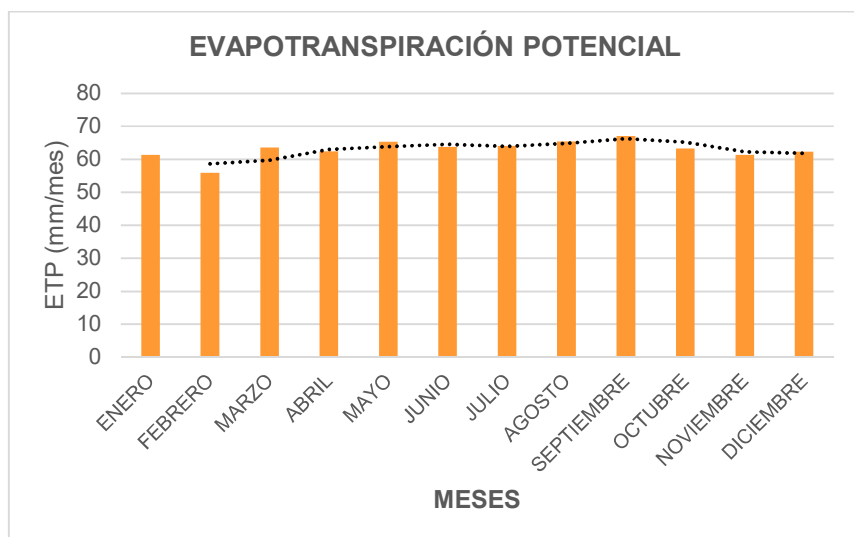


Figura 7-10 Evapotranspiración potencial de la estación climatológica M107

Fuente: INAMHI, mayo 2021

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

7.1.1.10 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 M107- Cahuasqui-FAO, el Balance Hídrico, para el área de estudio, 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 abril, mientras que en el segundo periodo, los valores de Evapotranspiración si superan a los de precipitación, teniendo un déficit hídrico que va de mayo a octubre, y el tercero en los meses de noviembre y diciembre se presenta nuevamente un superávit hídrico ya que los valores de precipitación si superan a los valores de evapotranspiración.

Tabla 7-7 Balance hídrico en la estación climatológica M107-Cahuasqui-FAO

BALANCE HÍDRICO (MM)	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	MEDIA
M109	10,93	78,06	4,12	7,38	-17,60	-42,44	-53,37	-57,53	-43,73	-4,86	13,85	16,83	-7,36

Fuente: INAMHI, mayo 2021

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

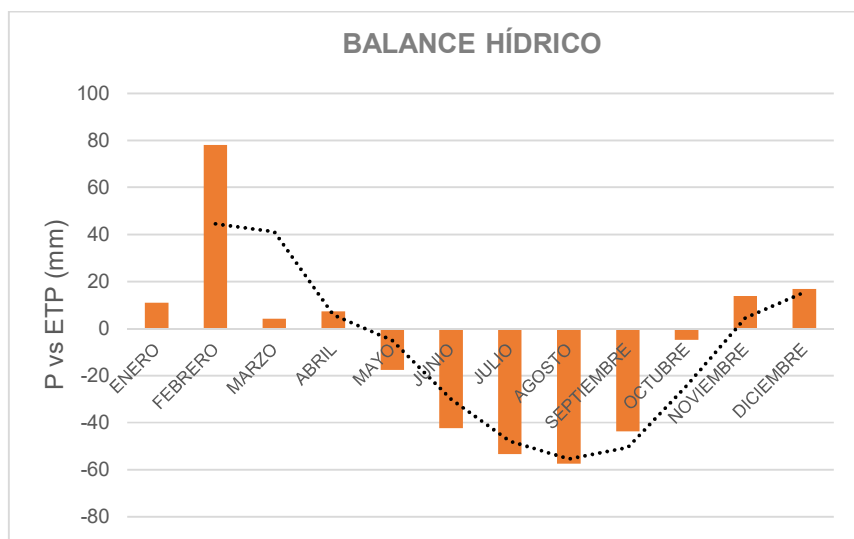


Figura 7-11 Balance hídrico de la estación climatológica M107 – Cahuasquí FAO

Fuente: INAMHI, mayo 2021

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

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.

7.1.1.11 Clasificación climática

La clasificación climática propuesta por Thornthwaite (1948), utiliza los datos de la evapotranspiración potencial para la delimitación de los distintos tipos de climas, debido a que este parámetro representa el proceso principal de intercambio de energía y humedad entre la superficie terrestre y la atmósfera. El análisis de la temperatura media a lo largo del periodo de tiempo analizado es un parámetro indispensable para estimar la ETP y así poder realizar una clasificación de climas biológicos o bioclimas, tomando en cuenta los periodos que son favorables y desfavorables para la vegetación, como, por ejemplo, los periodos caliente, frío, seco y húmedo.

En función de la información recopilada en la Estación Climatológica Cahuasquí FAO, es factible establecer que el clima del área de estudio corresponde a un clima Mesotérmico Húmedo, según la clasificación climática de THORNTHWAITE (1948). Mientras que tomando en cuenta el mapa de climas (2018) elaborado por INAMHI, el clima del área de estudio es clima subhúmedo con moderado déficit de agua en época seca, Megatérmico o cálido (*Ver Mapa 3 "Mapa Climático"*).

Por lo tanto, analizando las características de los dos tipos de climas definidos en función de la fuente analizada se puede concluir que el área de estudio es una zona con abundantes lluvias con inviernos fríos y veranos templados y largos cuya temperatura media se encuentra cercana a los 17°C.

7.1.2 Ruido

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 debido a las actividades mineras que se desarrollan.

El ruido medido en ausencia de actividades se conoce como ruido ambiental natural, es decir, 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 es insignificante.

Para determinar el cumplimiento con la legislación ambiental nacional, en cuanto a emisión de ruido, los límites máximos permisibles fueron tomados del Acuerdo Ministerial 097-A del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica del 4 de Noviembre de 2015, Anexo 5 Tablas 1 Niveles de emisión de ruido (LKeq) para fuentes fijas de ruido para las mediciones realizadas en periodo diurno y nocturno; y Tabla 3 Determinación de LKeq para uso de suelo correspondiente a protección ecológica (PE) y recursos naturales (RN) para la medición de ruido de 24 horas. Estas tablas establecen los niveles máximos de emisión de ruido dependiendo del uso de suelo, además que determina los métodos y procedimientos destinados a la determinación de cumplimiento.

El monitoreo de ruido fue efectuado por el laboratorio AFH Services CÍA LTDA. del 27 al 30 de enero de 2021, en horario diurno y nocturno. Además, se realizó un monitoreo de ruido de 24 horas (*Ver Mapa 18: Mapa de Muestreo de Ruido, en el Anexo E "Cartografía"*). Cabe indicar que el laboratorio se encuentra acreditado en el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE).

Para la definición del número y ubicación de los puntos de muestreo de ruido se consideraron tres variables fundamentales:

- La presencia de receptores sensibles (población o trabajadores),
- Áreas de desarrollo de actividades.
- Tipos de cobertura vegetal para de esta forma poder homologar áreas en común a lo largo de la concesión y sobre todo tener datos bases para futuros monitoreos.

Tabla 7-8 Variable analizada para la definición del punto de muestreo

ID LABORATORIO	ID ECUAMBIENTE CONSULTING GROUP	VARIABLE ANALIZADA
P1A	R-TC-01	Receptor sensible (comunidad Las Juntas)
P2	R-TC-02	Receptor sensible (comunidad Espejo 2)
P3	R-TC-03	Receptor sensible (comunidad Gualchan)
P4	R-TC-04	Receptor sensible (comunidad El Carmen)
P5	R-TC-05	Receptor sensible (comunidad La Primavera)

ID LABORATORIO	ID ECUAMBIENTE CONSULTING GROUP	VARIABLE ANALIZADA
P6	R-TC-06	Receptor sensible (comunidad Espejo 1)
P7	R-TC-07	Tipo de Cobertura Vegetal (Tierras Agropecuarias)
P8	R-TC-08	Tipo de Cobertura Vegetal (Bosque Nativo)
P9	R-TC-09	Tipo de Cobertura Vegetal (Bosque Nativo)
P10	R-TC-10	Tipo de Cobertura Vegetal (Bosque Nativo)
P1	R24- TC-01	

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

A continuación, se presentan la ubicación de los puntos muestreados para este estudio:

Tabla 7-9 Ubicación de los puntos de muestreo de ruido histórico y actual

ID ECUAMBIENTE CONSULTING GROUP	COORDENADAS (WGS 84-ZONA 17S)		FECHA DE MONITOREO	MONITOREO	DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE MUESTREO	USO DE SUELO
	X	Y				
R-TC-01	816490	10089072	27/01/30 a 30/01/2021	Diurno / Nocturno	El punto de muestreo se ubica en la comunidad La Junta	Centro Poblado
R-TC-02	812435	10087187	27/01/30 a 30/01/2021	Diurno / Nocturno	El punto de muestreo se ubica en la comunidad Espejo 2	Centro Poblado
R-TC-03	810418	10086593	27/01/30 a 30/01/2021	Diurno / Nocturno	El punto de muestreo se ubica en la comunidad Gualchan	Centro Poblado
R-TC-04	810170	10090206	27/01/30 a 30/01/2021	Diurno / Nocturno	El punto de muestreo se ubica en la comunidad El Carmen.	Centro Poblado
R-TC-05	809723	10087868	27/01/30 a 30/01/2021	Diurno / Nocturno	El punto de muestreo se ubica en la comunidad La Primavera.	Centro Poblado
R-TC-06	808166	10084929	27/01/30 a 30/01/2021	Diurno / Nocturno	El punto de muestreo se ubica en la	Centro Poblado

ID ECUAMBIENTE CONSULTING GROUP	COORDENADAS (WGS 84-ZONA 17S)		FECHA DE MONITOREO	MONITOREO	DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE MUESTREO	USO DE SUELO
	X	Y				
					comunidad Espejo 1.	
R-TC-07	815934	10089326	27/01/30 a 30/01/2021	Diurno / Nocturno	El punto de muestreo se ubica zona de tierra agropecuaria en área montañosa 500 m arriba de la vía.	Tierras agropecuarias
R-TC-08	810470	10084321	27/01/30 a 30/01/2021	Diurno / Nocturno	El punto de muestreo se ubica en área de bosque nativo en área montañosa cerca de río Tablas.	Bosque Nativo
R-TC-09	816083	10088293	27/01/30 a 30/01/2021	Diurno / Nocturno	El punto de muestreo se ubica en área de bosque nativo en la vía a Hostería Cielo Azul.	Bosque Nativo
R-TC-10	815192	10086988	27/01/30 a 30/01/2021	Diurno / Nocturno	El punto de muestreo se ubica en área de bosque nativo en área de montaña.	Bosque Nativo
R24- TC-01	817491	10088264	28/01/2021 a 29/01/2021	24 horas	El punto de muestreo se ubica en una zona de bosque nativo ubicado en la parte alta de la concesión minera.	Bosque Nativo

Fuente: AFH Services - MAAE, febrero 2021

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021.

A continuación, se presenta la ubicación de los puntos de muestreo definidos para el levantamiento de línea base.

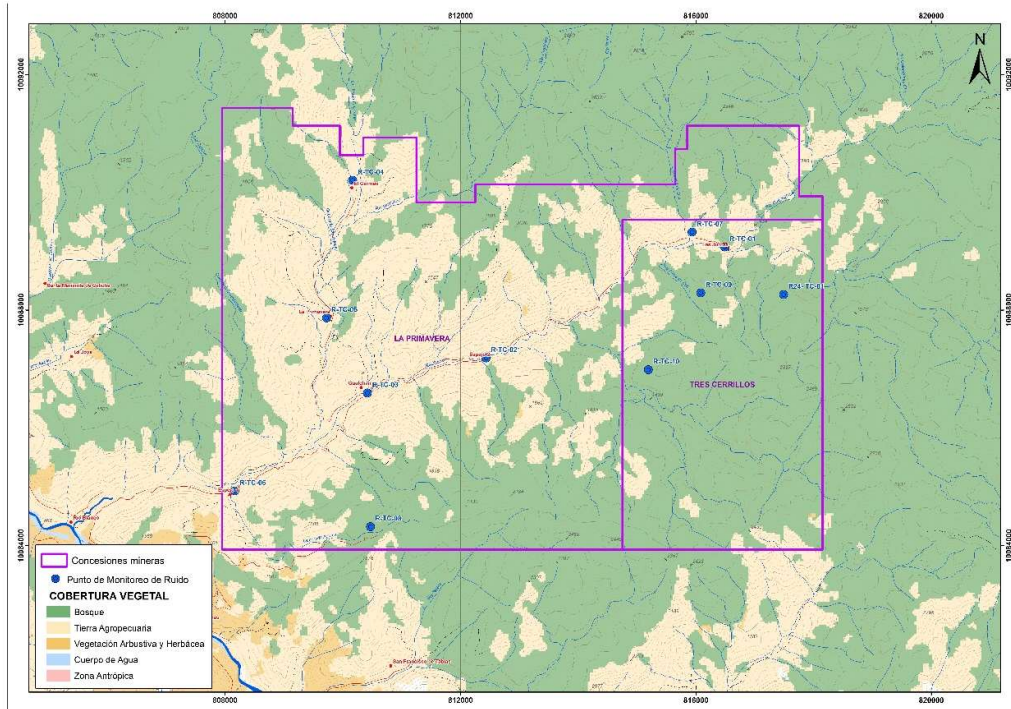


Figura 7-12 Ubicación de puntos de muestreo de ruido ambiental

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021.

7.1.2.1 Metodología de trabajo

Para garantizar la fiabilidad de los resultados es requisito realizar el monitoreo mediante una metodología estándar que permita la posterior interpretación de resultados, comparación de monitoreos futuros y aceptación por parte de los organismos responsables de la gestión ambiental.





Los procedimientos y referencias utilizados en el presente monitoreo son:

- Norma NTE ISO 17025:2005. Requisitos Generales para la Competencia de los laboratorios de Ensayo y Calibración.
- Procedimiento Técnico Interno del Laboratorio para Monitoreo de Ruido Ambiente (AFHPE13).
- Acuerdo Ministerial N.097-A del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, publicado el 4 de noviembre de 2015.

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 7-10.

Tabla 7-10 Equipos utilizados para el monitoreo

EQUIPO	NOMBRE	PARÁMETRO	MÉTODO ANÁLISIS	LÍMITE DETECCIÓN
	SONÓMETRO INTEGRADOR Quest Technologies, SoundPro DL-2	Ruido	Sensor Eléctrico IEC 61672-1 (2003) IEC 61672-2 (2003-04) IEC 61260 (1995-08) ANSI S1.11-2004 ANSI S1.4-1983(R2001) ANSI S1.43-1997(R2002)	0,1 dB
	Calibrador Quest Technologies, SoundPro QC10	Verificación de la Calibración	No Aplica	0,1 dB
	GPS GARMIN 64S	Localización	No Aplica	No Aplica
	Estación Meteorológica KESTREL	Condiciones Meteorológicas	No Aplica	No Aplica

Fuente: AFH Services, febrero 2021

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

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

A lo largo de la campaña de muestreo, los parámetros meteorológicos (temperatura, humedad relativa, pluviosidad, dirección, y velocidad del viento) fueron monitoreados constantemente. 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 tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Las mediciones no se realizaron bajo condiciones adversas que puedan afectar el proceso de medición, como, por ejemplo: truenos, lluvia y vientos superiores a 5 m/s.
- Para las mediciones de ruido se consideró la metodología de 5 mediciones de 15 segundos en cada punto; los valores de estas repeticiones se consideraron válidos ya que la diferencia entre sus extremos no fue superior a 4 dB.
- El monitoreo se realizó al interior de las áreas de la concesión, especialmente en receptores sensibles y en los distintos tipos de cobertura vegetal
- En el presente monitoreo se ejecutaron las mediciones considerando las ponderaciones A, C e I.

7.1.2.5 Corrección de ruido de fondo

Los resultados recolectados en campo tienen la corrección de ruido de fondo, para realizar la misma se utiliza la fórmula siguiente:

$$L_{correg} = 10 \lg(10^{L_{medido}/10} - 10^{L_{fondo}/10}) dB$$

Donde:

- L_{medio} : nivel de presión sonora promedio medido en diferentes intervalos
- L_{fondo} : nivel de presión sonora ambiental

Esta fórmula se encuentra contemplada dentro de la Norma ISO 1996-2.

7.1.2.6 Resultados

En la Tabla 7-11, se reportan los resultados del monitoreo de ruido diurno y nocturno realizado.

Tabla 7-11 Resultados de monitoreo de ruido

CÓDIGO DE LA MUESTRA	COORDENADAS DE UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO WGS84		FECHA	DIURNO/NOCTURNO	DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE MUESTREO	USO DEL SUELO	RUIDO DE FONDO (dB)	RESULTADO PROMEDIO (dB)	LÍMITES PERMISIBLES (dB)	CUMPLE O NO CON LA NORMATIVA AMBIENTAL VIGENTE
R-TC-01	816490	10089072	27/01/30 a 30/01/2021	Diurno	Ruido de río e insectos	Agrícola Residencial (Centro Poblado/uso agrícola)	54	54	65	Cumple
				Nocturno			53	53	45	No Cumple
R-TC-02	812435	10087187	27/01/30 a 30/01/2021	Diurno	Ruido de río	Agrícola Residencial (Centro Poblado/uso agrícola)	58	58	65	Cumple
				Nocturno			57	57	45	No Cumple
R-TC-03	810418	10086593	27/01/30 a 30/01/2021	Diurno	Ruido de río y comunidad	Agrícola Residencial (Centro Poblado/uso agrícola)	56	59	65	Cumple
				Nocturno			55	55	45	No Cumple
R-TC-04	810170	10090206	27/01/30 a 30/01/2021	Diurno	Ruido de río, aves e insectos	Agrícola Residencial (Centro Poblado/uso agrícola)	50	50	65	Cumple
				Nocturno			46	46	45	No Cumple
R-TC-05	809723	10087868	27/01/30 a 30/01/2021	Diurno	Ruido de río, aves, insectos y comunidad	Agrícola Residencial (Centro Poblado/uso agrícola)	49	49	65	Cumple
				Nocturno			43	43	45	Cumple
R-TC-06	808166	10084929	27/01/30 a 30/01/2021	Diurno	Ruido de aves, insectos y río.	Agrícola Residencial (Centro Poblado/uso agrícola)	47	47	65	Cumple
				Nocturno			50	50	45	No Cumple
R-TC-07	815934	10089326	27/01/30 a 30/01/2021	Diurno	Ruido de río e insectos	Agrícola Residencial (Uso agrícola)	58	58	65	Cumple
				Nocturno			70	70	45	No Cumple

CÓDIGO DE LA MUESTRA	COORDENADAS DE UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO WGS84		FECHA	DIURNO/ NOCTURNO	DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE MUESTREO	USO DEL SUELO	RUIDO DE FONDO (dB)	RESULTADO PROMEDIO (dB)	LÍMITES PERMISIBLES (dB)	CUMPLE O NO CON LA NORMATIVA AMBIENTAL VIGENTE
R-TC-08	810470	10084321	27/01/30 a 30/01/2021	Diurno	Ruido de esteros e insectos	Protección ecológica (PE) y recursos naturales (RN) (Bosque Nativo)	69	69	63	No Cumple
				Nocturno			69	69	66	No Cumple
R-TC-09	816083	10088293	27/01/30 a 30/01/2021	Diurno	Ruido de río e insectos	Protección ecológica (PE) y recursos naturales (RN) (Bosque Nativo)	44	44	63	Cumple
				Nocturno			37	<39	66	Cumple
R-TC-10	815192	10086988	27/01/30 a 30/01/2021	Diurno	Ruido de fuentes de agua e insectos.	Protección ecológica (PE) y recursos naturales (RN) (Bosque Nativo)	44	44	63	Cumple
				Nocturno			45	45	66	Cumple

Nota 1: El punto de muestreo R-TC-09 se encuentra fuera de la acreditación del laboratorio (39-140 dB) sin embargo esto no quiere decir que los valores presentados estén errados o bajo el límite de monitoreo simplemente que presenta mayor incertidumbre.

Fuente: AFH Services, febrero 2021.

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

Tabla 7-12 Resultados de monitoreo de ruido de 24 horas

CÓDIGO	COORDENADAS (WGS 84-ZONA 17S)		FECHA DE MONITOREO	TIPO	DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE MUESTREO	USO DE SUELO	RUIDO DE FONDO (DB)	RESULTADO PROMEDIO (DB)	LÍMITE PERMISIBLE (LA90+10DB)	CUMPLIMIENTO DE NORMATIVA VIGENTE
	X	Y								
R24- TC-01	81749 1	88264	28/01/2021 a 29/01/2021	24 horas	Bosque Nativo. Las fuentes emisoras de	Protección ecológica (PE)	55	55	63	Cumple

CÓDIGO	COORDENADAS (WGS 84-ZONA 17S)		FECHA DE MONITOREO	TIPO	DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE MUESTREO	USO DE SUELO	RUIDO DE FONDO (DB)	RESULTADO PROMEDIO (DB)	LÍMITE PERMISIBLE (LA90+10DB)	CUMPLIMIENTO DE NORMATIVA VIGENTE
	X	Y								
					ruido son las naturales generadas por la flora y fauna del sector.	y recursos naturales (RN)	61	61	66	Cumple

Fuente: AFH Services, febrero 2021

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

En el Anexo C 1-2 "Aire y Ruido" se incluyen los informes de Ruido Ambiental.

7.1.2.7 Análisis de resultados

7.1.2.7.1 Ruido diurno y nocturno

Los resultados obtenidos corresponden al día y hora en que se realizó el monitoreo, dependiendo de las condiciones de operación de la empresa evaluada, en donde se evalúa únicamente el ruido ambiental ya que no se tiene ningún tipo de operación en la empresa.

Durante la realización del monitoreo las principales fuentes emisoras de ruido fueron los factores ambientales como son: aves, insectos, anfibios y fuentes de agua (río y esteros).

Durante la realización del monitoreo la empresa no se encontraba con ningún tipo de operación y las mediciones de ruido se las realiza en los sitios y momentos donde la Fuente Fija de Ruido (FFR) emite los Niveles de Presión Sonora NPS más altos en los perímetros. Por lo tanto, los resultados reportados corresponden al valor de las fuentes naturales presentes en los sitios de monitoreo. Durante las mediciones se presentan ruidos que tienen contenidos energéticos altos en bajas frecuencias, mas no ruidos impulsivos, mismos que son cuantificados para realizar la corrección según consta en el Acuerdo Ministerial 097-A Anexo 3.2.

El rango de ruido diurno en zonas del bosque natural se encuentra en un rango que va desde <39 (dB A) a 69 (dB A) para ruido nocturno. Mientras que para ruido diurno en estas áreas varía de 69 (dB A) a 44 (dB A).

En los centros poblados y uso agropecuario, el ruido diurno varía de 58 (dB A) a 47 (dB A), mientras que para ruido nocturno de 70 (dB A) a 43 (dB A).

7.1.2.7.2 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 para el nivel máximo de ruido (Lmax), corresponde al valor más alto reportado durante las 24 horas.

Los datos presentados 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 y LA10), 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 se definió que las fuentes emisoras de ruido son fuentes naturales como el ruido generado por aves, grillos y caída de hojas.

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 existente en la zona es proveniente de fuentes naturales como: aves, vegetación e insectos.

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 AFH Services del 27 al 30 de enero de 2021, 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.

Para definir los puntos de muestreo se tomaron en cuenta dos 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.

La ubicación de los puntos de monitoreo de calidad de aire (Ver Mapa 17 “Mapa de Muestreo de Aire”) se describen a continuación.

Tabla 7-13 Ubicación de los puntos de muestreo de calidad del aire

ID LAB	ID ECUAMBIENTE CONSULTING GROUP	FECHA DE MUESTREO	COORDENADAS DATUM WGS 84 17 S		DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE MUESTREO	ALTITUD M.S.N.M.
			X	Y		
P1	CA-TC-01	27/01/2021 a 28/01/2021	816505	10089047	Comunidad Las Juntas	1324
P2	CA-TC-02	29/01/2021 a 30/01/2021	809741	10087786	Comunidad La Primavera	1210

Fuente: AFH Services, abril 2021

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

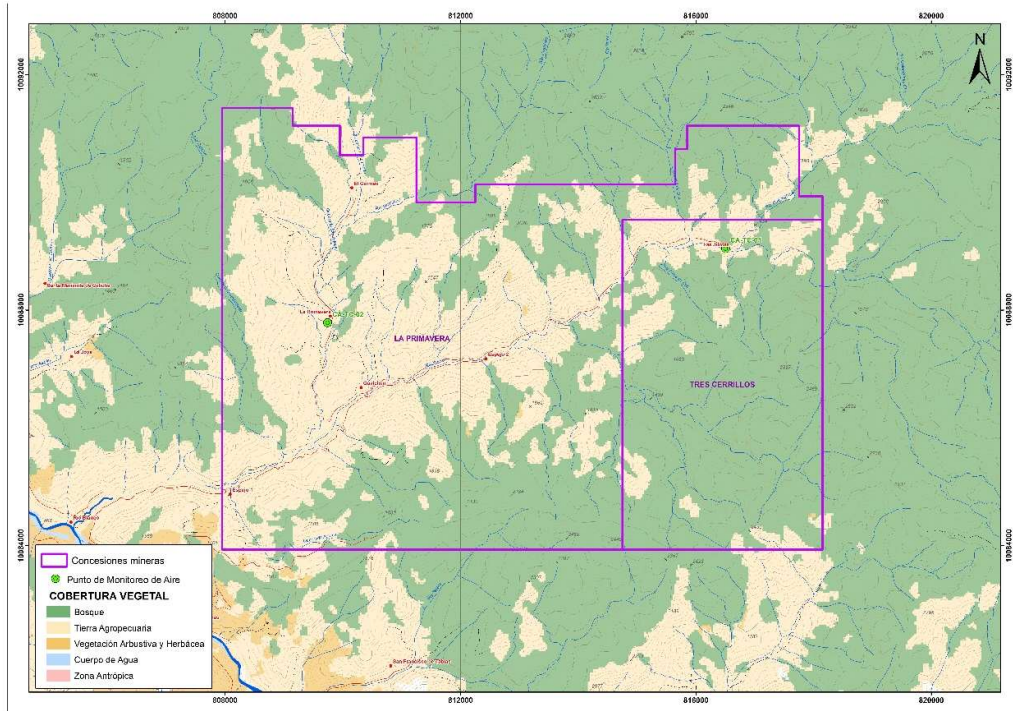


Figura 7-13 Ubicación de las muestras de calidad del aire

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

La medición se llevó a cabo durante un periodo continuo de 24 horas para los parámetros de PM_{10} - $PM_{2,5}$ y SO_2 , 8 horas para los parámetros de CO y O_3 y de 1 hora para el parámetro de NO_2 . Mientras que para Partículas Sedimentables se monitoreo 30 días.

Tabla 7-14 Límites máximos permisibles establecidos en la legislación ambiental

CONTAMINANTE	LEGISLACIÓN
PM_{10}	El promedio aritmético de monitoreo continuo durante 24 horas, no deberá exceder $100 \mu g/m^3$.
$PM_{2,5}$	El promedio aritmético de monitoreo continuo durante 24 horas, no deberá exceder $50 \mu g/m^3$.
NO_2	La concentración máxima en (1) una hora no deberá exceder $200 \mu g/m^3$.
SO_2	La concentración SO_2 en 24 horas no deberá exceder $125 \mu g/m^3$.
CO	La concentración de monóxido de carbono de las muestras determinadas de forma continua, en un período de 8 (ocho) horas, no deberá exceder $10.000 \mu g/m^3$.
O_3	La máxima concentración de ozono, obtenida mediante muestra continua en un período de (8) ocho horas, no deberá exceder de $100 \mu g/m^3$,
Partículas Sedimentables	La máxima concentración de una muestra, colectada durante 30 (treinta) días de forma continua, será de un miligramo por centímetro cuadrado ($1 mg/cm^2 \times 30$ días)

Fuente: AFH Services, marzo 2021
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

Para la realización del monitoreo de calidad de aire ambiente se aplica el procedimiento AFHPE15 “Procedimiento de Medición de Calidad de Aire del Laboratorio AFH Services” y el procedimiento AFHPE20 “Procedimiento de muestreo y análisis de partículas sedimentables del Laboratorio AFH Services”

7.1.3.1 Metodología de trabajo

Para garantizar la fiabilidad de los resultados del monitoreo de Calidad de Aire, se debe utilizar una metodología estándar que permita la posterior interpretación de resultados, comparación de monitoreos futuros y aceptación por parte de los organismos responsables del control ambiental.



Los procedimientos y referencias utilizados en el presente monitoreo fueron:






- Norma NTE ISO 17025:2018 Requisitos Generales para la Competencia de los laboratorios de Ensayo y Calibración.
- Procedimiento Técnico Interno del Laboratorio AFHPE15 para Monitoreo de Calidad de Aire Ambiente.
- Procedimiento Técnico Interno del Laboratorio AFHPE20 procedimiento de muestreo y análisis de partículas sedimentables.
- Registro Oficial N387, Acuerdo N097-A del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica publicado el 04 de noviembre de 2015.

7.1.3.2 Equipos de medición de la calidad del aire ambiente

La descripción de los equipos utilizados, el método de análisis y el método de detección se detallan en la Tabla 7-15.

Tabla 7-15 Descripción de equipos utilizados

EQUIPO	NOMBRE	PARÁMETRO TÉCNICA DE ANÁLISIS	MÉTODO	RESOLUCIÓN
	E-BAM Mass Monitor Met One Instruments	Material Particulado PM10 Beta Atenuación	AFHPE15 – USEPA EQPM 0798- 122	1 ug
		Material Particulado PM2,5 Beta Atenuación		1 ug
	Thermo 43 i	SO2 Fluorescencia	AFHPE15 – USEPA EQSA 0486- 060	0,0001 ppm

EQUIPO	NOMBRE	PARÁMETRO TÉCNICA DE ANÁLISIS	MÉTODO	RESOLUCIÓN
	Thermo 48 i	CO Absorción de Energía Infrarroja	AFHPE15 – USEPA RFCA -0981-054	0,001 ppm
	Thermo 42 i	NO, NO2, NOX Quimiluminiscenci a	AFHPE15 – USEPA RFNA 1289-074	0,0001 ppm
	Thermo 49i	Ozono O3 Absorción Ultravioleta	AFHPE15 – USEPA EQOA - 0880-047	0,0001 ppm
	Recipiente de Recolección de 15,5 cm de diámetro	Material Sedimentable Gravimetría SOLUBLES E INSOLUBLES	Method 502 – Particle Fallout Container Measurement of Dustfall from the Atmosphere – Method of Air Sampling and Analysis – Third Edition – Intersociety Committee. - MUESTREO AFH Estándar Method 2540C-D - Análisis en Laboratorio	0,03 mg/cm2 x30 días
	Análisis Gravimétrico de Partículas Solubles e Insolubles de muestra recolectada durante 30 días			

Fuente: AFH Services, febrero 2021

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

7.1.3.3 Procedimiento de campo

Antes de salir al campo se definieron los puntos a ser monitoreados considerando receptores sensibles, cobertura vegetal y direccionalidad del viento.

Se realiza un chequeo de equipos antes de salir del laboratorio, así como un chequeo constante durante la realización del monitoreo de 24 horas, para identificar posibles señales de alarma de los equipos y tomar las acciones correctivas que apliquen.

7.1.3.4 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.

7.1.3.5 Control de calidad

El control de calidad de los resultados obtenidos se realizó aplicando lo que se señala dentro del Procedimiento AFHPE15 en su punto 11.- Control de Calidad, Entre las actividades contempladas, estuvieron:

- Calibración de los equipos de monitoreo. - Se realiza la calibración en el laboratorio utilizando MRC Certificado y Trazables NIST o EPA, así como el Generador de Aire Cero y Dilutor.
- Equipos. - Antes de empezar el monitoreo se realiza la verificación de los equipos en cero y Span utilizando MRC Certificado y Trazables NIST o EPA, así como el Generador de Aire Cero y Dilutor.
- Respaldo de datos. - Codificación adecuada de datos descargados de los equipos para permitir una rápida y correcta identificación de los archivos, así como el respaldo tanto en la computadora portátil, como en una memoria externa.
- Personal técnico calificado. - Para el manejo e instalación de equipos se cuenta con personal calificado para la ejecución del monitoreo.
- Chequeo de equipos. - Se realiza un chequeo de equipos antes de salir del laboratorio, así como un chequeo constante durante la realización del monitoreo de 24 horas, para identificar posibles señales de alarma de los equipos y tomar las acciones correctivas que apliquen.

7.1.3.6 Comprobación de resultados

Los datos recolectados en campo están en condiciones de presión y temperatura de la localidad del monitoreo, para realizar la comparación respectiva con los límites máximos permitidos se deben llevar estos valores a condiciones de referencia esto es: a 25 °C de temperatura y 760 mmHg de presión.

Para esta corrección se aplica la siguiente ecuación:

$$C_c = C_o \frac{760\text{mmHg}}{P_{bl}} * \frac{(273.15 + t\text{ }^\circ\text{C})K}{298.15K}$$

Donde:

Cc: Concentraciones corregidas

Co: Concentración observada

Pb: Presión atmosférica local

t (°C): Temperatura local

7.1.3.7 Resultados

En las siguientes tablas se presentan los resultados de los puntos de monitoreo de calidad de aire en el área del proyecto minero.

Tabla 7-16 Resultados del monitoreo de calidad de aire

ID ECUAMBIENTE CONSULTING GROUP	COORDENADAS (WGS-84)		FECHA DE MUESTREO	PARÁMETRO						CUMPLIMIENTO DE NORMATIVA
	X	Y		CO	NO2	SO2	O3	PM10	PM2,5	
				(MG/M ³)	(MG/M ³)	(MG/M ³)	(MG/M ³)	(MG/M ³)	(MG/M ³)	
CA-TC-01	816505	816505	27/01/2021 a 28/01/2021	458	22	30	22	32	7	Cumple
CA-TC-02	809741	809741	29/01/2021 a 30/01/2021	815	21	30	25	16	6	Cumple
LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE a)				10000	200	125	100	100	50	
a) Art. 4.1.2. Acuerdo Ministerial 097A del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. Reg. Oficial Especial N. 387 - 4 de noviembre de 2015										
Nota: Los resultados del monitoreo de SO2 cada diez minutos se encuentran en el informe de monitoreo de calidad del aire ambiente (Tabla 9-2), sin embargo, cabe indicar que todas las concentraciones se encuentran dentro de la norma.										

Fuente: AFH Services, febrero 2021

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

Tabla 7-17 Resultados del monitoreo de calidad de aire – partículas sedimentables

PUNTO DE MONITOREO	CA-TC-01	CA-TC-02
FECHA DE MONITOREO	27/01/2021 a 28/01/2021	29/01/2021 a 30/01/2021
PARÁMETRO	Partículas Sedimentables	
UNIDADES	mg / cm ² X 30 días	
CONCENTRACIÓN	0,14	0,07
LIMITES MÁXIMO PERMISIBLE A)	1	1
CUMPLIMIENTO	Si cumple	Si cumple
a) Art. 4.1.2. Acuerdo Ministerial 097A del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. Reg. Oficial Especial N. 387 - 4 de Noviembre de 2015		

Fuente: AFH Services, febrero 2021

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

En el Anexo C-1-2 "Aire y ruido" se incluyen los informes de laboratorio con los resultados obtenidos.

7.1.3.8 Análisis de resultados

Los resultados obtenidos corresponden al día y hora en que se realizó el monitoreo, dependiendo de las condiciones de operación de la empresa monitoreada y de las condiciones meteorológicas que se presenten durante la ejecución del monitoreo.

Los resultados de la Tabla 7-16 y Tabla 7-17, señalan que no se supera las concentraciones máximas en todos los parámetros analizados de gases, partículas sedimentables, PM10 y PM2.5 en los puntos monitoreados, por lo cual, se concluye que la calidad del aire con respecto a contaminantes criterio como son: CO, NO2, O3, SO2, Partículas sedimentables TSP, PM10 y PM2.5, tienen concentraciones normales que garantizan un aire que cumple con lo establecido en la normativa ambiental vigente.

7.1.4 Geología

Para definir el presente componente de las concesiones mineras Tres Cerrillos (Cód. 40000245) y La Primavera (Cód. 40000246) se empleó la siguiente metodología:

7.1.4.1 Metodología

7.1.4.1.1 Recopilación de la información

Se procedió a revisión y análisis de información cartográfica, geológica y todos los antecedentes disponibles, relacionadas con el área de concesión.

Para el análisis y descripción del medio físico (geología y geomorfología), se ha recopilado información bibliográfica y cartográfica, provenientes de informes y publicaciones de carácter científico. Esta información ha sido verificada, validada y complementada con la visita de campo realizada al área de a concesión en el mes de enero del 2021 exactamente en los días comprendidos entre el 27 y el 31.

7.1.4.1.2 Investigaciones de campo

Se realizó un reconocimiento de campo de la geología existente en la concesión minera Tres Cerrillos (Cód. 40000245), enfocándonos en taludes expuestos y quebradas de la zona para realizar una adecuada interpretación de la geología del lugar.

Adicionalmente para la caracterización física del suelo se tomaron muestras en 10 puntos de monitoreo, estos puntos fueron ubicados aleatoriamente en base a la geología obtenida de la información primaria.

El equipo utilizado para el posicionamiento geográfico, fue un GPS marca Garmin, modelo GPSMAP Serie 64, utilizando las siguientes especificaciones: Proyección Universal Transversal de Mercator; Datum Horizontal: WGS-84; Datum Vertical: Nivel medio del mar.

7.1.4.1.3 Trabajo de gabinete

Se procedió a la evaluación de información primaria junto a los datos obtenidos en campo para la redacción del presente informe. Además, se realizó el análisis de muestras de suelo y roca tomadas en campo para una mejor descripción del componente geológico de la concesión Tres Cerrillos (CÓD. 40000245).

7.1.4.1.4 Preparación del informe

Con la información analizada de campo y su interpretación, se redactó el presente informe, que contiene las características geológicas, geomorfológicas, litológicas, estructurales (de ser el caso) e hidrogeológicas de la zona que comprende la concesión.

En el presente reporte se describe la línea base del área de estudio para el componente geológico.

7.1.4.2 Contexto geodinámico del Ecuador

El marco tectónico del Ecuador está controlado por un proceso de subducción donde la Placa oceánica Nazca de edad Neógena se desplaza en sentido oeste-este bajo la Placa Sudamericana Figura 7.1-12 a una velocidad de convergencia de ~6-7 cm/año (Witt & Bourgois, 2010).

La cuenca de antearco Golfo de Guayaquil-Tumbes (CGGT), al Sur del Ecuador-Norte de Perú, se localiza en la raíz tectónica del bloque Nor-Andino que se desplaza hacia el Norte a ~1 cm/año a lo largo de un sistema dextral complejo que se extiende entre Ecuador, Colombia y probablemente hasta Venezuela Figura 7.1-12. Las terminaciones extensionales relacionadas al escape tectónico definen zonas de importante subsidencia relacionadas con un régimen de extensión paralelo a la fosa. (Witt & Bourgois, 2010).

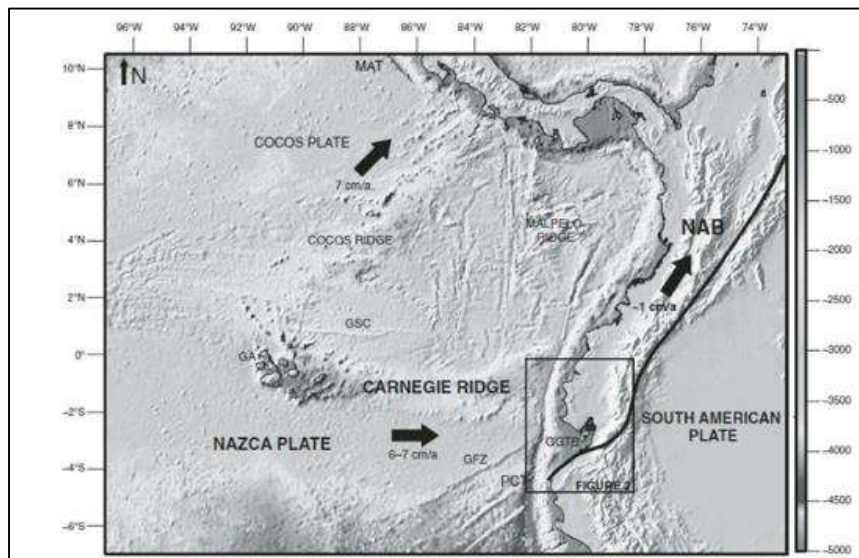


Figura 7-14 Marco geodinámico de la cuenca Golfo de Guayaquil-Tumbes (GGTB) y el Bloque Andino (NAB)

Fuente: Witt & Bourgois, 2010

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2021

El desplazamiento tectónico con dirección NNE del bloque andino norte (NAB) el cual está separado de América del Sur continental (SA) por un sistema de fallas dextrales dominantes de tendencia NE-SW de 2000 km de largo, conocido como el Sistema de Frente Frontal Oriental (EFFS; el nombre y el acrónimo de Pennington se conservan para simplificar) que se extiende desde la cuenca del golfo de Guayaquil-Tumbes (GGTB) en el litoral ecuatoriano hasta las costas caribeñas de Venezuela en la región del Golfo Triste. De SW a NE, EFFS comprende los siguientes sistemas de fallas: En Ecuador, Puná-Pallatanga-Cosangá-Chingual (CCPP); En Colombia, Afiladores, Sibundoy, Algeciras y Guaicáramo; y en Venezuela, Boconó (BF) (F. Audemard & Otros, 2021).

La historia del occidente ecuatoriano considera una corteza oceánica tipo MORB (basaltos asociados dorsales oceánicas) sobre la que se habría desarrollado un plateau representado por la Unidad Pallatanga (McCourt y otros, 1997). Sobre este conjunto se ha conformado un arco volcánico Río Cala – Naranjal con secuencias sedimentarias de ante arco representados por las Unidades Pilatón y Mulaute (Vallejo, 2007).

En el Campaniano Tardío se acrecionan estos terrenos y durante el Paleógeno se forma un nuevo arco insular denominado Macuchi que involucra principalmente a las Unidades Collapí, El Laurel y, por su edad, a la Unidad Tortugo, aunque la composición de ésta no es compatible con el arco insular.

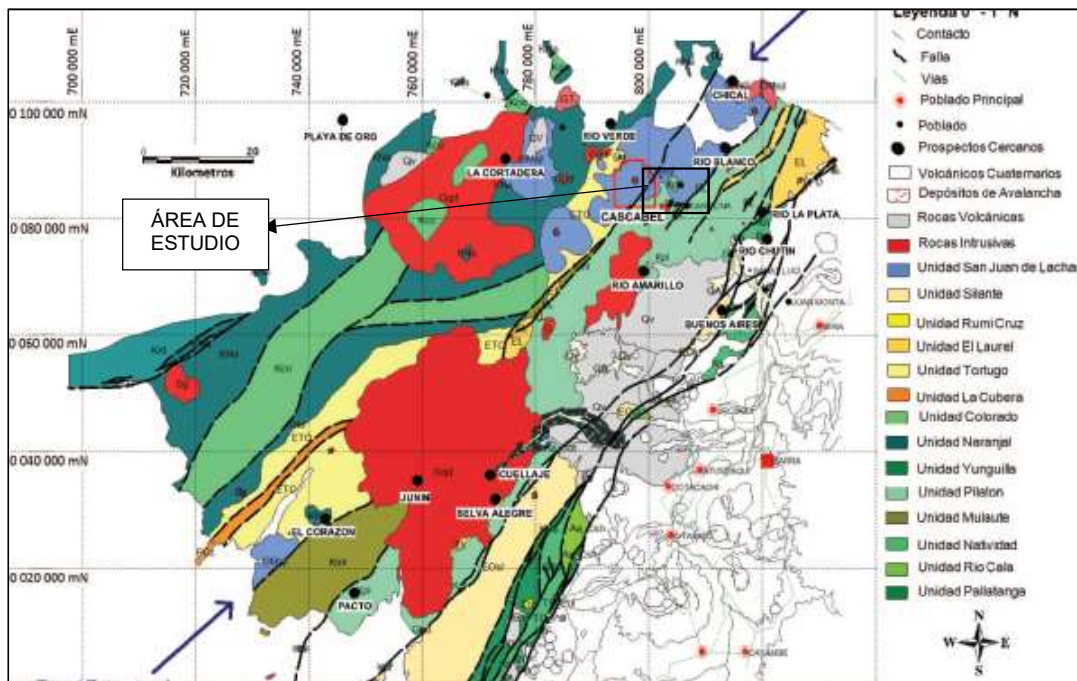


Figura 7-15 Geología regional de la Cordillera Occidental entre 0° - 1° N mostrando el cinturón en el que se encuentra el área de estudio. (Modificado de Boland et al., 2000)

Fuente: Boland et al., 2000

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2021

El volcanismo continental de arco calcoalcalino del Oligoceno está representado por la Unidad San Juan de Lachas, conformado por brechas volcanoclásticas y lavas piroxénicas. Eventos volcánicos de edad Mio - Pliocénica se expresan en los productos

de la unidad El Cristal con centros eruptivos cercanos, probablemente ubicados al noroeste fuera de la zona de estudio, además de los depósitos volcánicos de la Unidad Parambas asociados con la presencia de fallas locales, por donde se asume emigró el material volcánico a la superficie.

En el área, la Cordillera Occidental está constituida por un basamento oceánico acrecionado sobre el cual se depositaron las secuencias volcánicas y volcano sedimentarias del arco continental Eocénico.

El basamento involucra rocas volcánicas del arco oceánico Naranjal (Boland y otros, 2000; Vallejo, 2007) del Cretácico Superior, que fue discriminado por esos autores del arco Cala y del plateau Pallatanga que afloran hacia el E, fuera del área. También se involucran las rocas volcano sedimentarias marinas que formarían parte del arco insular Macuchi y que, como tal, no ha sido considerado para esta parte de la cordillera.

7.1.4.3 Geología regional

Ecuador tiene una geología muy dinámica, la cual está marcada por grandes terremotos y episodios volcánicos. Desde el aspecto tectónico, Ecuador es similar a otros países occidentales de esta región, donde la Placa Oceánica de Nazca se sumerge debajo de la placa continental de Sur América. La colisión de estas dos placas causó el levantamiento de los Andes Ecuatorianos y la fusión del manto que se encuentra por debajo del continente. El magma fundido eventualmente se mueve a través de las fracturas o puntos de debilidad en la corteza terrestre, instruyendo las capas superficiales y formando el relieve actual (Thurber, 1997os).

Las concesiones mineras Tres Cerrillos (CÓD. 40000245) y La Primavera (CÓD. 40000246) se ubican geográficamente en la parte noroccidental del Ecuador en la provincia del Carchi cantón Mira abarca los poblados de Gualchan, La Primavera, El Carmen, Las Juntas y Espejo, geológicamente se encuentra ubicado la cordillera occidental en su bloque noroccidental (cuenca antearco) compuesta por formaciones esencialmente de origen volcánico (Oligoceno).

La Cordillera Occidental está conformada por un basamento oceánico acrecionado sobre el cual se depositaron las secuencias volcánicas y volcanosedimentarias del arco continental (antearco) terciario. El basamento involucra rocas volcánicas del arco oceánico de edad cretácica superior. También se involucran las rocas volcanosedimentarias marinas del Paleoceno - Eoceno que formarían parte del arco insular Macuchi.

Según el mapa geológico del Ecuador publicado por el ex INIGEMM en el año 2017 con una escala 1:1 000 000, se puede observar algunas particularidades respecto al resto de la cordillera occidental, se observan depósitos volcánicos y volcanosedimentarios del Neógeno hasta el Cuaternario.

Para las rocas volcánicas del basamento cretácico se enfatiza la discriminación de la naturaleza del volcanismo considerando la posibilidad de ocurrencias de rocas de piso oceánico (MORB) y de plateau oceánico agrupadas en la Unidad Pallatanga (KPa); o del arco oceánico Río Cala (KRc) y sus volcanosedimentos asociados (Natividad KNt, Pilatón KPi). También se consideró la posibilidad de ocurrencia de rocas volcanosedimentarias del arco insular Macuchi con las unidades litológicas del Paleoceno – Eoceno reportadas en INEMIN-AGCD (1990).

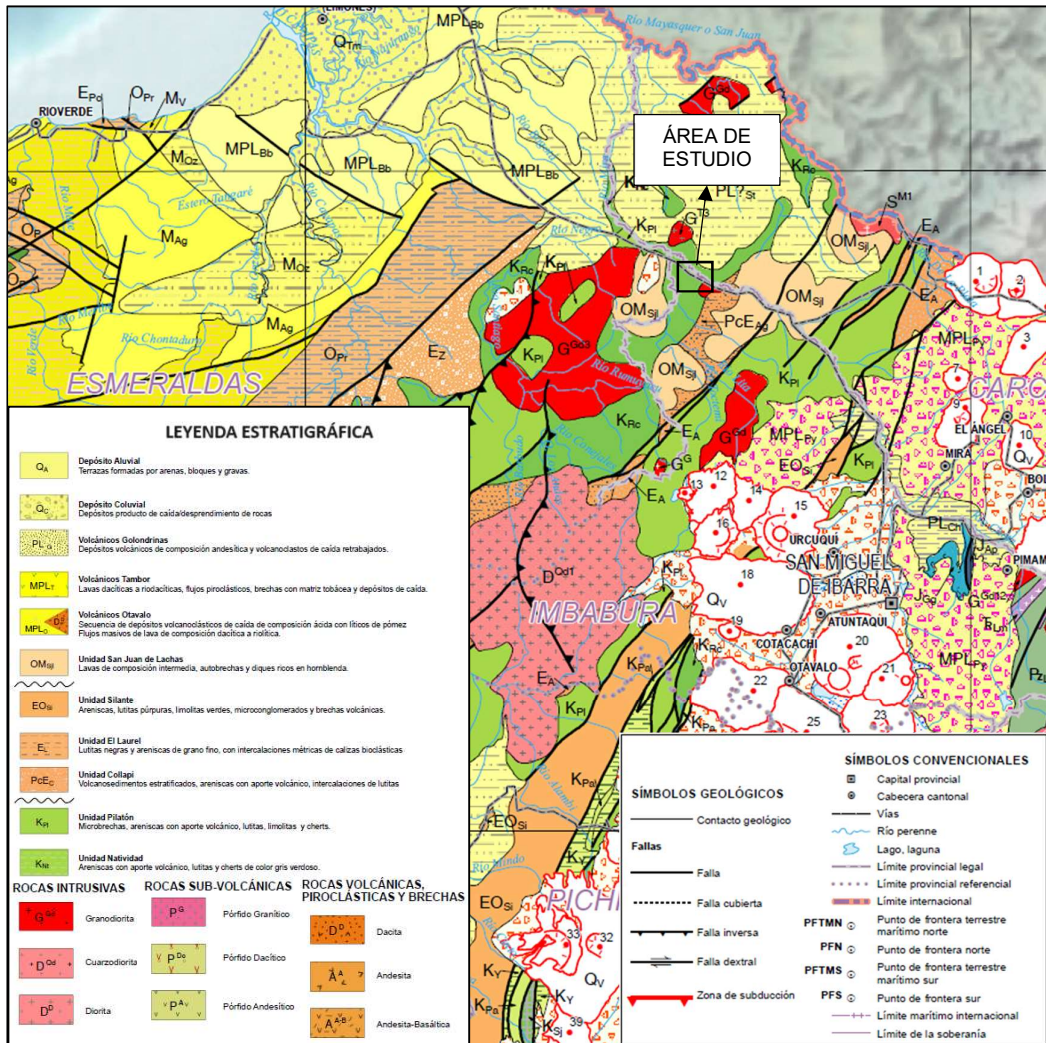


Figura 7-16 Mapa geológico de la república del Ecuador, Escala 1:1 000 000, emplazamiento geológico regional del área de estudio.

Fuente: INIGEMM, 2017

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2021

Las principales formaciones y unidades litoestratigráficas que se encuentran dentro del área de estudio y sus cercanías son:

- Unidad Pilatón
- Unidad Collapí
- Unidad El Laurel
- Unidad San Juan de Lachas
- Volcánicos Otavalo
- Volcánicos Golondrinas

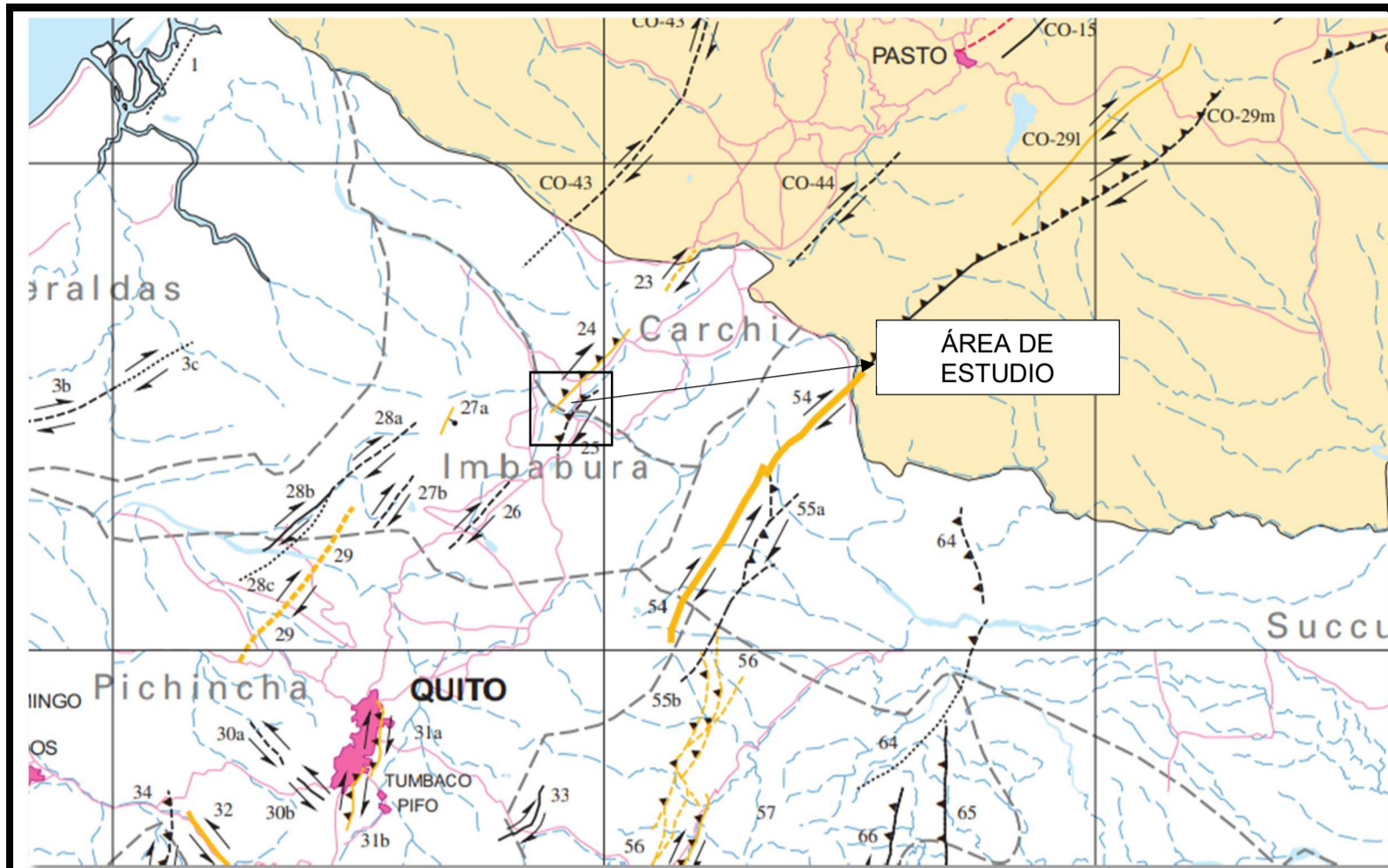
- Dep. Aluviales
- Rocas intrusivas

Estas unidades fueron tomadas de la hoja geológica de LA CAROLINA publicada en el año 2017 por el antiguo INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN GEOLÓGICO MINERO METALÚRGICO (INIGEMM) escala 1:50.000. Actualmente el mapa se encontraría en revisión.

7.1.4.4 Geología estructural

La mayoría de estructuras tectónicas responden a eventos compresivos regionales que han generado zonas de cizalla y fallas transcurrentes de orientación de rumbo N40°E, formando, además, fajas tectónicas y limitando bruscamente cambios litológicos. Las fallas afectan tanto a unidades geológicas de edad cretácica como paleógena y son las principales responsables de la presencia de los cuerpos intrusivos, y a que han generado zonas de debilidad por donde han facilitado la migración y el ascenso de las intrusiones. Uno de los sistemas de fallas principales se denomina San Juan de Lachas-Gualchán-La Primavera, el cual separa las unidades geológicas Pilatón, Collapí y San Juan de Lachas respectivamente. El sistema presenta una dirección de rumbo entre N25°E – N30°E e incluye dos fallas principales ubicadas al oeste de la zona de estudio.

La estructura tiene una cinemática transcurrente dextral con componente inverso. La falla El Cabuyal-La Primavera pertenece a este sistema y su plano de falla aflora cerca de El Cabuyal. Las estrías subhorizontales indicarían un desplazamiento transcurrente dextral. Otra estructura principal es la falla Plan de Ánimas-Tablas-Las Juntas, la cual presenta una dirección de rumbo general N45°E con una longitud aproximada de 20k m.



NO.	NOMBRE	CONFIGURACIÓN GEOLÓGICA Y SÍPNOSIS	GEOMETRÍA DE LA FALLA	EXPRESIÓN GEOMORFOLÓGICA	ÚLTIMO MOVIMIENTO	TASA DE MOVIMIENTO (MM/AÑO)
EC-21	Falla Jambelí	La falla es probablemente un ramal de la de falla de Pallatanga.	Longitud: 16.9 km Rumbo: N58°E±0° Buzamiento: Ángulo desconocido, desciende hacia el sur Sentido del movimiento: Normal	Forma escarpes submarinos	<1.6 Ma.	<1 (desconocido)
EC-22	Falla Puna	Falla con tendencia noreste ha sido interpretada por Iglesias y otros (1991) como parte del sistema de fallas Puná-Milagro-Chazo Juan. Divide en dos la Cordillera de Zambapala, que se forma por fallas inversas más antiguas.	Longitud: 43.9 km Rumbo: N46°E±0° Buzamiento: Ángulo desconocido. Sentido del movimiento: Dextral	Forma una cresta alargada (Zambapala), escarpes de falla y una cuenca pull apart en la parte superior.	<1.6 Ma.	<1 (desconocido)
EC-23	Falla San Isidro	Esta falla con tendencia noreste ha sido interpretada por Soulas y otros. (1991) como una prolongación del sistema de fallas colombiano Cauca-Patía, que forma parte del sistema de fallas Romeral [CO-15] en Colombia.	Longitud: 11.7 km Rumbo: N36°E±5° Buzamiento: Ángulo desconocido. Sentido del movimiento: desplazamiento de rumbo (dextral)	La falla desarrolla terrazas, drenajes desplazados y crestas de cierre, a lo largo de un trazo de la falla.	<15 ka.	0.2 – 1.0
EC-24	Falla El Ángel	Esta falla con tendencia noreste ha sido interpretada por Soulas y otros (1991) como una prolongación del sistema de fallas Cauca-Patía en Colombia. Desplaza morrenas glaciares del Pleistoceno tardío y otros depósitos cuaternarios.	Longitud: 26.3 km Rumbo: N43°E±3° Buzamiento: Ángulo desconocido, se inclina hacia el noroeste. Sentido del movimiento: inverso, desplazamiento de rumbo dextral	En El Ángel, la falla forma algunas lagunas de hundimiento, colinas desplazadas y depresiones confinadas (cerradas).	<15 ka.	<1 (desconocido)
EC-25	Falla Río Ambi	Esta estructura con tendencia noreste controla el límite occidental de la cuenca sedimentaria Chota del Plioceno. Principalmente afecta los depósitos volcánicos del Plioceno-Cuaternario.	Longitud: 15.6 km Rumbo: N31°E±15° Buzamiento: Ángulo desconocido, se inclina hacia el ONO (oeste-noroeste). Sentido del movimiento: inverso, desplazamiento de rumbo dextral	La falla forma escarpes y colinas alargadas a lo largo del valle del Río Ambi.	<1.6 Ma.	<1 (desconocido)

Figura 7-17 Mapa de fallas y pliegues donde se evidencian las dos fallas más cercanas al proyecto
Fuente: A. Egeuz, A. Alvarado y H. Yepes, 2003
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2021

Según el mapa de fallas y pliegues cuaternarios (A. Eguez, A. Alvarado y H. Yepes, 2003) las principales fallas geológicas cerca a la concesión son la falla del río Ambi la cual presenta un movimiento inverso dextral y el sistema de fallas el Ángel igualmente con un movimiento inverso dextral, ambas con una orientación NNE-S.

7.1.4.5 Geología local

7.1.4.5.1 Litoestratigrafía

a. Unidad Pilatón (KPI)

Es un depósito turbidítico de abanico submarino de hasta 4000m de espesor compuesta principalmente de rocas de origen volcánico y volcano sedimentos. Está bien expuesta en la vía Salinas - Lita en el tramo comprendido entre El Limonal – La Chorrera de Tablas. Se compone de rocas sedimentarias en estratos de espesor variable. En general son areniscas con aporte volcánico, microbrechas con fragmentos ígneos, lutitas, limolitas verdes y cherts. Boland y otros (2000) sugieren una edad maastrichtense para la unidad geológica, basados en estudios micropaleontológicos. Se encuentra subyaciendo discordantemente a la Unidad Collapí.

b. Unidad Collapí (PcEc)

Para esta unidad se estima un espesor aproximado de 700 metros, esta compuesta de volcanosedimentos. La unidad aflora cerca de los poblados de Espejo 1 y El Carmen. Consiste de volcanosedimentos estratificados a masivos incluyendo areniscas con aporte volcánico, lutitas y tobas cristalinas intercalados entre sí. Mediante relaciones estratigráficas con respecto a rocas de la Unidad El Laurel, Chulde (2014) propone una edad paleocénica a eocénica inferior. Se encuentra subyacente a la unidad El Laurel.

a. Unidad El Laurel (EL)

Esta unidad esta compuesta principalmente de rocas sedimentarias algunas bioclásticas. La localidad tipo se encuentra en el poblado El Laurel. Además, buenas exposiciones afloran en el tramo El Morán –La Cortadera y cerca del poblado Espejo 1 donde se localizan las conocidas calizas Gualchán. Consiste de lutitas negras y areniscas de grano fino, además de intercalaciones de calizas bioclásticas con espesores métricos. Análisis micropaleontológicos asignan una edad eocénica media. La caliza de El Laurel se correlaciona regionalmente con la Formación Unacota del Eoceno medio a tardío (50-35.4Ma). Se encuentra subyaciendo discordantemente a la San Juan de Lachas.

b. Unidad San Juan de Lachas (OMSII)

Esta unidad tiene un espesor estimado de 700 metros compuesta de lavas de composición intermedia. Extensos afloramientos se presentan en la vía Salinas-Lita en el tramo La Carolina – Peña Negra y San Juan de Lachas – Espejo 1. Consiste principalmente de lavas de composición andesítica, autobrechas, volcanosedimentos y diques ricos en hornblenda. Análisis geoquímicos de estas rocas realizados en el presente trabajo, indican afinidades calcoalcalinas de arco continental resultantes de magmatismo en zonas de subducción. Vallejo (2007) señala una edad oligocénica (32.9±1,2Ma) mediante métodos radiométricos $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, para una andesita anfibólica.

c. Volcánicos Golondrinas (PLG)

Definidos en la carta geológica “La Carolina” INIGEMM, 2017. Toman su nombre debido a la cercanía a un centro de emisión denominado Cerro Golondrinas. Los depósitos volcánicos se encuentran presentes en las partes altas del río Caliche y de la Q. El Carmen. Consiste de una secuencia de depósitos de caída y tobas retrabajadas de composición intermedia, además de lavas andesíticas de textura afanítica y porfirítica. Ocasionalmente presentan intercalaciones de pequeños flujos piroclásticos hacia la parte superior. Esta unidad se la ubica en el periodo Neógeno de época Mio-Plioceno.

d. Depósitos Superficiales

• Depósitos Aluviales (QA)

Ubicados a lo largo de las márgenes de los ríos Mira, Río Blanco, Chinambí y Lita. Corresponden a depósitos de gravas, arenas, cantos y bloques redondeados a subredondeados de rocas ígneas y volcanosedimentarias.

e. Rocas Intrusivas

• Granodioritas (G^{Gd})

Las intrusiones afloran en la vía Gualchán-Las Juntas. Además, cuerpos intrusivos menores afloran cerca de la quebrada San Miguel de Guayabal y en la antigua vía férrea Salinas-Lita. Consisten en rocas color gris-blanquecinas, con textura holocristalina-fanerítica de grano medio, formadas por plagioclasa, anfíbol, cuarzo y biotita. Feldespato K también se observa en menor cantidad.

• Dioritas (D^D)

Se encuentran expuestos en la esquina noroccidental de la conseción. Constituyen cuerpos de varias dimensiones emplazados en rocas cretácicas, eocénicas y oligocénicas. Las rocas presentan texturas holocristalinas-faneríticas con plagioclasa y piroxeno. Además, los cuerpos intrusivos que afloran en la esquina noroccidental exhiben cristales de hornblenda, óxidos Fe y epidota en menor contenido.

En el Mapa Geológico a continuación y en el Anexo E. Cartografía, 03. Documentos Mapa 08, se representa las unidades antes mencionadas.

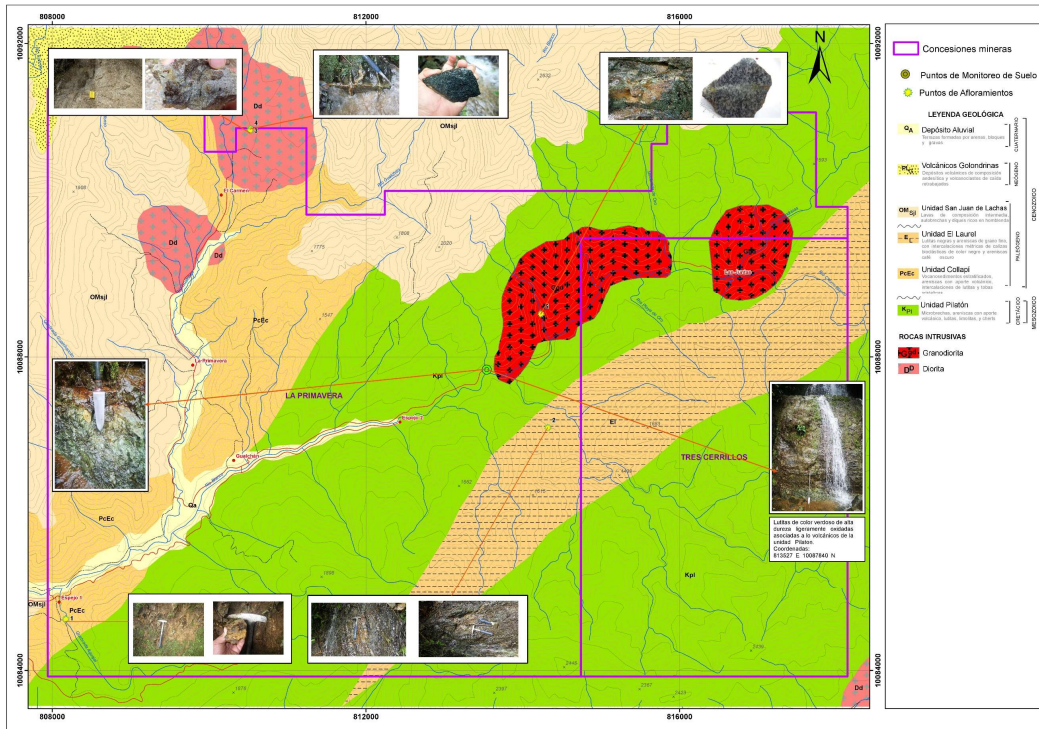


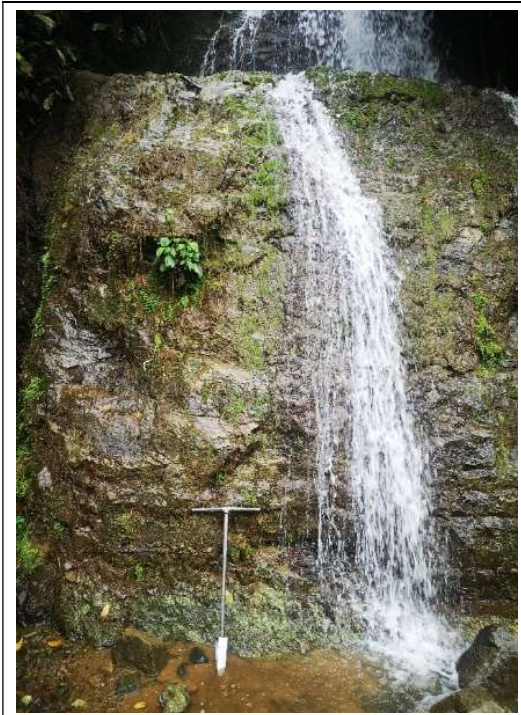
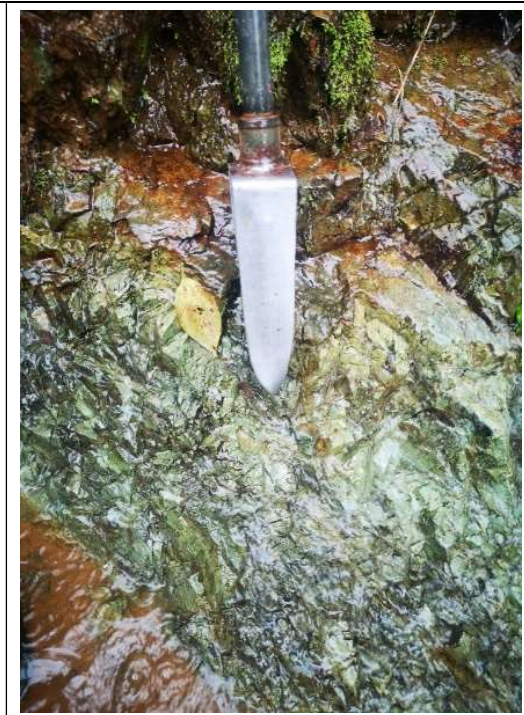


Figura 7-18 Mapa Geológico de la zona de estudio.

Fuente: INIGEMM, Hoja Geológica La Carolina, 2017
 Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2021

7.1.4.5.2 Caracterización de afloramientos

El área de estudio en su mayoría abarca rocas sedimentarias asociadas a los sedimentos El Chontal dichas rocas van desde lutitas negras, areniscas y filitas. Mediante los recorridos de campo realizados en la concesión se pudo observar un afloramiento, el cual es descrito Tabla 7-18:

Tabla 7-18 Registro fotográfico de Afloramiento ubicado en la parte oriental de la concesión Primavera

	
<p>1. Afloramiento ubicado en el sector de Espejo 2. Lutitas de color verdoso de alta dureza ligeramente oxidadas asociadas a lo volcánicos de la unidad Pilaton. 813527 E 87840 N. El afloramiento se encuentra ubicado en la parte oriental de la concesión La Primavera, cerca del río Blanco. Pertenece a la Unidad Pilaton. Esta unidad, de edad cretácica, está constituida de arcillas negras, argilitas grises, turbiditas, lutitas negras y areniscas gris verdosas. Estos materiales presentan un rumbo norte-sur preferencial de los Andes septentrionales.</p>	
	
<p>2. Afloramiento ubicado en las coordenadas UTM: X: 808174; Y: 84653 en el sector Espejo 1 al oeste del proyecto Tres Cerrillos, se trata de una intercalación de areniscas de color marrón intercaladas con lutitas y esporádicos niveles de tobas cristalinas, estas rocas se encuentran dentro de la Unidad Collapi de edad paleocénica a eocénica inferior.</p>	



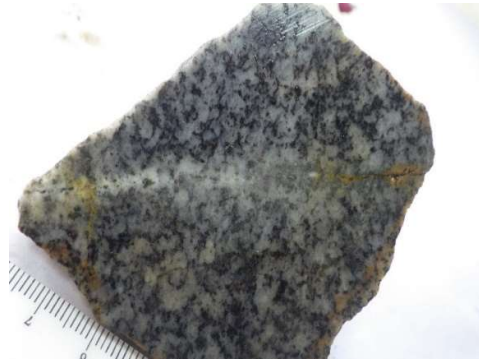
3. Afloramiento ubicado en la zona central del proyecto (UTM: X: 814321; Y: 87101), corresponde a rocas de la Unidad El Laurel edad eocénica media. Consiste en paquetes milimétricos de lutitas negras cizalladas intercaladas con paquetes menores de areniscas de grano medio fuertemente silicificadas cortadas por vetillas de cuarzo posiblemente de origen tectónico con trazas de Py y óxidos de hierro.



4. Afloramiento ubicado en el sector denominado La Primavera (UTM: X: 810524; Y: 90918), afloramientos de rocas correspondientes a la Unidad San Juan de Lachas de edad oligocénica, se trata de brechas volcánicas cortadas por una falla de dirección NW, los clastos de la brecha son polimícticas en una matriz microcristalina y se observa jarosita como oxidación de pirita.



5. Afloramiento ubicado en las coordenadas UTM: X: 810525; Y: 90896 en el borde noroccidental del proyecto Tres Cerrillos, se trata de un afloramiento de diorita de grano fino con textura fanerítica con cristales subhedrales de anfíbol, plagioclasa y piroxenos, la roca presenta una alteración propilitica con el desarrollo de clorita como reemplazo de máficos y epidota principalmente en vetillas.



6. Afloramiento de granodiorita de color gris de grano medio con textura fanerítica con cristales euhedrales a subhedrales de cuarzo, plagioclasa, anfíbol y biotita. La roca presenta una leve alteración de cuarzo – sercita – pirita con el desarrollo de vetillas tipo D. El afloramiento se encuentra en la zona central del proyecto, cerca del poblado Espejo (UTM: X: 814235; Y: 10088548).

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

En el Anexo C-Línea Base, C-1 Físico, 1-7 Geología se presentan las fotos para mejor visualización, así mismo, en el Mapa Geológico (Ver Anexo E. Cartografía, 03. Documentos Mapa 08) se representa las unidades antes mencionadas, con la representación correspondiente.

7.1.4.5.3 Descripción del yacimiento mineral

La delimitación de los distritos mineros en el Ecuador fueron tipificados por su particular estilo de mineralización o la asociación de depósitos. Colectivamente los distritos mineros reflejan un espectro de los principales tipos de depósitos (PRODEMINCA, 2000).

El área de estudio está relacionada a depósitos de Pórfidos y Sistemas epimesotermales relacionados con intrusiones. Estos incluyen depósitos generados en un ambiente volcánico-subvolcánico que está alojado espacial y genéticamente por intrusiones calco-alcálicas. En adición a los depósitos de pórfidos un amplio rango de depósitos, ocurren en esta clase, incluyendo en exocontactos: "stockworks", skarns, brechas de chimenea y sistemas de vetas. Ellos comúnmente representan niveles profundos en sistemas epitermales alojados en rocas volcánicas las cuales forman un continuo sistema magmático hidrotermal. Pórfidos, skarn, y vetas epitermales están incluidos en esta categoría. Estos depósitos tienen una amplia ocurrencia: están ejemplificados por una característica de tres distritos ampliamente dispersos los cuales fueron seleccionados.

El área está relacionada con el distrito minero IMBA-OESTE por su cercanía al mismo, este distrito está situado en el terreno Pallatanga entre las fallas regionales de Toachi-Guayrapungu y Pujilí.

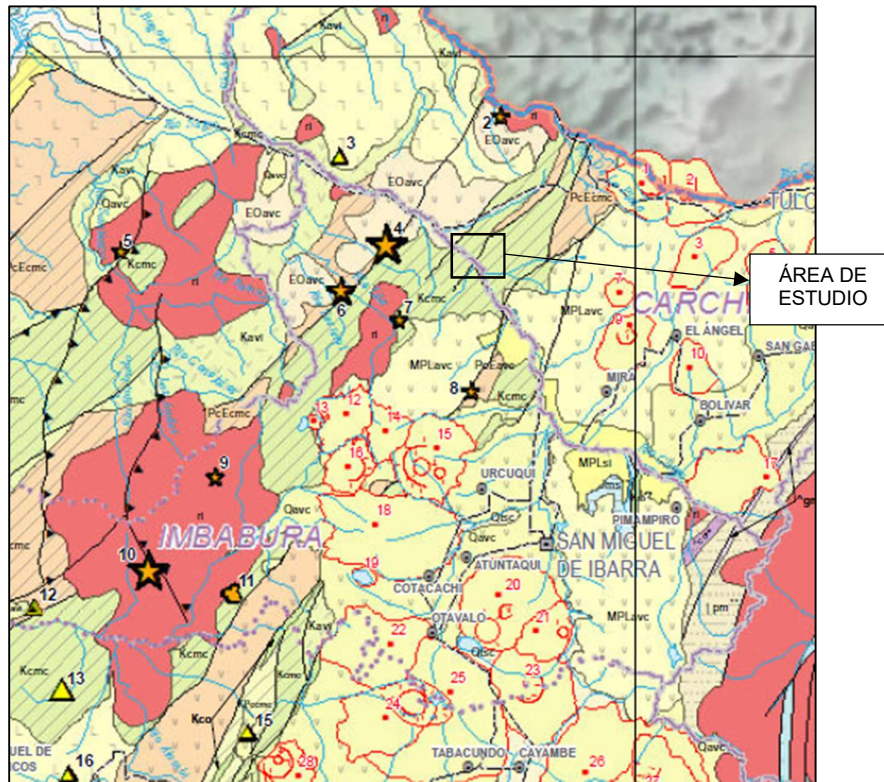


Figura 7-19 Mapa metalogénico de Ecuador escala 1:1 000 000

Fuente: IIGE, 2019.

Según el mapa Metalogénico del Ecuador esacala 1:1 000 000 publicado por el IIGE en el año 2019, el área de estudio se encuentra ubicada en la faja metalogénica asociada a pórfidos Cu-Mo-Au del Mioceno y Epitermales de Au-Cu del Oligoceno-Mioceno.

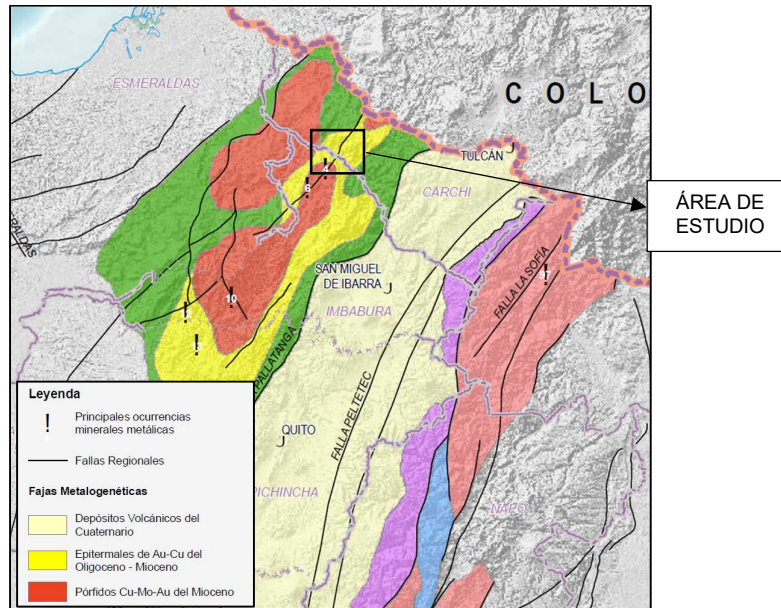


Figura 7-20 Mapa metalogénico de Ecuador escala 1:1 000 000

Fuente: IIGE, 2019.

De acuerdo con la información facilitada por EMSAEC, el proyecto Tres Cerrillos se encuentra en una etapa temprana de reconocimiento geológico (periodo de exploración inicial) y cuyo potencial está relacionado a mineralización de Cu-Mo-(Au) emplazada en un sistema del tipo pórfido.

Se emplaza en el denominado “Cinturón del Mioceno Central” (6 – 11 m.a.) y asociado a un Arco magmático calco alcalino (12 – 19 m.a) cuya morfología corresponde a diques porfiríticos de Cu-Mo.

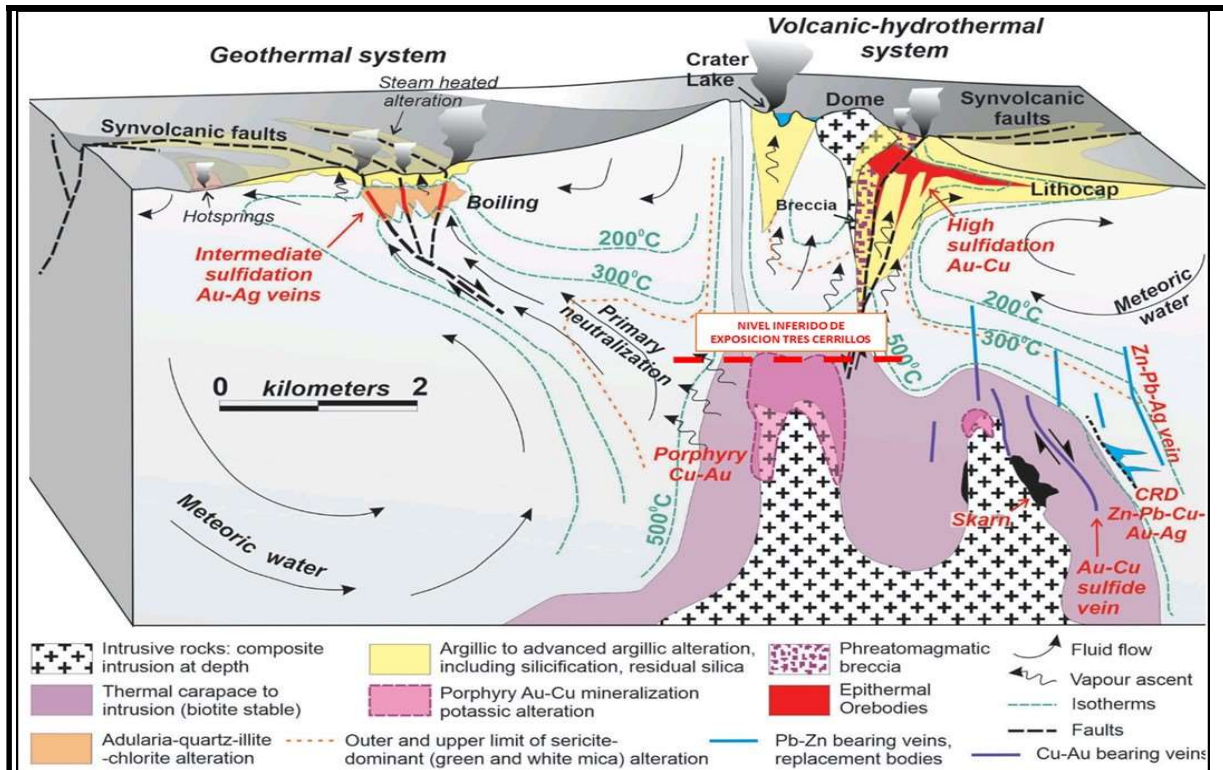
De acuerdo con resultados de levantamientos geológicos y geoquímicos, se ha identificado un sistema hidrotermal, cuyas anomalías de Cu-Mo-Au asociadas al sistema PC, se reconocen en una expresión de superficie de 7x2.5 km con direccionalidad preferencial NW. Su geología corresponde a un basamento de secuencias volcano-sedimentarias del Cretácico (U. Pilatón) y sedimentarias del Eoceno (U. Laurel), intruidos por eventos magmáticos de composición intermedia – ácida.

Alteración potásica de fondo (biotita (bio) – magnetita (mag) – clorita (clr) ± actinolita (act)) con sobreimposición fílica moderada (cuarzo (qzo) – sericita (ser) – pirita (py)), se desarrolla asociada a la mineralización hipógena. Alteración Propilítica de borde (clorita (clr) – epidota (ep) – pirita (py)).

Trend estructural NE dentro del cual se desarrollan sistemas extensionales NW, al que se asocia el emplazamiento de pórfidos mineralizados.

Mineralización diseminada y en stockworks de vetillas tipo B, D y ±C. Con pirita (Py) - calcopirita (Cpy) – molibdenita (Mo) ± bornita (Bn) ± enstatita (En) ± Titanita (Tn) ± oro (Au) ± calcosina Cc ± covelina (Cv) y óxido de cobre (CuOx).

De acuerdo a las características preliminarmente definidas dentro del proyecto, y de acuerdo al modelo conceptual de los sistemas del tipo pórfido, en nivel de exposición presente se indica en la siguiente figura.



TRADUCCIÓN			
TERMINO EN INGLES	TRADUCCION	TERMINO EN INGLES	TRADUCCION
GRÁFICO			
Geothermal System	Sistema geotermal	Volcanic-hydrothermal system	Sistema volcánico-hidrotermal
Steam Heated Alteration	Alteración calentada por vapor	Crater Lake	Lago del cráter
Synvolcanic Faults	Fallas sinvolcánicas	Dome	Domo
Hotsprings	Aguas termales	Lithocap	Litocapa
Boiling	Ebullición	Breccia	Brecha
Intermediate sulfidation Au-Ag veins	Sulfuración intermedia. Vetas de oro-plata.	High sulfidation Au-Cu	Alta sulfuración Oro-Cobre
Primary neutralization	Neutralización primaria	Zn-Pb-Ag vein	Vetas de zinc-plomo-plata
Porphyry Cu-Au	Porfido de cobre-oro	Skarn	Skarn (metamorfismo de contacto producto de la intrusión de cuerpo igneo)
Meteoric wáter	Agua meteórica	CRD Zn-Pb-Cu-Au-Ag	Depósito de reemplazo de carbonato de zinc, plomo, cobre, oro, plata
Kilometers	Kilómetros	Au-Cu sulfide vein	Veta de Oro-Cobre

PIE TABLA			
Intrusive Rocks: composite intrusion at depth	Rocas intrusivas: intrusión conformada en profundidad	Epithermal Orebodies	Yacimientos epitermales
Thermal carapace to intrusion (biotite stable)	Borde térmico de intrusión (biotita)	Pb-Zn bearing veins, replacement bodies	Vetas portadoras de plomo-zinc. Minerales de reemplazo.
Adularia-quartz-illite-chlorite alteration	Adularia-cuarzo-illita-alteración en clorita	Cu-Au bearing veins	Vetas portadoras de Cu-Au
Argilic to advanced argillic alteration, including silicification, residual silica	Alteración argílica a argílica avanzada, incluye silicificación, sílice residual	Fluid Flow	Flujo del fluido
Porphyry Au-Cu mineralization potassic alteration	Porfido de oro y cobre, alteración potásica.	Vapour ascent	Ascenso de vapor
Outer and upper limit of sericite-dominant (green and white mica) alteration	Límite exterior y superior de alteración con sericita (mica verde y blanca)	Isotherms	Isotermas
Phreatomagmatic breccia	Brecha freatomagmática	Faults	Fallas

Figura 7-21 Nivel de exposición del proyecto Tres Cerrillos

Fuente: EMSAEC, 2023; Sigtierras, febrero 2021
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

7.1.4.6 Pendientes

La zona de estudio presenta un relieve abrupto y accidentado con fuertes pendientes, estas características son muy representativas de las estribaciones de la cordillera occidental. Las cotas van desde los 2320 a 3800 m.s.n.m. Se evidencia una morfología irregular con pendientes mayores a 35° y crestas agudas con una dirección preferencial noreste y norte – sur.

Regionalmente se ha identificado 8 clases de pendientes las cuales van desde Muy suaves (>2 – 5%) presentes en las zonas bajas asociadas a fondos de cuencas de los drenajes principales (Río Blanco) ha zonas Muy escarpadas (>150 – 200%) presente en zonas altas.

La concesión se asienta en su totalidad en una zona con pendientes muy fuertes (70 – 100%), abarcando la totalidad del área de las concesiones (aprox. 6700 hectareas). La información puede observarse en el Anexo E. Cartografía, mapa 26.

Tabla 7-19 Porcentaje de área de cobertura por pendiente

Pendiente	Area ha	% de cobertura en la concesión
Muy Suave (> 2 - 5 %)	46,12	0,68
Suave (> 5 - 12 %)	176,81	2,59
Media (> 12 - 25 %)	79,54	1,17
Media A Fuerte (> 25 - 40 %)	205,98	3,02
Fuerte (> 40 - 70 %)	856,99	12,57
Muy Fuerte (> 70 - 100 %)	5332,80	78,24
Escarpada (> 100 - 150 %)	111,35	1,63
Muy Escarpada (> 150 - 200 %)	1,53	0,02
No Aplica	4,82	0,07

Fuente: Sigtierras, febrero 2021

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

7.1.4.7 Geomorfología

7.1.4.7.1 Metodología

Se realizó una revisión, análisis y evaluación de la información disponible sobre levantamientos geomorfológicos, geológicos y amenazas geológicas del país. La metodología se fundamenta en la generación de información primaria a partir de información referencial como cartas geológicas, cartas topográficas, así mismo se utilizó la información del Modelo Digital del Terreno, así como el mapa de pendientes. Las cartas utilizadas fueron las siguientes: Cartas geológicas 1:50.000, INIGEMM, 2017 “Carolina”.

Adicionalmente, se utilizó las memorias técnicas del levantamiento de información geomorfológica de los cantones Ibarra y Urququí elaborada por SIGTIERRAS a escala 1:25 000, abril.

La verificación en campo permite visualizar y validar la información primaria en lo que respecta a las unidades geomorfológicas cartografiadas y el tipo de roca o depósito superficial asignado, describiendo así unidades presentes en la zona, dominios fisiográficos o unidades ambientales.

La zona de estudio presenta un relieve abrupto y accidentado con fuertes pendientes, estas características son muy representativas de las estribaciones de la cordillera occidental. Las cotas van desde los 2600 a 840 m.s.n.m. Se evidencia una morfología irregular con pendientes mayores a 35° y crestas agudas con una dirección preferencial noreste y norte – sur.

En la mayor parte que cubre las concesiones de La Primavera y Tres Cerrillos presenta paisajes con geoformas planas en las cuencas bajas de los principales ríos e inclinadas y fuertemente escarpadas en las zonas de ladera; su relación con el buzamiento de los estratos evidencia un desnivel relativo promedio de 480 m.

Las intrusiones están distribuidas a lo largo del área de estudio constituyendo geoformas de relieves moderados con cimas de colinas subredondeadas de pendiente suave y altitud de 1400 m.s.n.m.

En el siguiente apartado se describen los dominios fisiográficos presentes en el área.

7.1.4.7.2 Dominios Fisiográfico

El presente estudio geomorfológico está ubicado en las vertientes externas de la cordillera occidental en la cual se diferencian dos regiones o dominios. Prácticamente toda el área que comprende las concesiones La Primavera y Tres Cerrillos descansan sobre la región de vertientes externas de la cordillera occidental y específicamente en la parte sur occidental en el río Blanco y Mira se presenta el dominio medio aluvial. Dichos dominios se detallan a continuación:

f. Dominio Fisiográfico de vertientes externas de la cordillera occidental

Este tipo de relieve la mayor parte del área de estudio, caracterizándose por presentar relieves montañosos que se formaron de material volcánico y volcanosedimentario.

Dentro del área de estudio los procesos geomorfológicos finalizaron en el Cuaternario, cuando se presentó el último levantamiento de la cordillera de Los Andes y los materiales que fueron levantados, han sido sometidos a intensos procesos tectono erosivos. El relieve presenta cambios importantes desde su formación debido a procesos de erosión fluvial y de escorrentía dependiendo del tipo de roca, dureza, permeabilidad y fracturamiento, entre otras características que han modificado el paisaje, el mismo que actualmente se puede identificar como colinado y montañoso, y parte de las vertientes occidentales de la cordillera.

Tabla 7-20 Dominios fisiográficos, genética y geoformas

FORMACIÓN GEOLÓGICA O DEPÓSITO SUPERFICIAL	ORIGEN	SIMB.	UNIDAD GEOMORFOLÓGICA
Unidad Pilaton, Unidad Collapí	Gravedad y movimientos en masa	Can	Coluviión Antiguo

FORMACIÓN GEOLÓGICA O DEPÓSITO SUPERFICIAL	ORIGEN	SIMB.	UNIDAD GEOMORFOLÓGICA
Depósitos aluviales	Poligenéticas	Co	Coluvio aluvial antiguo
San Juan de Lachas/Pilatón/El Laurel/Collapi/Diorita	Tectono Erosivo	R1	Relieve Ondulado
		R2	Relieve colinado muy bajo
		R3	Relieve colinado bajo
		R4	Relieve Colinado medio
		R5	Relieve Colinado Alto
		R6	Relieve Colinado muy Alto
		R7	Relieve montañoso
		Sn	Superficie Ondulada

Fuente: SIGTIERRAS, MAGAP, 2015
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

- **Coluvión Antiguo (Can).** – Son Relieves de los Fondos de Cuencas con Rellenos Volcano Sedimentario y Vertientes Externas de la Cordillera Occidental. Están compuestos por materiales detríticos, transportados desde las partes altas de los relieves y vertientes por acción de la gravedad y depositados en las partes intermedias o al pie de las mismas. Los materiales depositados son arenas de grano medio a grueso, gravas y bloques, pertenecientes a los Depósitos Coluviales Morfológicamente en algunos casos se puede identificar la forma de la cima, que generalmente es redondeada, las mismas que se encuentran asociadas a vertientes convexas.

Se caracteriza por presentar pendientes que varían de medias a fuertes (>25 a 40 %) y desniveles relativos menores que varían en un rango amplio (>15-25m), de acuerdo a la magnitud de la unidad geomorfológica.



Figura 7-22 Coluvión Antiguo (Can). Sector Gualchan. Cantón Espejo.

Fuente: MAGAP, 2015;
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

- **Coluvio aluvial antiguo (Co).** – Esta conformado por depósitos coluvio aluviales de limos y arenas de grano muy fino a grueso; pendiente suave de >5 a 12%, con desniveles relativos de >5 a 15 m. La cima es redondeada, con una longitud de la vertiente corta, muestra cierto grado de disección y está cubierto con vegetación herbácea y arbustiva. Erosión laminar pronunciada con un rango de afectación del 5 a 10%. Debido al complejo acceso no se pudo obtener una fotografía de esta geoforma.
- **Relieve Ondulado (R1).** – Los relieves de este tipo son muy escasos, se caracterizan por presentar desniveles menores a los 5 m, con pendientes que varían de >5 a 12%, la cobertura vegetal predominante es arbórea, se localizan al norte del cantón en los sectores de La Primavera y Gualchán. Los relieves ondulados asociados al Miembro Chontal y cerca de los sectores Las Praderas de Miravalle, Chinambi y La Florida. Litológicamente esta asociado a sedimentos volcánicos, tobas silicificadas intercalado con lavas silicificadas.



Figura 7-23 Relieve Ondulado (R1). Sector Chinambí. Cantón Mira, 2013.

Fuente: MAGAP, 2015;

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

- **Relieve Colinado Muy Bajo (R2).** – Poseen pendientes de suaves (5 a 12 %) a medias (12 a 25 %), el desnivel relativo va de 5 a 15 m, exhibiendo cimas redondeadas y vertientes convexas e irregulares. Litológicamente esta asociada a las rocas sedimentarias de la unidad El Laurel.
- **Relieve Colinado Bajo (R3).** – La pendiente es variable entre suaves a medias de >12 – 25%, el desnivel relativo va desde >15 a 25 metros, presenta cima redondeada, la longitud de la vertiente es moderadamente larga >50 a 250 m, convexa e irregular. Erosión laminar moderada con un porcentaje del 5 al 10%.



Figura 7-24 Relieve Colinado Bajo (R3). Sector Guadual. Cantón Mira, 2013.

Fuente: MAGAP, 2015;

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

- **Relieve Colinado Alto (R4).** – Se encuentra en partes localizadas de la concesión, la pendiente de estos relieves varía de media a fuerte con rangos que van de >40 a 70%, el desnivel relativo es de >100 a 200m, tiene cimas redondeadas, vertientes convexas y mixtas. La cobertura vegetal predominante es arbórea y en pequeñas cantidades arbustivas. Litológicamente esta asociada a los sedimentos como areniscas, lutitas, calizas y grauvacas.



Figura 7-25 Relieve colinado alto (R4). Sector Sta. Rita. Cantón Mira, 2013.

Fuente: MAGAP, 2015;

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

- **Relieve Colinado Alto (R5).** – Compuesto por pendientes fuertes de 40 a 70%, con desnivel relativo entre 100 a 200 metros, con cimas redondeadas formando valles planos. En el sector de la concesión, esta cubierto por vegetación arbustiva y herbácea, erosión laminar muy redondeada, cuya área de

afectación oscila del 5 a 10%. Debido al complejo acceso no se pudo obtener una fotografía de esta geoforma. Longitud de la vertiente es moderadamente larga (>50 a 250 m).



Figura 7-26 Relieve colina alto (R5). Sector El Gaotal. Cantón Jijon y Caamaño, 817325 E, 86810 N, 2021.

Fuente: ECUAMBIENTE, 2019;

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

- **Relieve Colinado muy alto (R6).** – Esta geoforma esta constituida por elevaciones con desniveles relativos de hasta 300 metros, y pendientes muy fuertes que van desde >70 a 100%. Presenta erosión hídrica concentrada en barrancos, con cimas redondeadas y valles en V; se encuentra cubierta superficialmente en su mayoría por vegetación de tipo arbustiva y en menor proporción herbácea. Presenta una longitud de la vertiente larga de >250 a 500 metros.



Figura 7-27 Relieve colinado muy alto (R6). Sector El Gaotal. Cantón Jijon y Caamaño, 816735 E, 85785 N, 2021.

Fuente: ECUAMBIENTE, 2019;

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

- **Relieve montañoso (R7).** – Abarca la mayoría de la concesión. Su desnivel relativo sobrepasa los 300 m, formando cimas agudas y redondeadas con valles en V y pendientes muy fuertes de >70 a 100%, lo evidencia una intensa erosión hídrica en barrancos y cárcavas, ocasionando sectores inestables como deslizamientos y flujos, este tipo de geoformas está cubierta por vegetación de tipo arbórea, arbustiva y herbácea.



Figura 7-28 Relieve montañoso (R7). Sector vía al Carmen. Cantón Mira, 2013.

Fuente: ECUAMBIENTE, 2019;

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

- **Superficie Ondulada (Sn).** - Pertenece a las Vertientes Externas de la Cordillera Occidental, presenta pendientes medias que varían de >12 a 25% además posee un desnivel relativo de >15 a 25m, su cobertura vegetal predominante es herbácea con cultivos semipermanentes.



Figura 7-29 Superficie Ondulada (Sn). Sector Altamira. Catón Mira, 2013.

Fuente: MAGAP, 2015;

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

g. Dominio Fisiográfico Medio Aluvial

El dominio incluye las diferentes formas fluviales de la red hidrográfica actual y sus depósitos asociados en las estribaciones externas de la cordillera occidental.

Comprende la formación de terrazas, debido a varios procesos ocasionados por corrientes fluviales que depositan materiales no consolidados, estos procesos de erosión modelan el paisaje con relieves de topografía plana con pendientes dominantes inferiores a los 5%, separadas de pequeños abruptos con pendientes superiores al 70%. Los aluviones están constituidos por cantos rodados de diverso tamaño, guijarros y arenas, principalmente. Cartográficamente se han identificado terrazas aluviales indiferenciadas. Estas formas de relieve se encuentran localizadas a lo largo del eje fluvial del río Mira y el río Blanco principales drenajes del sector.

Tabla 7-21 Dominios fisiográficos, genética y geoformas

Formación Geológica o depósito superficial	Origen	Simb.	Unidad Geomorfológica
Depósitos Aluviales	Fluvial	Tb	Terraza Baja y cauce actual
		Tm	Terraza Media

Fuente: SIGTIERRAS, MAGAP, 2015

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, diciembre 2021

- **Terraza baja y cauce actual (Tb).** - Corresponden a geoformas compuestas por depósitos aluviales conformados por cantos rodados, arenas y limos, presentan pendientes muy suaves del >2 a 5%, su desnivel relativo es menor a los 5 m, se ubican al norte del cantón en los ríos: Baboso, Verde, Chinambí y Blanco, además en los sectores Espejo 1, La Primavera y El Carmen, así también en el centro del cantón en el río San Jerónimo - sector Chorrera de Tablas, río Mira en el tramo de Naranjito a Naranjal, el río de La Plata y el río Santiaguillo.



Figura 7-30 Terraza baja (Tb). Sector San Juan de Lachas. Catón Mira, 2013.

Fuente: MAGAP, 2015;

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

- **Terraza Media (Tm).** - Estas unidades, al igual que la precedente, pertenecen al mismo sistema de aluvial, se han desarrollado en la parte sur de la concesión a lo largo del río Mira y sus dos principales afluentes: Río Tahuando y Río Chota. Presenta pendientes muy suaves (>2 a 5 %), con un desnivel relativo menor a 5 m. Litológicamente esta asociada a bloques, cantos y gravas de rocas volcánicas, arenas y limos.

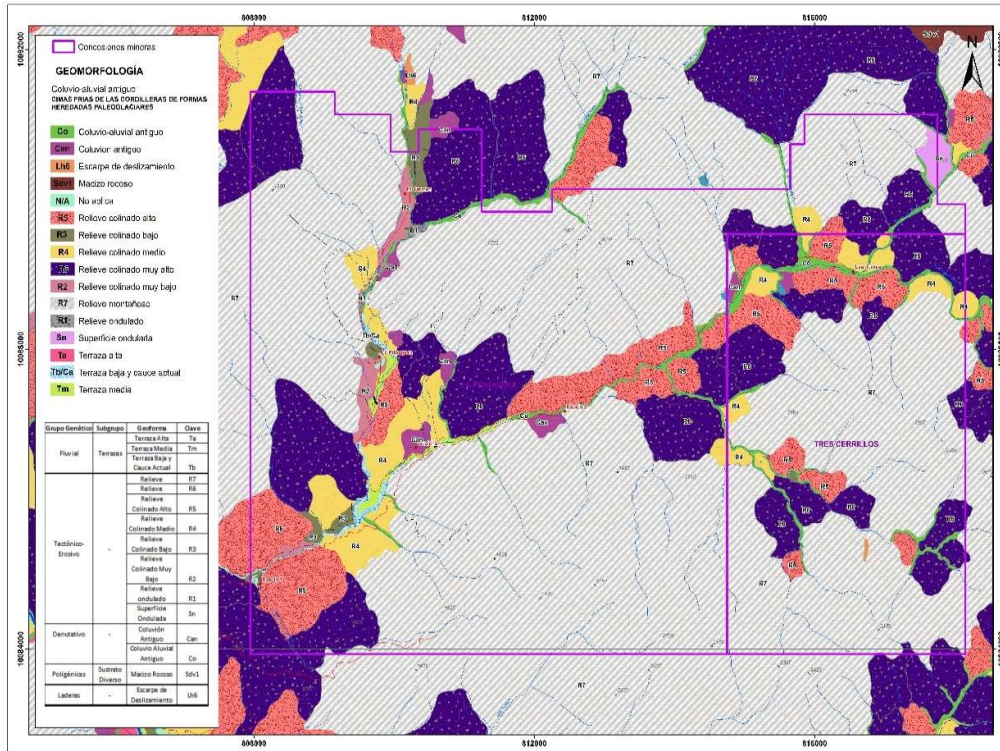


Figura 7-31 Mapa Geomorfológico del área de Tres Cerrillos (Ver Anexo E, Mapa 09)
Fuente: MAGAP, 2015;
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

7.1.4.7.3 Riesgo geomorfológico asociado

a. Zonas con susceptibilidad baja

En las concesiones mineras de La Primavera y Tres Cerrillos en función de la litología y la pendiente identificada se ha definido como zonas estables a sectores donde la roca se encuentra levemente meteorizada y los suelos son competentes presentado una pendiente suave (<5 – 12 %); a pesar de ser una zona con alta pluviosidad y presencia de zonas de escorrentía existen secuencias litológicas que soportan estos fenómenos.

Existen zonas aisladas zonas consideradas como estables ya que predominada una pendiente fuerte (>40 – 70 %) combinado con la alta pluviosidad y el recubrimiento vuelven escasas las zonas estables, a excepción de zonas bajas específicamente en las microcuencas de ríos donde debido a su morfología y alta erosión se forman llanuras de inundación. (Ver Anexo E – Mapa 26: Mapa de pendientes).

b. Zonas con susceptibilidad media

Esta categoría corresponde a zonas donde la estabilidad de uno a varios parámetros físico-naturales es moderada, lo que crea una mediana potencialidad de rotura del equilibrio natural.

En esta zona se puede incluir áreas donde existe una pendiente fuerte (>40 – 70 %) las cuales se presentan en la parte central de la concesión La Primavera y al nororiente de la misma, y en las zonas cerca a los flujos de agua donde la pendiente disminuye levemente, los procesos morfo dinámicos, la intensa precipitación, la litología y la presencia de procesos erosivos favorecen a que se desencadenen desprendimientos puntuales y muy focalizados de poco material desprendido de los taludes. (Ver Anexo E – Mapa 26: Mapa de pendientes)

c. Zonas con susceptibilidad alta

En la zona fisiográfica de vertientes externas de la cordillera occidental la cual predomina en toda el área de estudio combinado con relieves colinados muy altos y montañosos, donde se presenta una geomorfología con cotas de 900 a 1700 m.s.n.m. con pendientes fuertes (>40 – 70 %) a muy fuertes (>70 – 100 %), combinado con la potente cobertura por lo general fino granular, alta meteorización donde aflora roca y las constantes precipitaciones de la zona han provocado saturación superficial del suelo en secciones, dando lugar a zonas muy favorables para que existan movimientos de remoción en masa, presentando una susceptibilidad de alta. Un claro ejemplo es en la zona del Carmen donde se identificó un deslizamiento de proporciones considerables. (Ver Anexo E – Mapa 26: Mapa de pendientes)

Tabla 7-22 Registro fotográfico del deslizamiento identificado cerca al poblado de El Carmen UTM 813527E, 87840N



Fuente: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

7.1.4.8 Volcanismo

El peligro volcánico constituye una de las variables fundamentales en Ecuador en particular, y en los Andes del Norte en general. El arco volcánico ecuatoriano se caracteriza por una densidad importante de centros volcánicos de edad cuaternaria, los cuales están distribuidos a lo largo de las diferentes unidades morfoestructurales de la Cordillera de los Andes. Estos edificios volcánicos están contruidos sobre el basamento de la Cordillera Occidental, el Valle Interandino, la Cordillera Oriental (Real) y la Zona Sub-andina (Hall et al., 2008).

El Ecuador forma parte de los andes septentrionales, que es conocida como la Zona Volcánica Norte que presenta un rumbo NNE-SSO, cerca al área de estudio resaltan los complejos volcánicos del Imbabura, Cotacachi – Cuicocha y Chiles – Cerro Negro.

El Imbabura es un tipo de edificio volcánico conocido como “estrato-volcán compuesto”, y se caracteriza por presentar un gran edificio principal de forma cónica alrededor del cual han ido desarrollándose otros edificios más pequeños. En el caso del Imbabura, el edificio principal es conocido con el nombre de Taita Imbabura, y los dos principales edificios más pequeños se los conoce como Loma Artezón (al norte) y Huarmi Imbabura (al sur). La cumbre del Taita Imbabura se encuentra a 4621 msnm. La última erupción del volcán Imbabura se la ubica hace más de 8000 años sin embargo se lo considera potencialmente activo.

El Complejo volcánico Cotacachi-Cuicocha se encuentra localizado en la Cordillera Occidental de los Andes Ecuatorianos a 10 km al Este de la ciudad de Cotacachi. Consiste en un estrato-volcán principal (Cotacachi) rodeado de cuatro centros eruptivos: Muyurcu, Loma Negra, Piribuela y Cuicocha. La actividad de este complejo se extiende desde hace alrededor de 0.6 millones de años y su más reciente actividad ocurrió hace 2900 años. Al Cuicocha se lo considera potencialmente activo mientras tanto que al Cotacachi se lo cataloga como dormido he inactivo.

Cercano al área de estudio se encuentra también el complejo volcánico Chiles-Cerro Negro. Los volcanes Chiles y Cerro Negro están ubicados en la frontera de Ecuador (provincia del Carchi) y Colombia (departamento de Nariño), a distancias de 25 km al Oeste de la ciudad de Tulcán y a 130 km al Norte de Quito. El acceso se realiza por dos carreteras principales, una que parte desde Chiles hasta Tiuquer en Colombia, y otra desde Tufiño hasta Maldonado en Ecuador. Este complejo se lo considera potencialmente activo, no obstante, su actividad se limita a registros sísmicos y presencia de aguas termales.

7.1.4.9 Sismotectónica

7.1.4.9.1 Sismicidad

El contexto tectónico de los Andes del Ecuador está sujeto a los efectos de la subducción de las placas Nazca y Cocos bajo la placa Sud Americana y probablemente influenciada también por el marco geodinámico del Caribe. La convergencia oblicua de la subducción frente al Ecuador es contemporánea con la expulsión del Bloque Andino hacia el NNE (Nocquet et al, 2014, Alvarado et al, sometido). Debido a que el Ecuador está sometido a un proceso de subducción rápida (velocidad de convergencia de 6 cm/año), está expuesto a un nivel de peligro sísmico elevado.

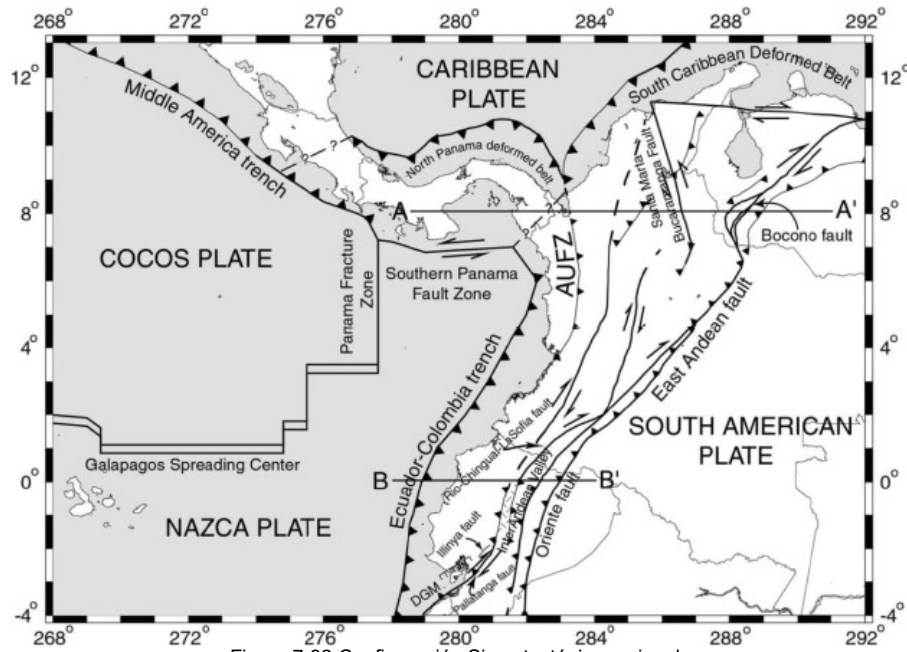


Figura 7-32 Configuración Sismotectónica regional.

Fuente: Fuente: Ortiz, 2013.

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, Mayo 2021

La cordillera occidental está atravesada por varios sistemas de fallas regionales con una tendencia dominante de dirección NE-SW. Varias de estas estructuras constituyen contactos tectónicos entre unidades geológicas. Las fallas están evidenciadas por amplias zonas de cizallamiento y fracturamiento.

La sismicidad que presenta el país está estrechamente relacionada con el proceso de subducción de la placa oceánica de Nazca y la placa continental Sudamericana, lo que justifica el hecho de que existan eventos intraplaca. Debido a que el Ecuador está sometido a un proceso de subducción rápida (velocidad de convergencia de 6 cm/año), está expuesto a un nivel de peligro sísmico elevado.

El informe sísmico para el año 2021 del Instituto Geofísico, se refiere a las zonas que pueden generar sismos (ondas sísmicas) debido a un desplazamiento en una discontinuidad o falla que existe en el medio, ya sea en la corteza continental o en la corteza oceánica o en el contacto entre la corteza continental y oceánica.

Para el Ecuador, las fuentes sísmicas se han clasificado como: fuentes de la interfaz, fuentes corticales y fuentes profundas (Yepes et al., 2016; Beauval et al., 2018). Para el área de estudio según el mencionado informe se han identificado dos fuentes sísmicas las cuales se detallan a continuación:

- Sismicidad en las fuentes corticales. -

Las fuentes corticales según Yepes et al. (2016) y Beauval et al. (2018) comprenden:

- El sistema principal de fallas que delimitan el Sliver Norandino (NAS) de la zona estable de Sudamérica con los segmentos de Puná, Pallatanga, Cosanga y Chingual (PCCS; Alvarado, 2012; Alvarado et al., 2016),
- Los sistemas de fallas inversas Quito-Latacunga (UIO-Lat),
- El sistema de fallas de rumbo de El Ángel,

- Las fallas que definen el levantamiento y los pliegues en la zona subandina: Napo y Cutucú,
- Dos fuentes adicionales que engloban la sismicidad dispersa o de background fuera de las fallas principales: BGN (Background Norte) que comprende la zona de las cuencas de la costa al norte del límite NAS-Sudamérica y BGS (Background Sur), al sur de este límite.

A continuación se presentan las fuentes corticales que influyen el área de estudio.

Tabla 7-23 Fuentes corticales que influyen el área de estudio.

FUENTE	PROFUNDIDAD	MAGNITUD MÁXIMA	MAGNITUD MÍNIMA	MAGNITUD PROMEDIO	NÚMERO DE EVENTOS
El Ángel	0-35	3,65	-0,10	1,80	53
Chingual	0-35	3,88	0,75	1,05	408
BGN	0 - 35	5.21	0.89	2.20	285
BGS	0 - 35	4.35	0.00	2.46	126
Quito latacunga	0 - 35	3.88	0.34	1.44	387

Fuente: IG-EPN, 2023

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, Mayo 2021

De acuerdo con el Informe sísmico para el año 2023 (IG-EPN), el número de eventos por mes durante el 2023 en las fuentes corticales, fue menor a 50 por mes, excepto en las fuentes Quito-Latacunga y El Ángel, con magnitudes promedio de 1.44 y 1.05 MLv, en la fuente BGN que tiene influencia en la zona de estudio y en la fuente UIO-Lat, respondiendo esto a diferentes razones:

- En la fuente BGN debido a una tasa alta y constante de sismos,
- En la fuente UIO-Lat por el incremento de microsismicidad al norte del V. Cotopaxi y al sur de los volcanes Illinizas.

En cuanto a las magnitudes, solo las fuentes BGS y Cutucú presentaron sismos con magnitud mayor a 5. En la figura 7.31 se observa la distribución a nivel nacional de las fuentes corticales y la ubicación del área de estudio.

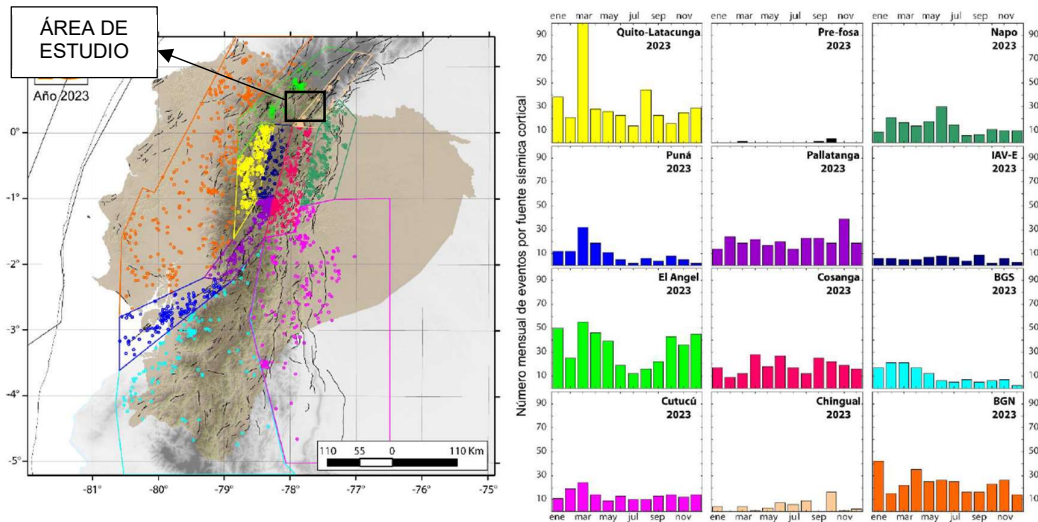


Figura 7-33 Número mensual de eventos en las fuentes corticales.

Fuente: Informe sísmico 2023, IGEPN.

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2023

- Sismicidad en las fuentes profundas o del slab. -

Las fuentes del slab se definen como volúmenes a diferentes profundidades con el fin de englobar el slab o placa oceánica en subducción bajo el continente (tabla 2). La fractura de Grijalva es un rasgo morfológico importante en el fondo marino que separa dos cortezas oceánicas de diferente origen y edad: al norte una placa Nazca joven y al sur una placa vieja denominada Farallón (Yepes et al., 2016, Beauval et al., 2018). La ocurrencia de sismos en el slab (en subducción) parece estar delimitada por la prolongación de esta fractura bajo el continente. Al norte de la fractura se observan sismos con magnitudes relativamente pequeñas, comparado a los observados al sur de la fractura.

A continuación se presentan las fuentes slab que influyen el área de estudio.

Tabla 7-24 Fuentes slab que influyen el área de estudio.

FUENTE	PROFUNDIDAD	MAGNITUD MÁXIMA	MAGNITUD MÍNIMA	MAGNITUD PROMEDIO	NÚMERO DE EVENTOS
Subvolcanic Arc	35 - 180	3.93	0.64	2.20	299

Fuente: IG-EPN, 2023

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, Mayo 2021

Para la zona de estudio se observa influencia de las fuentes de slab de tipo arco subvolcánico con un rango de profundidad de 35 a 180 km asociados a la placa de Nazca. En la figura 7.30 se observa la distribución a nivel nacional de las fuentes profundas y la ubicación del área de estudio.

En el caso de las fuentes del slab, también se registró un número menor a 50 eventos/mes, excepto en la fuente Loja, donde se registró hasta 83 eventos en el mes de marzo, mayormente asociados con el sismo del 18 de marzo UTC. Las magnitudes promedio en las fuentes del slab fueron entre 2.20 y 2.71 MLv.

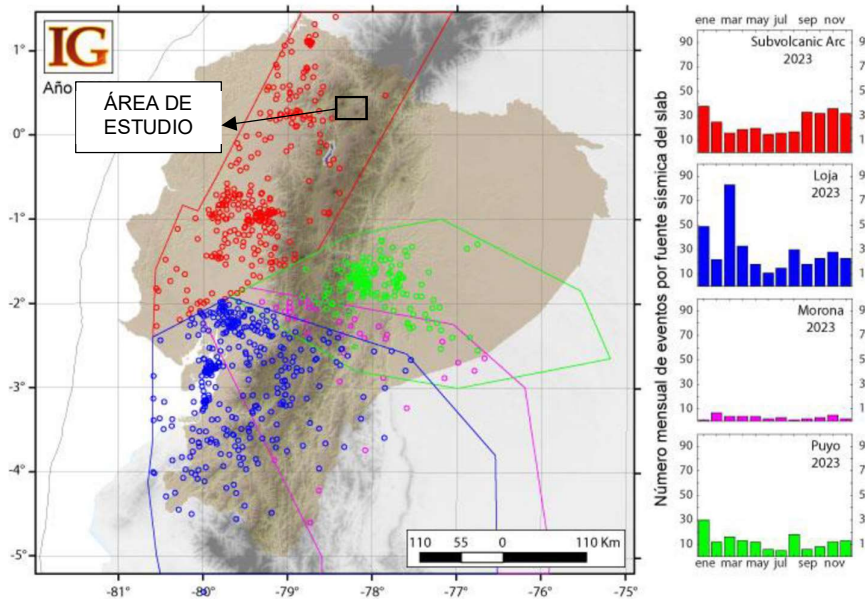


Figura 7-34 Número mensual de eventos en las fuentes corticales.

Fuente: Informe sísmico 2021, IGEPN.

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, junio 2021.

La estructura de fallamiento más representativa es la falla de Apuela que presenta un movimiento dextral con una orientación SOO-NEE, según el mapa de Fallas y Pliegues Cuaternarios de Ecuador y Regiones Oceánicas Adyacentes escala 1:1'250.000 (Egúez et al., 2003), el último movimiento registrado tiene un tiempo <1.6 Ma con una tasa de movimiento <1mm/año, su ubicación con respecto a la zona de estudio se la representa en el Mapa Sismotectónico de Anexo E del presente estudio.

Según el mapa de fallas y pliegues cuaternarios (A. Eguez, A. Alvarado y H. Yepes, 2003) las principales fallas geológicas cerca de las concesiones son la falla de Apuela con una orientación SW-NE con un movimiento dextral y la falla El Angel al noroeste del área de estudio con un movimiento inverso dextral con sentido SW-NE.

7.1.4.10 Geotécnia

7.1.4.10.1 Metodología

La Zonificación Geotécnica es la subdivisión de un área que tiene de forma aproximada el mismo tipo y distribución espacial de los materiales, en el cual, las propiedades geomecánicas son similares y presentan un comportamiento semejante ante la implementación de obras de ingeniería (Vallejo et al., 2002).

Para la descripción de la Zonificación Geotécnica se ha utilizado como base la metodología cualitativa planteada por Dotor (2004) y Avilés (2013), mediante la superposición de mapas temáticos de los diferentes factores condicionantes que intervienen en la zonificación geotécnica. Los factores más relevantes han sido asignados mediante un valor numérico en función de su importancia y grado de afectación directa en la caracterización geotécnica de los suelos, basados en los datos de campo, laboratorio y experiencia del observador.

Los factores de mayor relevancia usados son el mapa de pendientes, litología, ensayos clasificación S.U.C.S., características observadas en campo. Debido a que la compañía minera no cuenta con ensayos geotécnicos insitu se realizó solamente una asociación y descripción cualitativa de los factores de relevancia anteriormente mencionados.

7.1.4.10.2 Desarrollo

7.1.1.1.1.1 Descripción de zonas geotécnicas

Se ha determinado que la zona de estudio descansa en su mayoría sobre un área de calidad geotécnica de regular a buena caracterizada por pendientes variables (40 – 70% en promedio), medianamente expuestas a procesos erosivos, conformado por suelos relativamente consistentes. Existen áreas localizadas al NO (Sector El Carmén donde se evidenció un deslizamiento activo) de las concesiones las cuales presentan características asociadas a calidad geotécnica mala, en el caso de implantar infraestructura se debe realizar estudios más a detalle para realizar la cimentación adecuada y evitar futuros inconvenientes a futuro, dichas zonas se caracterizan por presentar pendientes medias pero un material poco consolidado y con evidencia de interperismo (procesos erosivos).

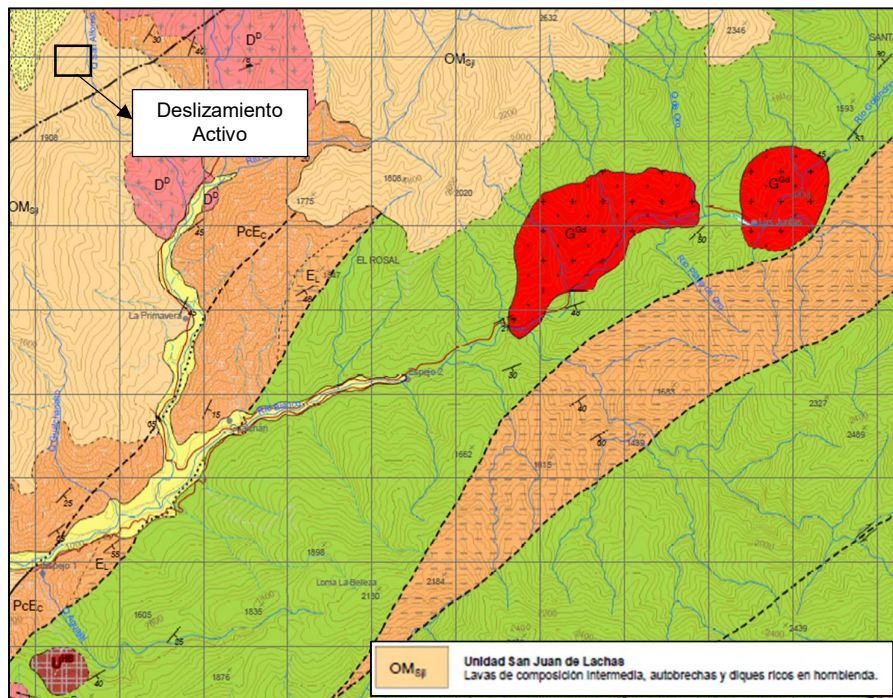


Figura 7-35. Hoja Geológica de la Carolina, donde se evidencia un deslizamiento activo y la litología asociada.
Fuente: 2017, IIGE.
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021.

Una pauta para la línea base de las condiciones geotécnicas superficiales del área es el análisis físico de los suelos realizado en la sección 7.1.6 Suelos (Tabla 7-35 Características físicas de los suelos), mediante el cual se define la clasificación SUCS de los suelos presentes en el área de la concesión. En el centro de la concesión (MS-TC4) se definen suelos tipo ML (Limos arenosos) los cuales describen una plasticidad media, son suelos que pueden experimentar una compresión significativa bajo cargas aplicadas debido a su alta plasticidad y composición fina. Se puede definir una

permeabilidad baja a media, lo que refiere problemas de drenaje y consolidación, especialmente en presencia de agua.

En la parte norte de Tres Cerrillos se ubican las muestras MS-TC6 y MS-TC7 las cuales describen suelos de tipo GC (gravas en matriz arcillosa) y OH (arcillas con materia orgánica) respectivamente. En el caso de la muestra MS-TC6 ubicada más hacia el NE, los suelos en esta área están compuestos principalmente por partículas grandes y angulosas, que pueden incluir fragmentos de roca, piedras y guijarros, tienen poca o ninguna plasticidad y son permeables, son capaces de drenar agua rápidamente, se utiliza comunmete como material base o de relleno. Adecuadamente compactadas para optimizar su capacidad de soporte y evitar asentamientos no deseados.

En el caso de la muestra MS-TC7 ubicada al NO de la concesión definida como OH (arcillas con materia orgánica), estos suelos tienen una baja capacidad de soporte y resistencia a la compresión debido a la estructura débil y la alta capacidad de deformación. Tiene alta compresibilidad y baja capacidad lo que los hace suelos geotécnicamente malos.

Cabe recalcar que la presente descripción proporciona una línea base sobre las propiedades geotécnicas de los suelos, pero es importante realizar pruebas específicas de laboratorio y de campo para obtener datos precisos y diseñar adecuadamente estructuras de ingeniería que se vayan a realizar a futuro en la concesión.

7.1.4.11 Geología económica

En la zona de estudio regionalmente existen indicios de menas de cobre que han sido observados dentro del cuerpo intrusivo cuarzodiorítico ubicado al NO de la zona de estudio. La intrusión contiene mineralización metálica de calcopirita, bornita y pirita presentes como sulfuros diseminados. Además, en la parte alta de la Q. San Miguel de Guayabal, el intrusivo diorítico presenta diseminación de menas de pirita, calcopirita y covelina en menor cantidad.

Regionalmente los minerales no metálicos que ocurren en la zona de estudio incluyen cuerpos de calizas potencialmente explotables que ocurren al sur de las concesiones cerca del poblado Espejo y en la parte alta del poblado de Gualchán. Constituyen cuerpos calcáreos arrecifales incluidos dentro de la Unidad El Laurel. No han sido estudiados detenidamente para establecer sus dimensiones, sin embargo, labores de explotación en Gualchán han sido desarrolladas anteriormente por empresas mineras. Boland y otros (2000) reportan trabajos de explotación en las mismas calizas para fines ornamentales.

Potentes flujos piroclásticos en el margen izquierdo del río Mira cerca del poblado Naranjito pertenecientes a los volcánicos Tambor, podrían ser utilizados como material aglomerante puzolánico. Por otra parte, es posible también considerar a los depósitos piroclásticos del Cerro Chiltazón, sin embargo, en la zona predomina la actividad agrícola y ganadera.

En el mapa Metalogénico del Ecuador escala 1:1 000 000 publicado por el IIEG se puede observar varios prospectos y depósitos mineros relacionados con pórfidos de Cu-Au y mineralización de tipo epitermal de Au.

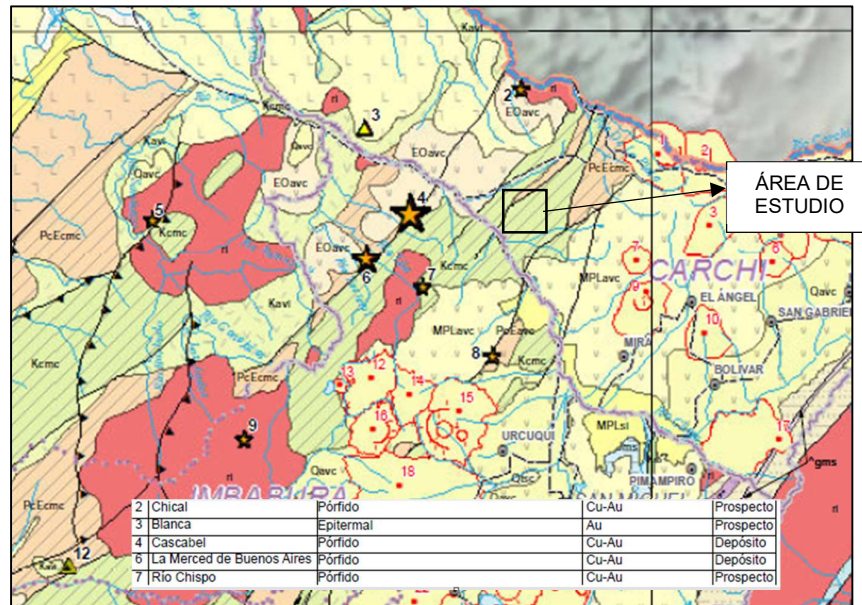


Figura 7-36 Mapa metalógico de Ecuador escala 1:1 000 000

Fuente: IIGE, 2019.

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021.

7.1.4.12 Conclusiones del componente geológico

La Cordillera Occidental está conformada por un basamento oceánico acrecionado sobre el cual se depositaron las secuencias volcánicas y volcanosedimentarias del arco continental (antearco) terciario. El basamento involucra rocas volcánicas del arco oceánico de edad cretácica superior. También se involucran las rocas volcanosedimentarias marinas del Paleoceno - Eoceno que formarían parte del arco insular Macuchi.

Para las rocas volcánicas del basamento cretácico se enfatiza la discriminación de la naturaleza del volcanismo considerando la posibilidad de ocurrencias de rocas de piso oceánico (MORB) y de plateau oceánico agrupadas en la Unidad Pallatanga (KPa); o del arco oceánico Río Cala (KRc) y sus volcanosedimentos asociados (Natividad KNt, Pilatón KPi). También se consideró la posibilidad de ocurrencia de rocas volcanosedimentarias del arco insular Macuchi con las unidades litológicas del Paleoceno – Eoceno reportadas en INEMIN-AGCD (1990).

La mayoría de estructuras tectónicas responden a eventos compresivos regionales que han generado zonas de cizalla y fallas transcurrentes de orientación de rumbo N40°E, formando, además, fajas tectónicas y limitando bruscamente cambios litológicos. Las fallas afectan tanto a unidades geológicas de edad cretácica como paleógena y son las principales responsables de la presencia de los cuerpos intrusivos, y a que han generado zonas de debilidad por donde han facilitado la migración y el ascenso de las intrusiones. Uno de los sistemas de fallas principales se denomina San Juan de Lachas-Gualchán-La Primavera, el cual separa las unidades geológicas Pilatón, Collapí y San Juan de Lachas respectivamente. El sistema presenta una dirección de rumbo entre N25°E – N30°E e incluye dos fallas principales ubicadas al oeste de la zona de estudio.

El área de estudio está relacionada a depósitos de Pórfidos y Sistemas epimesotermales relacionados con intrusiones. Estos incluyen depósitos generados en un ambiente volcánico-subvolcánico que está alojado espacial y genéticamente por intrusiones calco-alcalinas. En adición a los depósitos de pórfidos un amplio rango de depósitos, ocurren en esta clase, incluyendo en exocontactos: "stockworks", skarns, brechas de chimenea y sistemas de vetas. Ellos comúnmente representan niveles profundos en sistemas epitermales alojados en rocas volcánicas las cuales forman un continuo sistema magmático hidrotermal. Pórfidos, skarn, y vetas epitermales están incluidos en esta categoría. Estos depósitos tienen una amplia ocurrencia: están ejemplificados por una característica de tres distritos ampliamente dispersos los cuales fueron seleccionados.

Regionalmente se ha identificado 8 clases de pendientes las cuales van desde Muy suaves (>2 – 5%) presentes en las zonas bajas asociadas a fondos de cuencas de los drenajes principales (Río Blanco) ha zonas Muy escarpadas (>70 – 100%) presente en zonas altas.

La concesión se asienta en su totalidad en una zona con pendientes muy fuertes (70 – 100%), prácticamente toda el área de concesión se encuentra en esta clase de pendientes de igual forma su infraestructura, abarcando la totalidad del área de las concesiones (aprox. 6700 hectareas).

La zona de estudio presenta un relieve abrupto y accidentado con fuertes pendientes, estas características son muy representativas de las estribaciones de la cordillera occidental. Las cotas van desde los 2600 a 840 m.s.n.m.

En la mayor parte que cubre las concesiones de La Primavera y Tres Cerrillos presenta paisajes con geoformas planas en las cuencas bajas de los principales ríos e inclinadas y fuertemente escarpadas en las zonas de ladera; su relación con el buzamiento de los estratos evidencia un desnivel relativo promedio de 480 m.

Cercano al área de estudio se encuentra también el complejo volcánico Chiles-Cerro Negro. Los volcanes Chiles y Cerro Negro están ubicados en la frontera de Ecuador (provincia del Carchi) y Colombia (departamento de Nariño), a distancias de 25 km al Oeste de la ciudad de Tulcán y a 130 km al Norte de Quito. El acceso se realiza por dos carreteras principales, una que parte desde Chiles hasta Tiuquer en Colombia, y otra desde Tufiño hasta Maldonado en Ecuador. Este complejo se lo considera potencialmente activo, no obstante, su actividad se limita a registros sísmicos y presencia de aguas termales.

La estructura de fallamiento más representativa es la falla Río Ambi que presenta un movimiento inverso/dextral con una orientación ONO (oeste-noroeste), según el mapa de Fallas y Pliegues Cuaternarios de Ecuador y Regiones Oceánicas Adyacentes escala 1:1'250.000 (Egüez et al., 2003), el último movimiento registrado tiene un tiempo <1.6 Ma con una tasa de movimiento <1mm/año. Se han identificado dos tipos de fuentes sísmicas de tipo cortical y de tipo slab.

7.1.5 Hidrogeología

Las concesiones mineras de La Primavera y Tres Cerrillos se ubican geográficamente en la parte noroccidental del Ecuador y geológicamente se encuentran ubicados en la zona de las estribaciones de la cordillera occidental; en esta zona se ubica la cuenca del Río Mira, dicha área está constituida por un basamento cristalino, posiblemente

precámbrico, representado por rocas metamórficas del período paleozoico; se superponen lavas y sedimentos volcánicos del jurásico y cretácico. Rellenan la cuenca superficialmente las rocas volcano-sedimentarias del plioceno (cuaternario), representadas por potentes estrato volcanes como el Imbabura, Cotacachi, Chiles y Yanahurco, entre otros, que han generado el recubrimiento actual con la presencia de cenizas, cangahuas y lavas.

En la cuenca del Mira se localizan dos unidades hidrogeológicas: una localizada al nor-este de la misma, a la que se ha denominado acuífero San Gabriel, que abarca las zonas de El Ángel, San Gabriel y Huaca. Hacia el sur oeste encontramos otra unidad que se localiza entre las ciudades de Ibarra, Cotacachi, Otavalo y San Pablo, a la que se ha denominado acuífero Otavalo - Ibarra.

La dirección regional de flujo de las aguas subterráneas es hacia los drenajes o cauces principales, así en el caso del acuífero San Gabriel, el agua fluye hacia el río Apaquí. (Napoleón et al., 2015). En la zona de las concesiones mineras La Primavera y Tres Cerrillos la posible recarga local se produciría en la parte alta en el sector Las Golondrinas en donde la infiltración del agua lluvia recarga el acuífero local, drenando hacia el cauce del río Blanco que sería su descarga principal.

El presente análisis hidrogeológico tiene como objetivo proveer una descripción de las unidades que se encuentran en el área comprendida por las concesiones de La Primavera y Tres Cerrillos teniendo en cuenta sus características en subsuelo, determinando así las condiciones básicas de los posibles acuíferos presentes en la zona y las susceptibilidades de estos a ser contaminados por actividades antrópicas.

Para este análisis se realizó una interpretación documental y bibliográfica de las propiedades hidrogeológicas de las unidades litológicas presentes en el sector. Estas unidades poseen diferentes grados de permeabilidad y de porosidad teórica. En la Tabla 7-25, se presenta un listado de estas unidades litológicas presentes en la concesión y sus características como el tipo de porosidad, la permeabilidad estimada y los tipos de acuíferos.

Tabla 7-25 Unidades litológicas en función de su porosidad, permeabilidad y tipo de acuíferos

UNIDAD LITOLÓGICA	POROSIDAD	PERMEABILIDAD	TIPO DE ACUÍFEROS
Unidad Pilatón	Fisuración	Muy Baja	Acuíferos localizados sin importancia hidrogeológica.
Unidad Collapí	Fisuración	Generalmente Baja	Muy discontinuos, de escaso espesor. De bajo rendimiento.
Unidad El Laurel	Intergranular	Baja	Muy discontinuos, de escaso espesor. De bajo rendimiento.
Unidad San Juan de Lachas	Fisuración	Baja	Acuíferos localizados sin importancia hidrogeológica.
Depósitos Volcánicos	Fisuración	Generalmente Baja	Acuíferos localizados sin importancia hidrogeológica.
Dep. Aluviales	Intergranular	Generalmente Alta	Acuíferos continuos de alto rendimiento y con importancia hidrogeológica.

UNIDAD LITOLÓGICA	POROSIDAD	PERMEABILIDAD	TIPO DE ACUÍFEROS
Rocas Intrusivas	Fisuración o fracturamiento	Prácticamente impermeable	Acuíferos localizados sin importancia hidrogeológica. Muy dependiente de la fracturación de la roca.
<i>Ver Anexo E – Mapa 10: Mapa Hidrogeológico</i>			

Fuente: Hoja Geológica La Carolina, Inigemm, 2017
 Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

La mayoría del área de estudio se ubica sobre una litología con porosidad secundaria por fisuración siendo aproximadamente el 70 % de la misma, lo que nos indica que la afectación de las capas saturadas superficiales estará determinada por el control estructural de estas fracturas, haciendo que la susceptibilidad a contaminación sea baja.

En el caso de la parte NO de las concesiones donde se definen formaciones con porosidad intergranular, están serían más susceptibles a ser afectadas por actividades antrópicas. No obstante, cabe recalcar que la definición de las condiciones hidrogeológicas están ligadas a la ejecución de estudios específicos en el tema, para determinar a ciencia cierta los parámetros que influyen en el área de estudio.

7.1.5.1.1 Unidades Litológicas de Permeabilidad Secundaria por Fisuración

d. Unidades Litológicas Prácticamente impermeables

Rocas intrusivas que van desde granodioritas a tonalitas en ocasiones presenta porosidad secundaria por fisuración, el fracturamiento de la roca da lugar a la filtración de cursos de agua subterránea dando acogida a acuíferos muy locales y/o discontinuos sin importancia hidrogeológica.

e. Unidades Litológicas de Baja Permeabilidad

Los acuíferos asociados a las unidades Pilatón, Collapí, El Laurel, San Juan de Lachas y depósitos volcánicos asociados, prácticamente no presenta una importancia hidrogeológica, ya que poseen permeabilidad generalmente baja, lo que produce que la infiltración de la escorrentía superficial se realice en zonas de alto fracturamiento o zonas en las que se presenta volcánicos sedimentos permeables, donde se presentan acuíferos localizados.

7.1.5.1.2 Unidades Litológicas de Permeabilidad Primaria (porosidad intergranular)

f. Unidades Litológicas de Alta Permeabilidad

Formaciones con porosidad intergranular asociadas a depósitos aluviales con alto contenido de gravas y arenas las cuales permiten un abundante flujo de agua subterránea dando condiciones apropiadas para acuíferos de alto rendimiento y de gran espesor y continuos.

7.1.6 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 Tres Cerrillos, 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:

- Unidades fisiográficas (tipos de suelo)
- Geología

Se tomó en cuenta la geología del área de estudio, debido a que el suelo proviene de la meteorización de la roca madre o caja sobre la que se asientan, es decir, el suelo es el resultado de la geología de la zona, de la cual heredan sus características físicas y químicas, es por eso que se tomó en cuenta la geología, ya que al existir un solo tipo de suelo resultó fundamental la geología para caracterizar de mejor manera la calidad de suelo en la zona de estudio.

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 Mollisol y ocho unidades geológicas. En función de esto, se definieron siete puntos de muestreo a lo largo del área de estudio con el objetivo de caracterizar el tipo de suelo, pero tomando en cuenta posibles alteraciones en función de la geología presente en el área de estudio (Ver 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 grosso 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 7-26 se indica la ubicación geográfica de los sitios de muestreo de suelos.

Tabla 7-26 Ubicación de las muestras de suelo

ID EIA	PROYECTO MINERO	COORDENADAS (WGS 84- ZONA 17S)		FECHA	TIPO DE SUELO	GEOLOGÍA
		ESTE	NORTE			
MS-TC1	Tres Cerrillos	809625	10091000	29/01/2021	Entisol	Formación Macuchi
MS-TC2	Tres Cerrillos	809298	10087469	31/01/21	Mollisol	Depósitos aluviales
MS-TC3	Tres Cerrillos	813636	10087551	30/01/2021	Entisol	Sedimentos San Gerónimo
MS-TC4	Tres Cerrillos	816610	10087679	28/01/2021	Inceptisol	Miembro Chontal
MS-TC5	Tres Cerrillos	810147	10089339	29/01/2021	Entisol	Rocas Intrusivas
MS-TC6	Tres Cerrillos	816716	10089323	30/01/2021	Inceptisol	Depósitos coluvio aluviales
MS-TC7	Tres Cerrillos	815416	10089263	30/01/2021	Entisol	Miembro Chontal

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

Tabla 7-27 Registro fotográfico de las muestras de suelo

	
<p>Muestra MS_TC1 Coordenadas Este: 809625 Coordenadas Norte: 10091000</p>	<p>Muestra MS_TC2 Coordenadas Este: 809298 Coordenadas Norte: 10087469</p>

	
<p>Muestra MS_TC3 Coordenadas Este: 813636 Coordenadas Norte: 10087551</p>	<p>Muestra MS_TC4 Coordenadas Este: 816610 Coordenadas Norte: 10087679</p>
	
<p>Muestra MS_TC5 Coordenadas Este: 810147 Coordenadas Norte: 10089339</p>	<p>Muestra MS_TC6 Coordenadas Este: 816716 Coordenadas Norte: 10089323</p>



Fuente: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021
 Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

En la Figura 7-37 se puede apreciar la ubicación en la que se han tomado las muestras de suelos.

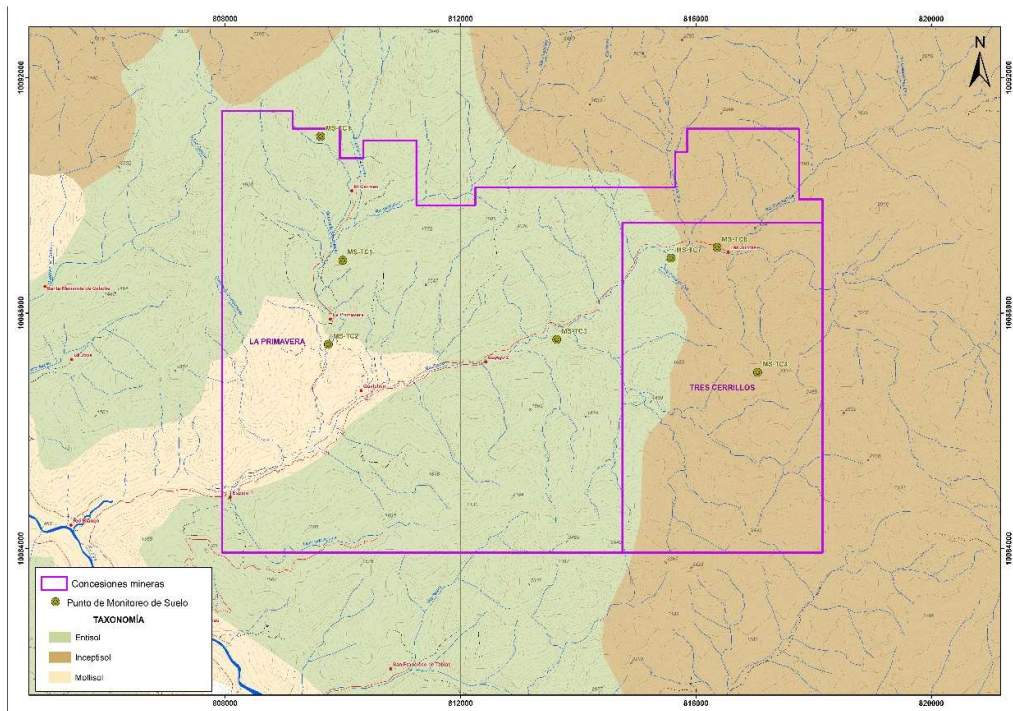


Figura 7-37 Ubicación de las muestras de suelo.

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021.
 Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021.

7.1.6.1 Edafología

La constante denudación y erosión del macizo rocoso en las concesiones de La Primavera y Tres Cerrillos, ha dado lugar a la formación de capas de suelo de diferente espesor, los suelos son relativamente jóvenes y depositados en cuencas profundas, en las crestas de las colinas y mesetas la potencia es menor, observándose roca aflorante con material de arrastre en los lechos de ríos y quebradas.


7.1.6.1.1 Caracterización del tipo de suelos

Dentro del área de las concesiones mineras La Primavera y Tres Cerrillos, se recolectaron siete (7) muestras de suelo, las cuales sirvieron para determinar el recubrimiento superficial de la zona y las características físicas de suelo.

El primer punto de muestreo (MS –TC1) ubicado en la parte norte de la concesión La Primavera, la segunda muestra (MS –TC2) tomada en la parte central de la concesión La Primavera, la tercera muestra (MS –TC3) al oeste de la concesión La Primavera, la cuarta muestra (MS –TC4) en la sección suroriental de la concesión Tres Cerrillos, la quinta muestra (MS –TC5) tomada en sección centro - norte de la concesión La Primavera; y, las muestras sexta y séptima (MS –TC6, MS –TC7), respectivamente fueron tomadas al norte de la concesión Tres Cerrillos.

En la la siguiente figura se detalla los puntos de suelo levantados para la descripción física del recubrimiento cuaternario del área, los puntos fueron ubicados aleatoriamente.

Tabla 7-28 Características del Punto MS –TC1 – La Primavera

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO		MS –TC1
UBICACIÓN (WGS84)		REFERENCIA
X	Y	Ubicado en la parte norte de la concesión La Primavera.
809625	10091000	
DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA		<p>El horizonte superficial es un material limoso, color negro, plasticidad media, humedad media, consistencia muy firme, alto contenido de materia orgánica. Espesor de 20 cm.</p> <p>El segundo horizonte contiene material limo-arcilloso, color marrón, plasticidad media, humedad media, consistencia firme. Espesor de 30 cm.</p> <p>El horizonte base es un material de contenido limo-arcilloso, color marrón ligeramente blanquecino, humedad media, plasticidad alta, consistencia blanda. Espesor de 50 cm.</p> <p>Alto contenido de materia orgánica (raíces gruesas) en todos los horizontes.</p>
		

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021
 Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

Tabla 7-29 Características del Punto MS –TC1 – La Primavera

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO		MS-TC2
UBICACIÓN (WGS84)		REFERENCIA
X	Y	Ubicado en la parte central de la concesión La Primavera
809298	10087469	
DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA		<p>El horizonte superficial presenta alto contenido de materia orgánica (raíces), es un suelo limo arcilloso, de color negro, plasticidad media, humedad baja y consistencia friable. Espesor de 20 cm.</p> <p>El horizonte base contiene material limo arenoso de color marrón oscuro, con pequeñas gravas redondeadas a subredondeadas, humedad media, plasticidad baja. Espesor de 80 cm.</p>
		

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021
 Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

Tabla 7-30 Características del Punto MS-TC3– La Primavera

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO		MS-TC3
UBICACIÓN (WGS84)		REFERENCIA
X	Y	Ubicado en la parte oriental de la concesión La Primavera
813636	10087551	
DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA		<p>El horizonte superficial presenta alto contenido de materia orgánica, es un suelo arcillo-limoso de color marrón oscuro, humedad media, plasticidad media, y consistencia firme. Espesor de 20 cm.</p> <p>El horizonte base contiene material arcilloso, de color marrón anaranjado, humedad media, plasticidad alta, y consistencia muy firme. Espesor de 80 cm.</p>
		

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

Tabla 7-31 Características del Punto MS-TC4– Tres Cerrillos

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO		MS-TC4
UBICACIÓN (WGS84)		REFERENCIA
X	Y	Ubicado en la parte suroriental de la concesión Tres Cerrillos.
816610	10087679	
DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA		<p>El horizonte superficial presenta alto contenido de materia orgánica (raíces, hojas), es un suelo limo-arcilloso, color negro, humedad media, plasticidad baja, y consistencia friable. Espesor de 30 cm.</p> <p>El segundo horizonte contiene material limo-arcilloso, color gris ligeramente marrón, humedad media, plasticidad alta, y consistencia firme. Espesor de 30 cm.</p> <p>El tercer horizonte contiene material arcilloso, color marrón anaranjado, humedad media, plasticidad alta, y consistencia muy firme. Espesor de 40 cm.</p>
		

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021
 Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

Tabla 7-32 Características del Punto MS-TC5 – La Primavera

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO		MS-TC5
UBICACIÓN (WGS84)		REFERENCIA
X	Y	Ubicado en la parte centro - norte de la concesión La Primavera.
810147	10089339	
DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA		<p>El horizonte superficial es un suelo limo-arcilloso, color marrón oscuro, humedad media, plasticidad baja, friable. Presenta un alto contenido de materia orgánica (pequeñas raíces). Espesor de 30 cm.</p> <p>El segundo horizonte contiene material arcillo-limoso, color marrón ligeramente anaranjado, humedad media, plasticidad alta, y consistencia firme. Espesor de 80 cm.</p>
		

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021
 Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

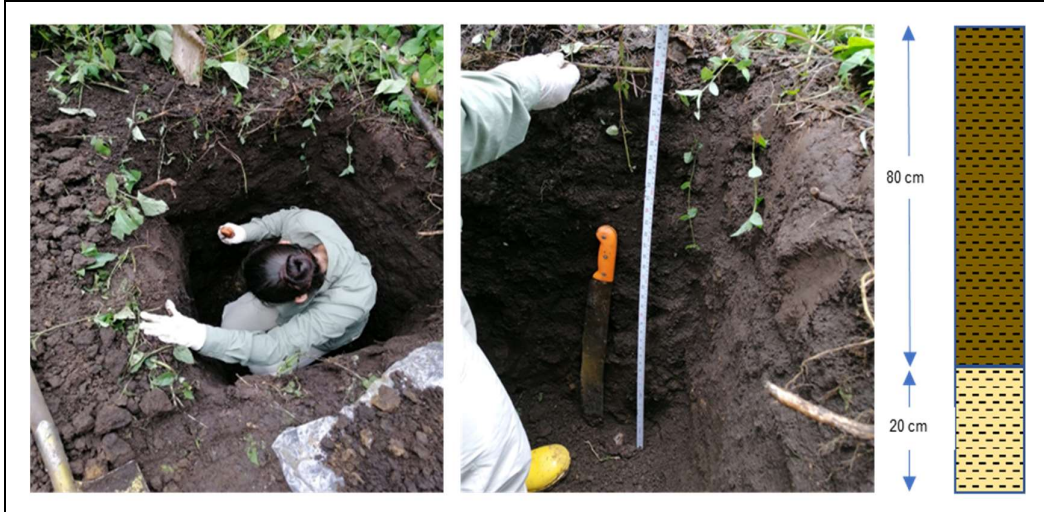
Tabla 7-33 Características del Punto MS-TC6 – Tres Cerrillos

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO		MS – TC6
UBICACIÓN (WGS84)		REFERENCIA
X	Y	Ubicado en la parte central norte de la concesión Tres Cerrillos.
816716	10089323	
DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA		<p>El horizonte superficial presenta alto contenido de materia orgánica, es un suelo limo-arcilloso de color negro, humedad media, plasticidad media, y consistencia firme. Espesor de 20 cm.</p> <p>El horizonte base contiene gravas en matriz areno limosa, gravas redondeadas a subredondeadas de color marrón oscuro, humedad media, plasticidad baja, material suelto. Espesor de 80 cm.</p>
		

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021
 Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

Tabla 7-34 Características del Punto MS-TC7 – Tres Cerrillos

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO		MS – TC7
UBICACIÓN (WGS84)		REFERENCIA
X	Y	Ubicado en la parte central norte de la concesión Tres Cerrillos.
815416	10089263	
DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA		<p>El horizonte superficial tiene un alto contenido de raíces, es un suelo limo-arcilloso, color marrón oscuro, humedad media, plasticidad baja, y consistencia friable. En la parte superficial contiene materia orgánica. Espesor de 80 cm.</p> <p>El segundo horizonte contiene material arcillo-limoso, color marrón oscuro, humedad media, plasticidad alta, consistencia firme y plasticidad baja. Espesor de 20 cm.</p>



Fuente: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021
 Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

Se ha identificado una categoría de suelo con dos subórdenes en función a las características del paisaje, régimen de humedad y temperatura, y los parámetros morfológicos de los suelos, siendo las siguientes.

7.1.6.1.2 Orden Inceptisoles

Son suelos que evidencian un incipiente desarrollo pedogenético, dando lugar a la formación de algunos horizontes de alteración. Presentan perfiles tipo A/C o A/B/C, y constituyen una etapa subsiguiente de evolución en relación a los Entisoles debido a una mayor meteorización y alteración de los materiales primarios (MAGAP-SIGTIERRAS, 2017).

Se encuentran espacialmente distribuidos en toda el área de estudio; desde las superficies onduladas hasta los relieves colinados muy bajos, bajos, altos y montañosos de los sedimentos San Jeronimo, donde son en su mayoría andic, moderadamente profundos y mediana fertilidad. A continuación, presentamos la descripción de la clase de suelos predominante en la concesión a nivel de Suborden:

a. Andic Haplustepts

Se caracterizan por tener un incipiente desarrollo pedogenético, o sea de poco desarrollo de los horizontes, formándose horizontes de alteración física y transformaciones química, como es del caso del horizonte de diagnóstico llamado B cámbico. A nivel de subgrupo se identifica en el campo por la reacción que se produce al realizar la prueba del fluoruro de sodio. (MAGAP-SIGTIERRAS, 2017).

Estos suelos se encuentran en pendientes que llegan hasta 40 %, pertenecientes a relieves ondulados y colinados muy bajos y bajos. Se localizan en régimen de humedad údico que nos indica que el suelo no está seco en todo el perfil más de tres meses consecutivos la mayoría de los años.

7.1.6.1.3 Orden Molisoles

Dentro de este orden se identificó un suborden que es el Argiutolls, se encuentra en relieves ondulados, relieves colinados muy bajos, bajos, medios, muy altos y montañosos, además de superficies volcánicas onduladas y terrazas altas. El suborden asociado se describe a continuación:

a. Typic Argiutolls

Son suelos clasificados en el Orden de los Molisoles los que se caracterizan por tener un horizonte superficial el mismo que es de color oscuro, rico en bases de cambio, con niveles altos de materia orgánica y de consistencia y estructura favorables al desarrollo radicular. A nivel de subgrupo se identifica por el irregular contenido de carbono-orgánico en el perfil.

Estos suelos se encuentran en pendientes medias (12 a 25 %), que corresponden principalmente a relieves ondulados. Se ubican en régimen de humedad es údico, que indica que el perfil de suelo no está seco más de tres meses consecutivos la mayoría de los años.

Tienen un pH (6,1); la saturación de bases (88,59 %) alta. De estos análisis se deduce un nivel de fertilidad natural alta. Son suelos de buenas características físicas y químicas con óptima disponibilidad de nutrientes (MAGAP-SIGTIERRAS, 2017).

b. Andic Argiustolls

Son suelos clasificados en el Orden de los Mollisoles los que se caracterizan por tener un horizonte superficial el mismo que es de color oscuro, rico en bases de cambio, con niveles altos de materia orgánica y de consistencia y estructura favorables al desarrollo radicular. A nivel de subgrupo se identifica por el irregular contenido de carbono-orgánico en el perfil. Estos suelos se encuentran en pendientes fuertes a muy fuertes (40 a 100 %), que corresponden principalmente a relieves colinados muy altos y montañosos (MAGAP-SIGTIERRAS, 2017).

Se ubican en régimen de humedad údico que corresponden a suelos que no están secos en todo el perfil, más de tres meses consecutivos la mayoría de los años.

Químicamente son suelos de reacción ligeramente ácida en la superficie y ligeramente alcalino en el horizonte subsiguiente, pH (6,5-7,2); con niveles bajos en promedio en materia orgánica. Son suelos de buenas características físicas y químicas con óptima disponibilidad de nutrientes.

7.1.6.1.4 Orden Entisoles

En la clasificación del Soil Taxonomy, un Entisol se define como los suelos que no muestran ningún desarrollo definido de perfiles. Un Entisol no tiene "horizontes diagnósticos", y la mayoría son básicamente su material parental regolítico inalterado.

a. Typic Ustorthents.

Este subgrupo corresponde al Orden de los Entisoles, los cuales se caracterizan por tener muy poca o ninguna evidencia de formación o desarrollo de horizontes pedogenéticos, debido a que el tiempo de desarrollo ha sido muy corto. Estos suelos se encuentran en pendientes que llegan hasta el 70 %, perteneciente a superficies volcánicas, relieves volcánicos, flujo de piroclastos, vertientes y barrancos.

Se ubican en régimen de humedad ústico, lo cual nos indica que el perfil se encuentra seco, por 90 días acumulativos o más, con un control de 180 días acumulativos húmedos ó 90 días o más consecutivos húmedos en años normales.

Químicamente son suelos de reacción medianamente alcalina; con niveles bajos en materia orgánica, en el rango para la sierra. La capacidad de intercambio es alta y la saturación de bases alta. De estos análisis se deduce un nivel de fertilidad natural mediana. (MAGAP-SIGTIERRAS, 2017).

7.1.6.2 Características físicas y mecánicas de los suelos

A continuación, se presenta los resultados de los análisis físico-mecánicos realizados a los suelos del área del proyecto minero.

Tabla 7-35 Características físicas de los suelos

ID	PROFUNDIDAD (m)	COLOR	TAMAÑO DEL GRANO (mm)	TIPO DE GRANO	OBSCUROS (%)	COMPONENTES (%)				LL (%)	PLASTICIDAD	SUCS
						CUARZO	DETRITOS DE OTRAS ROCAS	MICAS	OTROS MINERALES			
MS-TC1	1	Marrón Blanquecino	≤ 0,004	Limo arcilloso	4	26	40	10	20	40	Media	ML
MS-TC2	1	Marrón	5 – 10	Gravas en matriz limo arenosa	5	30	40	10	15	30	Baja	GC
MS-TC3	1	Marrón	≤ 0,004	Arcilla limosa	5	30	35	10	20	50	Alta	CL
MS-TC4	1	Marrón	0,003 – 0,007	Limo arcilloso	5	40	30	10	15	65	Alta	ML
MS-TC5	1	Marrón	0,003 – 0,007	Arcilla limosa	5	30	40	15	10	80	Alta	CH
MS-TC6	1	Marrón	5 – 10	Gravas en matriz limo arenosa	5	30	40	10	15	30	Baja	GC
MS-TC7	1	Marrón oscuro	0,003 – 0,007	Arcilla limosa	5	40	30	10	15	84	Alta	OH

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021.

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021.

Tabla 7-36 Características mecánicas de los suelos

CÓDIGO DE LA MUESTRA	COORDENADAS (WGS - 84)		HUMEDAD RELATIVA %	LIMITE LIQUIDO (LL) %	LIMITE PLÁSTICO (LP) %	ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP) %	ARCILLA %	LIMO %	ARENA %	GRAVA %	GRAVEDAD ESPECIFICA
	X	Y									
MS-TC1	809625	10091000	45	40	31	15	20	45	18	17	2,71
MS-TC2	809298	10087469	30	30	35	10	15	30	10	45	2,61
MS-TC3	813636	10087551	40	50	25	40	53	20	14	13	2,62
MS-TC4	816610	10087679	41	65	25	15	30	46	10	14	2,5
MS-TC5	810147	10089339	40	80	29	52	30	17	15	28	2,47
MS-TC6	816716	10089323	31	30	35	15	12	29	18	41	2,64
MS-TC7	815416	10089263	43	60	31	40	50	45	5	0	2,77

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021.

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021.

7.1.6.3 Características químicas de los suelos

Para la caracterización química de los suelos, las muestras fueron extraídas mediante la ejecución de calicatas de 1,00 m x 0.80 m y una excavación con una profundidad de 1,00 m. con la finalidad de conocer los perfiles del sitio y obtener la mejor información posible del subsuelo. Estas muestras fueron enviadas al laboratorio, para determinar sus propiedades en base a los parámetros expuestos y requeridos por el laboratorio.

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

7.1.6.3.1 Procedimiento de muestreo

El monitoreo de suelos se realizó en cada uno de los puntos previamente seleccionados, tomando muestras de suelo homogéneas de forma manual, las cuales fueron recogidas en fundas plásticas y fueron embaladas y etiquetadas. Posteriormente fueron transportadas al laboratorio para su posterior análisis, procurando protegerlas de la luz y de los cambios de temperatura.

Para el monitoreo de suelos, se siguieron las directrices de las siguientes normas:

- Norma INEN ISO 10381-1, Calidad del suelo. Muestreo. Parte 1. Directrices para el diseño de los programas de muestreo.
- Norma INEN ISO 10381-2, Calidad del suelo. Muestreo. Parte 2. Directrices sobre técnicas de muestreo.

Los reportes de monitoreo correspondientes se adjuntan en el [Anexo C.1.3. Calidad de Suelo](#)

7.1.6.3.2 Descripción de sitios de muestreo

A continuación, se presenta una descripción de los sitios de muestreo:

Tabla 7-37 Características del Punto MS –TC1 – La Primavera

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO		MS –TC1
UBICACIÓN (WGS84)		REFERENCIA
X	Y	Ubicado en la parte norte de la concesión La Primavera.
809625	10091000	
DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA		<p>El horizonte superficial es un material limoso, color negro, plasticidad media, humedad media, consistencia muy firme, alto contenido de materia orgánica. Espesor de 20 cm.</p> <p>El segundo horizonte contiene material limo-arcilloso, color marrón, plasticidad media, humedad media, consistencia firme. Espesor de 30 cm.</p> <p>El horizonte base es un material de contenido limo-arcilloso, color marrón ligeramente blanquecino, humedad media, plasticidad alta, consistencia blanda. Espesor de 50 cm.</p>



Fuente: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

Tabla 7-38 Características del Punto MS –TC1 – La Primavera

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO		MS-TC2
UBICACIÓN (WGS84)		REFERENCIA
X	Y	Ubicado en la parte central de la concesión La Primavera
809298	10087469	
DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA		<p>El horizonte superficial presenta alto contenido de materia orgánica (raíces), es un suelo limo arcilloso, de color negro, plasticidad media, humedad baja y consistencia friable. Espesor de 20 cm.</p> <p>El horizonte base contiene material limo arenoso de color marrón oscuro, con pequeñas gravas redondeadas a subredondeadas, humedad media, plasticidad baja. Espesor de 80 cm.</p>



Fuente: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021
 Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

Tabla 7-39 Características del Punto MS-TC3- La Primavera

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO		MS-TC3
UBICACIÓN (WGS84)		REFERENCIA
X	Y	Ubicado en la parte oriental de la concesión La Primavera
813636	10087551	
DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA		<p>El horizonte superficial presenta alto contenido de materia orgánica, es un suelo arcillo-limoso de color marrón oscuro, humedad media, plasticidad media, y consistencia firme. Espesor de 20 cm.</p> <p>El horizonte base contiene material arcilloso, de color marrón anaranjado, humedad media, plasticidad alta, y consistencia muy firme. Espesor de 80 cm.</p>
		

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021

Tabla 7-40 Características del Punto MS-TC4- Tres Cerrillos

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO		MS-TC4
UBICACIÓN (WGS84)		REFERENCIA
X	Y	Ubicado en la parte suroriental de la concesión Tres Cerrillos.
816610	10087679	
DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA		<p>El horizonte superficial presenta alto contenido de materia orgánica (raíces, hojas), es un suelo limo-arcilloso, color negro, humedad media, plasticidad baja, y consistencia friable. Espesor de 30 cm.</p> <p>El segundo horizonte contiene material limo-arcilloso, color gris ligeramente marrón, humedad media, plasticidad alta, y consistencia firme. Espesor de 30 cm.</p> <p>El tercer horizonte contiene material arcilloso, color marrón anaranjado, humedad media,</p>



Fuente: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

Tabla 7-41 Características del Punto MS-TC5 – La Primavera


IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO		MS-TC5
UBICACIÓN (WGS84)		REFERENCIA
X	Y	Ubicado en la parte centro - norte de la concesión La Primavera.
810147	10089339	
DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA		<p>El horizonte superficial es un suelo limo-arcilloso, color marrón oscuro, humedad media, plasticidad baja, friable. Presenta un alto contenido de materia orgánica (pequeñas raíces). Espesor de 30 cm.</p> <p>El segundo horizonte contiene material arcillo-limoso, color marrón ligeramente anaranjado, humedad media, plasticidad alta, y consistencia firme. Espesor de 80 cm.</p>



Fuente: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

Tabla 7-42 Características del Punto MS-TC6 – Tres Cerrillos

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO		MS – TC6
UBICACIÓN (WGS84)		REFERENCIA
X	Y	Ubicado en la parte central norte de la concesión Tres Cerrillos.
816716	10089323	
DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA		<p>El horizonte superficial presenta alto contenido de materia orgánica, es un suelo limo-arcilloso de color negro, humedad media, plasticidad media, y consistencia firme. Espesor de 20 cm.</p> <p>El horizonte base contiene gravas en matriz areno limosa, gravas redondeadas a subredondeadas de color marrón oscuro, humedad media, plasticidad baja, material suelto. Espesor de 80 cm.</p>
		

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

Tabla 7-43 Características del Punto MS-TC7 – Tres Cerrillos

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO		MS – TC7
UBICACIÓN (WGS84)		REFERENCIA
X	Y	Ubicado en la parte central norte de la concesión Tres Cerrillos.
815416	10089263	
DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA		<p>El horizonte superficial tiene un alto contenido de raíces, es un suelo limo-arcilloso, color marrón oscuro, humedad media, plasticidad baja, y consistencia friable. En la parte superficial contiene materia orgánica. Espesor de 80 cm.</p> <p>El segundo horizonte contiene material arcillo-limoso, color marrón oscuro, humedad media, plasticidad alta,</p>



Fuente: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

7.1.6.3.3 Selección de parámetros

De acuerdo a lo definido en los Términos de Referencia para la Elaboración de Estudios Ambientales en Minería, los parámetros a analizarse en las muestras de suelo serán determinados y comparados en base a la normativa ambiental aplicable, es decir el Anexo 2 del Acuerdo Ministerial 097-A.

Por lo tanto, para definir los parámetros de análisis en las muestras de suelo, se definió en primera instancia las características propias de las actividades del proyecto; y como éstas pueden alterar las condiciones naturales del ambiente (concentraciones), ya sea por características inherentes a las mismas o a algún incidente ambiental.

Luego de definir los parámetros de estudio en función de las características del proyecto, se seleccionó la tabla del Anexo 2 del Acuerdo Ministerial 097-A que nos servirá para definir los criterios de calidad de suelo. Esta tabla es la Tabla No. 1 “Criterios Calidad del Suelo”.

Sin embargo, cabe indicar que no se seleccionaron todos los parámetros establecidos en la Tabla 1 dentro del análisis de línea base, debido a que no todos estos pueden ser afectados por las actividades propias del proyecto o por algún incidente ambiental que se pueda generar en el proyecto (derrames o liqueos), ya que estos parámetros están relacionados a otras actividades industriales diferente a minería. Por lo cual, no es posible que su concentración o presencia en el suelo pueda imputarse a actividades mineras. Los parámetros excluidos son: Compuestos Orgánicos Volátiles (Benceno, Clorobenceno, Etilbenceno, Estireno, Tolueno y Xileno), PCB, Clorinados Alifáticos, Clorobenceno – Hexaclorobencenos y Bases Neutras.

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 fueron:

- Parámetros generales: pH, conductividad, cianuro libre.

- Aniones: flúor, fluoruro.
- Metales: boro, cromo hexavalente, arsénico, bario, cadmio, cobalto, cobre, cromo, estaño, mercurio, molibdeno, níquel, plomo, selenio, talio, vanadio, zinc.
- Parámetros orgánicos: HAPs, TPH, aceites y grasas.

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

Tabla 7-44 Resultados de laboratorio de muestras de suelo

CÓDIGO DE LA MUESTRA	COORDENADAS (WGS-84)		FECHA DE MUESTREO	PARÁMETRO																							CUMPLIMIENTO DE NORMATIVA
	X	Y		PH	COND	CIANURO LIBRE	BORO SOLUBLE EN AGUA	FLUORO	CROMO HEXA	ARSÉNICO	BARIO	CADMIO	COBALTO	COBRE	CROMO	ESTAÑO	MERCURIO	MOLIBDENO	NÍQUEL	PLOMO	SELENIO	TALIO	VANADIO	ZINC	ACEITES Y GRASAS	TPH	
				-	MS/CM	MG/KG*	MG/KG*	MG/KG	MG/KG	MG/KG	MG/KG	MG/KG	MG/KG	MG/KG	MG/KG	MG/KG	MG/KG	MG/KG*	MG/KG	MG/KG	MG/KG	MG/KG	MG/KG	MG/KG	MG/KG	MG/KG	
MS_TC1	809625	10091000	29/01/2021	6,5	12	<0,25	<1	<1	<1	1,9	197	<0,1	14	44	1,9	<0,5	<0,1	<0,2	<1	3,3	<1	<0,1	56	30	<50	<50	Parámetros fuera de la norma cobalto, cobre.
MS_TC2	809298	10087469	31//01/21	6,5	18	<0,25	<1	<1	<1	9,1	122	<0,1	12	53	15	<0,5	<0,1	0.5	4	4.2	<1	<0,1	96	52	<50	<50	Parámetros fuera de la norma cobalto, cobre, vanadio
MS_TC3	813636	10087551	30/01/2021	5,8	42	<0,25	<1	<1	<1	12	110	<0,1	1,8	59	2,3	<0,5	<0,1	18	<1	4,2	<1	<0,1	4.4	36	<50	<50	Parámetros fuera de la norma pH, cobre y molibdeno
MS_TC4	816610	10087679	28/01/2021	5,3	17	<0,25	<1	<1	<1	2,3	13	<0,1	0.9	16	11	<0,5	<0,1	1.4	<1	5.5	<1	<0,1	38	11	631	<50	Parámetros fuera de la norma pH
MS_TC5	810147	10089339	29/01/2021	6,1	55	<0,25	<1	<1	<1	3,7	324	<0,1	17	38	5,8	<0,5	<0,1	0.8	1	5,7	<1	0,1	124	38	385	<50	Parámetros fuera de la norma bario, cobalto, cobre, vanadio
MS_TC6	816716	10089323	30/01/2021	6,5	35	<0,25	<1	<1	<1	7.7	155	<0,1	10	89	12	<0,5	<0,1	2.4	10	3.6	<1	<0,1	45	50	<50	<50	Parámetros fuera de la norma cobre
MS_TC7	815416	10089263	30/01/2021	6,4	16	<0,25	<1	<1	<1	4,4	78	<0,1	6,9	44	8.1	<0,5	<0,1	0.9	5	5.1	<1	<0,1	29	52	<50	<50	Parámetros fuera de la norma cobre
LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE				6-8	200	0,9	1	200	0,4	12	200	0,5	10	25	54	5	0,1	5	19	19	1	N/A	76	60	N/A	<150	

a) Tabla 1 Anexo 2. Acuerdo Ministerial 097-A TULSMA
* Parámetros que no están dentro del alcance de acreditación del SAE

Fuente: Gruntec, marzo 2021
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

7.1.6.3.4 Análisis de resultados

Punto de muestreo MS-TC1.- 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, para el punto de muestreo de suelo Cód. MS-TC1, los únicos parámetros que no cumplen con la normativa antes señalada son el cobalto con un valor de (14mg/kg) y el Cobre (44 mg/kg).

La presencia de cobalto podría deberse a las características de la zona, según la clasificación de Goldsmith, el cobalto pertenece a los elementos Siderófilos gracias a su afinidad geoquímica con el Fe, Ni, Au, Mo, As, etc. (Mason, 1959). La importancia radica en la asociación, principalmente como sulfuros, formando parte de todos los tipos de rocas presentes en el proyecto minero como rocas basálticas las cuales está asociado prácticamente con todos los minerales de filón, entre ellos la Cobaltina.

Con respecto al cobre, en el suelo probablemente está adsorbido a la materia orgánica, a los óxidos de hierro y manganeso. (K/S, 2019). También aparece comúnmente asociado con las zonas porosas en rocas como mineral primario de las lavas basálticas; menos comúnmente en areniscas volcánicas, etc. en los cuales el cobre es probablemente formado como producto de una alteración hidrotermal en condiciones oxidantes y como proceso de meteorización.

Punto de muestreo MS-TC2.- Los resultados de monitoreo para la muestra de suelo Cód. MS-TC2, indican que los parámetros Cobalto (12 mg/kg), Cobre (53 mg/kg) y Vanadio (96 mg/kg), se encuentra fuera del rango de calidad del suelo establecido en el A.M. 097A Tabla 1.

Como se mencionó anteriormente la presencia de cobalto podría deberse a la geología del proyecto, ya se mencionó que el cobalto es un elemento que se encuentra en la naturaleza, y distintos tipos de rocas, presentes en la zona.

Asimismo, el cobre, es totalmente normal, considerando que el proyecto minero tiene, de forma natural, mineralización compuesta por areniscas volcánicas de grano grueso, brechas, tobas, limonitas volcánicas, lavas en almohadillas. (PDyOT, 2015). Por lo tanto, esta concentración se debe nuevamente a la mineralogía existente en el proyecto minero.

Con respecto al vanadio podría deberse a que se encuentra en las rocas ígneas, complejos de carbonatita, magnetita titano-ferrosos y depósitos de hierro, y manganeso, formadas por la meteorización a la que pudo estar expuesta la zona.

Punto de muestreo MS-TC3.- El análisis de laboratorio muestra que la mayoría de parámetros se encuentran dentro de los límites de calidad de suelo estipulados en la legislación ambiental aplicable, excepto los parámetros pH el cual se encuentra ligeramente ácido (5.8 mg/kg), el Cobre (59 mg/kg) y Molibdeno (18 mg/kg), que sobrepasan las concentraciones naturales.

Con respecto al pH, la acidez de la muestra podría deberse a que la zona presenta suelos con altos niveles de materia orgánica, los cuales al descomponerse aceleradamente; y por acción de microorganismos liberan dióxido de carbono el cual se transforma fácilmente en bicarbonato, esta reacción libera hidrógeno que acidifica el suelo. Esto acompañado al alto nivel de precipitaciones en la zona, intercambia los

cationes minerales básicos del suelo como (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) por H^+ volviéndolo ácido. Es decir, reemplaza los componentes básicos de los cationes orgánicos y minerales por una concentración mayor de Hidrógeno.

Con respecto al cobre presenta el mismo criterio definido en la muestra MS-TC1 y MS-TC2.

Para el parámetro molibdeno, se muestra más disponible al aumentar el pH de la disolución del suelo, ya que este hace desplazarse sus formas hacia la forma asimilable (MoO_4^{2-}), eso implica que ha mayor pH en el suelo incrementa la disponibilidad del molibdeno en el suelo, contrario a lo que le ocurre a los oligoelementos de hierro, manganeso, cobre o zinc.

Punto de muestreo MS-TC4.- Los resultados de monitoreo indican que en la muestra de suelo Cód. (MS-TC4) el parámetro pH es ligeramente ácido con un valor de 5,3, el mismo que se encuentra fuera del rango de calidad del suelo establecido en el A.M. 097A Tabla 1.

Como ya se mencionó anteriormente, el valor de pH muy probablemente se deba a que son suelos con niveles altos de materia orgánica con una descomposición acelerada del material vegetal, lo que ocasiona la acidez al suelo, esto acompañado a factores climáticos definidos anteriormente.

Punto de muestreo MS-TC5.- El análisis de laboratorio muestra que la mayoría de parámetros se encuentran dentro de los límites de calidad de suelo estipulados en la legislación ambiental aplicable, excepto los parámetros bario (324 mg/kg), cobalto (17 mg/kg), cobre (38 mg/kg) y vanadio (124 mg/kg), que son concentraciones sobre el LMP, de la Tabla 1. A.M. 097^a, parámetros cuyos resultados ya fueron sustentados en muestras anteriores, con respecto al bario (324 mg/kg), también se encuentra sobre el LMP.

La presencia de bario puede deberse a que está asociado a minerales de roca comunes, como los feldespatos y las micas presentes en el suelo, generalmente se presentan como sulfatos y carbonatos relativamente insolubles o unidos firmemente a arcillas y materia orgánica.

Punto de muestreo MS-TC6 y MS-TC7.- Los resultados de monitoreo para estos dos puntos de suelos indican que el parámetro Cobre excede el límite máximo permisible para los puntos de suelo MS-TC6 (89 mg/kg), y MS-TC7 (44 mg/kg), de acuerdo a la Tabla 1. A.M. 097^a Calidad de suelo.

Como ya se mencionó anteriormente, el valor del cobre, es totalmente normal, considerando que la proyecto minero tiene, de forma natural, mineralización de andesitas y basaltos, por lo tanto, esta concentración se debe nuevamente a la mineralogía existente en el proyecto minero.

Según el estudio realizado por Guerrero Ramírez, N. E. (2017), donde se puede apreciar en la zona de estudio anomalías para los parámetros como Cu que alcanzan valores de 331 ppm (21 mg/kg) específicamente en la cuenca de Río Blanco, se debe mencionar que el límite máximo permisible establecido en la norma para Cobre es de 25 mg/kg, por lo cual la anomalía detectada se encuentra dentro lo señalado en los criterios de calidad para suelo.

De igual forma en Zn presenta valores anómalos alcanzando valores de 315.5 ppm (20.64 mg/kg) en algunas zonas del río Blanco. Se debe mencionar que el límite máximo permisible establecido en la norma para Zinc es de 60 mg/kg, por lo cual la anomalía detectada se encuentra dentro lo señalado en los criterios de calidad para suelo.

En dicho estudio también se logra identificar concentraciones anómalas de Pb llegando a 42 ppm (8.64 mg/kg). Se debe mencionar que el límite máximo permisible establecido en la norma para Plomo es de 19 mg/kg, por lo cual la anomalía detectada se encuentra dentro lo señalado en los criterios de calidad para suelo.

Por otra parte, también se detectó anomalías para Au donde se alcanza concentraciones de 981.5 ppb (0.0193 mg/kg) en la cuenca del mismo drenaje. Se debe mencionar que no se establece en normativa ambiental un valor límite para la presencia de este metal.

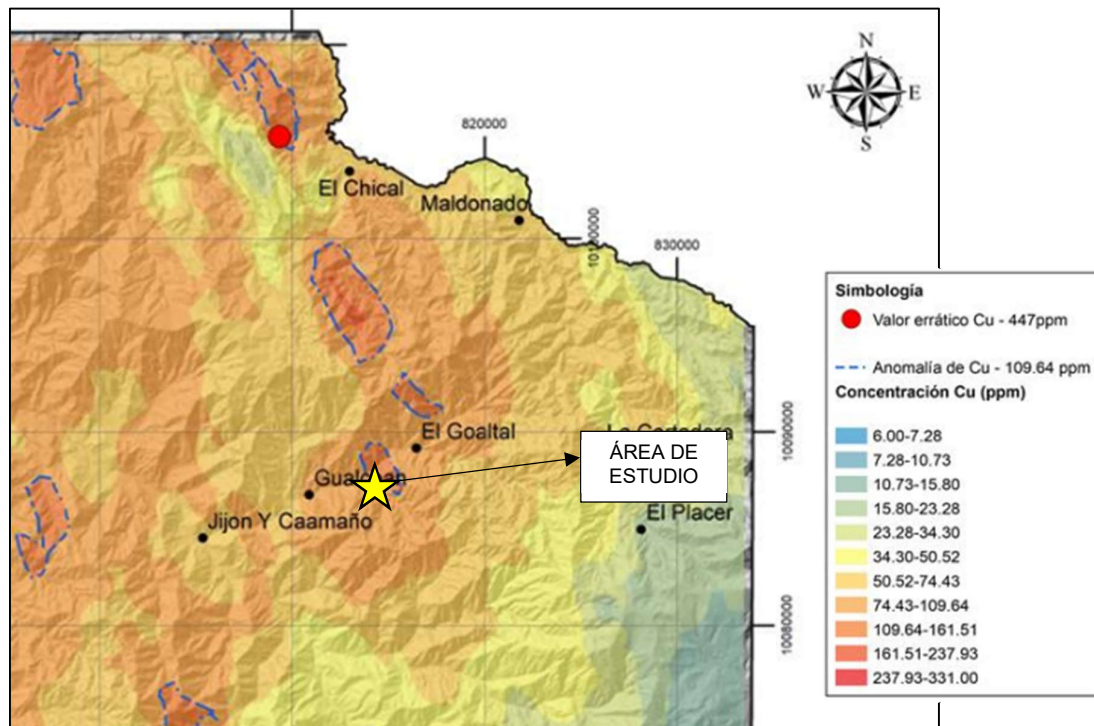


Figura 7-38 Mapa de estimación de concentración de Cobre (ppm)
Fuente: Guerrero Ramírez, N. E. (2017)
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

7.1.6.3.5 Conclusiones

Se ha determinado que la mayoría de parámetros se encuentran en el rango normal de la Tabla 1. Calidad de Suelo, sin embargo, en todas las muestras de suelo existe un pequeño incremento del parámetro cobre MS-TC1, MS-TC2, MS-TC3, MS-TC5, MS-TC6, MS-TC7., exceptuando por la muestra de suelo MS-TC4, cabe indicar concentración anómala está relacionado a la mineralogía de la zona, es decir son condiciones naturales.

Según el informe del laboratorio, las muestras de suelo MS-TC3, MS-TC4, presenta un pH ligeramente ácido es decir menor a seis. Estos valores podrían estar relacionados a los altos niveles de materia orgánica que presentan el suelo produciendo una descomposición acelerada del material vegetal.

En las muestras MS-TC1, MS-TC2, MS-TC5 se observa una concentración de metales (diferentes en cada muestra), superior a los límites establecidos en la legislación, dicha concentración está concerniente a la geología.

Considerando, que de forma general se identifican valores fuera de los metales, bario, cobalto, cobre, molibdeno y vanadio, se ha considerado el análisis de riesgos de incrementar su disponibilidad en el medio ambiente. Así mismo, este proceso se analiza dentro de la matriz de impacto ambiental referido especialmente en las actividades constructivas y de perforación con respecto a la calidad de suelo y agua. En tal sentido, se han incorporado puntos para evitar que se incremente la biodisponibilidad. Entre ellas el monitoreo de calidad de suelo y agua, adecuada gestión de detritos de perforación, manejo de desechos, combustibles y químicos, capacitación sobre los impactos ambientales al personal y la restauración de áreas afectadas.

7.1.7 Capacidad de uso

El sistema de clasificación utilizado se basa en las Normas y Principios del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos o llamado de las Ocho Clases, con adecuaciones a las condiciones existentes en el área de estudio.

Para la clasificación de la capacidad de uso en el área comprendida en el proyecto minero Tres Cerrillos se han tomado en cuenta factores limitantes como: topografía (t), suelo (s), drenaje (d) y clima (c). Dichos factores han catalogado el área como:

- Suelos aptos para cultivos intensos
- Suelos aptos para pastos y aprovechamiento forestal
- Suelos aptos para el uso forestal

Las capacidades de uso se detallan a continuación:

7.1.7.1 Suelos aptos para agricultura y otros usos – arables

7.1.7.1.1 Clase II

Se encuentran presentes en las siguientes unidades morfológicas: terraza media, terraza alta, superficies volcánicas onduladas, glacis de esparcimiento, relieve lacustre ondulado. Estas clases de tierras pueden ser utilizadas para el desarrollo de actividades agrícolas, pecuarias o forestales con especies adaptadas ecológicamente. Dentro de la clase II los factores limitantes son pendientes medias de 5 -12 %, profundidad efectiva entre 51 a 100 cm y el régimen de humedad del suelo ústico.

7.1.7.1.2 Clase III

Esta clase se identifica sobre unidades morfológicas como: superficie volcánica ondulada, coluvión antiguo, coluvio aluvial antiguo, relieve volcánico colinado medio,

superficie de cono de deyección antiguo, relieve volcánico ondulado, relieve volcánico colinado muy bajo. Dentro de la clase III los factores limitantes son: pendientes medias (12 - 25%), profundidad efectiva poco profundos y toxicidad por aluminio intercambiable.

7.1.7.1.3 Clase IV

Abarcan las siguientes unidades morfológicas: coluvión antiguo, garganta, relieve colinado alto, relieve colinado muy alto, relieve volcánico montañoso, relieve volcánico colinado medio. Dentro de la clase IV la principal limitación es la pendiente media a fuerte (25 - 40 %).

7.1.7.2 Tierras de uso limitado o no adecuadas para cultivos

7.1.7.2.1 Clase V

Se encuentran principalmente en las unidades morfológicas: valle fluvial, superficie ondulada, coluvión antiguo, coluvio aluvial antiguo, relieve colinado muy bajo, terraza media, terraza alta, relieve volcánico ondulado, llanura de depósitos volcánicos. Dentro de la clase V las principales limitaciones edáficas son la profundidad efectiva suelos superficiales (> 10 a 20 cm) (s12) y la pedregosidad frecuente en la superficie (> 25 a 50 % de fragmentos gruesos).

7.1.7.2.2 Clase VI

Se encuentran principalmente en las unidades morfológicas: relieve colinado muy alto, relieve montañoso, flujo de piroclastos, flujos de lava. Debido a que se encuentran generalmente en pendientes fuertes (40 - 70 %), el uso de maquinaria es restringido, por lo que, las tierras son aptas para aprovechamiento forestal y ocasionalmente pueden producirse cultivos permanentes o pastos.

7.1.7.2.3 Clase VII

Se presentan principalmente en las unidades morfológicas: relieve volcánico colinado alto, relieve volcánico montañoso, vertiente abrupta, relieve colinado alto, relieve colinado muy alto, relieve montañoso, relieve volcánico colinado medio. Muestran fuertes limitaciones para el laboreo, especialmente por encontrarse en pendientes fuertes, por tal motivo son aptos para uso forestal con fines de conservación.

7.1.8 Cobertura vegetal y uso actual

La cartografía de este componente fue elaborada a partir de una imagen satelital (Ver Anexo E – Mapa 56: Mapa de Imagen Satelital), y para su interpretación se tomaron criterios tales como: tono, color, textura, tamaño. La fase de campo de este componente definió los diferentes tipos de uso existentes en el sector.

Los resultados del análisis de la imagen satelital fueron comparados con la información generada por el MAAE (2018).

En base a lo anterior, se definió que la cobertura vegetal y uso de suelo presente en el área de estudio es: Bosque nativo, Tierra Agropecuaria y vegetación arbustiva. (Ver Mapa 11: Mapa de Uso y Cobertura Vegetal)

7.1.8.1 Bosque Nativo (BN)

Según MAAE (2016), los bosques nativos son Ecosistema arbóreo, primario o secundario, regenerado por sucesión natural; se caracteriza por la presencia de árboles de diferentes especies nativas, edades y portes variados, con uno o más estratos.

Los bosques nativos no han recibido intervención humana, es decir no han sido sujetos de extracción maderera, otros productos del bosque, o que no han sido talados para agricultura o ganadería. La estructura general de esta clase de bosque está conformada por árboles grandes y emergentes que llegan a alcanzar alturas de más de 30 metros.

Estos bosques presentan especies pioneras en diferentes estadios de regeneración natural, con un dosel que alcanza hasta 30 metros de alto. En los troncos de los árboles de este tipo de bosque se encuentran diversidad de orquídeas y epifitas que complementan la riqueza del bosque.

El área de cobertura de este tipo de vegetación en la concesión La Primavera alcanza las 2137,02 ha, que representa el 43,51%. Mientras que en la concesión Tres Cerrillos, alcanza un área de 1564,40 ha (82,02%) de acuerdo a lo definido por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (2018), sin embargo, durante la fase de campo y la revisión de la imagen satelital se pudo comprobar que el porcentaje de cobertura vegetal es mucho menor a la indicada, debido principalmente al avance de la frontera agrícola en varios sectores del proyecto.

7.1.8.2 Tierra agropecuaria

Según MAGAP (2012), las tierras agropecuarias son áreas bajo cultivo agrícola y pastos plantados, o que se encuentran dentro de una rotación entre éstos. 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 ganaderas.

En la concesión La Primavera, esta cobertura abarca 2769,11 ha que representa el 56,37%. Por otra parte, en la concesión Tres Cerrillos las tierras agropecuarias abarcan 342,23 ha (17,94%).

7.1.8.3 Vegetación arbustiva

Constituyen principalmente áreas donde predominan especies herbáceas nativas con un crecimiento espontáneo, que no reciben cuidados especiales, utilizados con fines de pastoreo esporádico, vida silvestre o protección.

Este tipo de cobertura es mínimo en el área del proyecto, alcanza apenas un 0,12% en La Primavera y apenas el 0,03% en Tres Cerrillos.

7.1.9 Hidrología

La caracterización de la hidrología permite determinar el comportamiento espacial y temporal de los caudales en las principales subcuencas de las concesiones mineras Tres Cerrillos y La Primavera, el conocimiento del medio físico de la zona en conjunto

con las actividades a realizar, permitirá comprender las potenciales afectaciones o impactos durante el desarrollo del proyecto.

7.1.9.1 Metodología

Para la caracterización hidrológica del área de estudio asociada a la concesión minera se siguieron los siguientes pasos.

- **Recopilación de Información**
En esta fase se revisó y analizó la información hidrológica disponible. Se delimitaron las subcuencas hidrográficas de interés con base en la cartografía y a los modelos de elevación digital, considerando sitios de interés en la red hidrográfica asociadas a las concesiones mineras 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 de interés, mediciones de caudal (aforos) con el fin de evaluar la cantidad del recurso hídrico y adicionalmente se levantó la sección transversal del cauce en los sitios de interés.
- **Caracterización hidrológica**
Se integró toda la información recopilada y levantada en campo, se analizó la información para evaluar el recurso hídrico superficial presente en diferentes cauces y los principales usos que modifican el régimen natural, finalmente se consolidó la caracterización hidrológica de las subcuencas y cauces en las concesiones mineras del área de análisis en el presente estudio.

7.1.9.1.1 Recopilación de información

La información recopilada y considerada se detalla a continuación:

- b. Información cartografía Base
 - Cartas topográficas escala 1:50.000 y 1:25.000, 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.
 - Modelo de Elevación Digital, Proyecto SIGTIERRAS - CGSIN Coordinación General del Sistema de Información Nacional, 2017, cantón Espejo y Mira, resolución 3 x 3 m.
 - Modelo de Elevación Digital, JAXA-NASA, 2012, Imagen satelital ALOS PALSAR resolución 12 x 12m. (Earth Data Nasa – ASF)
- c. Información cartografía Temática
 - Concesiones mineras. - Límite de las concesiones mineras Tres Cerrillos (40000245) y La Primavera (40000246), Exploraciones Mineras Andinas del Ecuador S.A. (EMSAEC)

- Unidades hidrográficas. - Corresponde a la información de codificación de unidades hídricas nivel 6 considerando la metodología Pfafstetter, MAAE, 2017. Escala 1:50.000.
- Subcuencas hidrográficas. - Sobre la base de la cartografía básica, curvas de nivel y red hidrográfica y los límites de las concesiones mineras, se definieron las subcuencas hidrográficas de interés.
- Tipo de suelo. - Corresponde a la información de Mapa de Suelos (TAXONOMÍA) (2002), generada por Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca - Mapa de suelos del Ecuador. Escala 250 000 y 50 000.
- Geopedología. - información de Taxonomía de Suelos, texturas, pendientes, formaciones. Generada por IEE, MAGAP, CGSIN, 2017. Escala 1:25 000.
- Uso de suelo y cobertura vegetal. - información de Mapa de Cobertura y Uso del suelo, Escala 1:100.000, Año 2015, generada por Ministerio de Agricultura y Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica - MAGAP, MAAE.
- Sistemas Productivos. - información de Mapa de Cobertura y Uso del suelo, Generada por IEE, MAGAP, CGSIN, 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.
- Banco Nacional de Autorizaciones. - información de autorizaciones de uso y aprovechamiento de agua, Año 2014, Secretaría Nacional del Agua, SENAGUA.
- Áreas susceptibles a inundaciones. – Áreas susceptibles a inundaciones temporales y permanentes, generada por el Instituto Espacial Ecuatoriano IEE, 2017. Escala 1:50.000.

d. Información hidrológica

Se ha considerado la información hidrológica del INAMHI de Ecuador y del IDEAM Colombia, tomando en cuenta las limitaciones de información, en la zona de interés.

De acuerdo al inventario de estaciones del INAMHI, en la subcuenca del río Blanco en donde se ubican las concesiones mineras Tres Cerrillos y La Primavera, se localiza la estación hidrológica H013 Blanco A.J. Mira que tiene un área de drenaje de 155.50 km². Adicionalmente, se ha considerado la estación hidrológica Quelvi (Código 51027030) del IDEAM (Colombia), ubicada a 35 km del área de interés y con un área de drenaje de 556.52 km².

7.1.9.1.2 Levantamiento de información de campo

Se realizó el levantamiento de información en campo, con el propósito de obtener la siguiente información:

- Ubicación de sitios de interés hidrológico, sistema de coordenadas UTM WGS84, ZONA 17S;
- Reconocimiento de las condiciones físicas y de drenaje del área de interés.
- Realización de aforos líquidos en secciones de interés, para obtención de información hidrológica directa de referencia para el área de estudio.
- Levantamiento de la sección transversal de los cauces en los sitios considerados de interés.

El método de aforo en los sitios considerados de interés corresponde al de velocidad-área. El equipo utilizado en las mediciones hidrológicas fue:

- Molinete SEBA, suspendido en barras.

Para el levantamiento de la sección de los cauces de interés, se ha identificado las huellas o niveles de crecida y a través de un nivel y cinta se obtuvieron varios puntos que representan la sección de interés.

7.1.9.1.3 Caracterización hidrológica

Para establecer las condiciones hidrológicas del área se realizaron las actividades detalladas a continuación:

- Recopilación, y análisis de la información hidrológica para la zona del Proyecto;
- Analizar la red hidrográfica existente en base a la cartografía y a los modelos de elevación.
- Definición de sitios de interés hidrológico, considerando sitios localizados aguas arriba y aguas abajo de las áreas de las actividades de exploración y los límites de las concesiones mineras;
- Análisis de las condiciones de drenaje (suelos, pendientes, vegetación, etc.);
- Conformar una base de datos hidrológica en base a la información de estaciones;
- Definir las características físicas de las subcuencas hidrográficas definidas como de interés para el área de estudio;
- Análisis de caudales medios, mínimos y máximos en las subcuencas hidrográficas de interés.

- Contraste de datos de caudales estimados para las subcuencas de interés con las mediciones de campo, para validar los resultados obtenidos para la determinación de la cantidad del recurso hídrico.
- Análisis de usos y aprovechamientos de agua en las subcuencas de interés, que modifican los caudales naturales del área de estudio.
- Determinación de niveles de crecida que se asocian a posibles riesgos hidrometeorológicos en las concesiones mineras.

e. Delimitación de subcuencas de interés

Se han definido varios sitios de interés hidrológico, considerando los principales drenajes que atraviesan el área de estudio. Se toma en consideración sitios que ingresan a la concesión o sitios aguas arriba y también las salidas de las concesiones mineras o sitios aguas abajo de las áreas de actividades de exploración, que permitan evidenciar cambios debido a las operaciones

Considerando estas secciones de interés, se han definido las subcuencas correspondientes, para posteriormente establecer las características físicas y para la evaluación de la cantidad del recurso hídrico.

La subcuenca hidrográfica, es una unidad geográfica, que queda limitada por la divisoria de agua, el área dentro de este límite drena el agua hacia un punto de salida (sitio de cierre), donde se concentra la escorrentía.

La divisoria de aguas o divortium aquarum es una línea imaginaria que delimita la cuenca hidrográfica. Además, la divisoria de aguas marca el límite entre la cuenca hidrográfica analizada y las cuencas vecinas. El agua precipitada a cada lado de la divisoria desemboca generalmente en ríos distintos.

La delimitación de una cuenca se realizó a partir de modelos de elevación digital del terreno (DEM) y utilizando mapas topográficos.

La delimitación puede realizarse en forma manual o de manera automática utilizando herramientas de sistemas de información geográfica (SIG).

El procedimiento para delimitar una cuenca hidrográfica a través de las herramientas de SIG es el siguiente:

- Obtener el Modelo Digital de Elevación (DEM), archivos ráster (extensión .tif), que cubra el área de las cuencas a analizar.
- Eliminar sumideros del ráster con la herramienta Fill.
- Establecer la dirección del flujo hidrológico con la herramienta Flow Direction.
- Determinar la acumulación del flujo de las celdas que fluyen sobre la pendiente, por medio de la herramienta Flow Accumulation.

- Para la definición de la subcuenca hidrográfica, aplicar la herramienta Watershed usando el ráster de Flow Direction y el punto de cierre de la cuenca (sitio de captación).
- Finalmente, para obtener el polígono de la subcuenca se convierte el ráster a una capa tipo shapefile.

f. Determinación de caudales medios y mínimos

Para la estimación de caudales medios o máximos 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 aplicada a la ingeniería. 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).

El cálculo de los caudales medios mensuales en las subcuencas sin información hidrológica se realiza mediante la transferencia de caudales desde una estación hidrológica base, considerando que la subcuenca de interés tiene un comportamiento hidrológico homogéneo.

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. En general la transferencia de caudales es un método que consiste en relacionar el área, el 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 continuación¹:

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

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

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

Donde:

QS = Caudal de la cuenca sin información (m³/s).

¹ Estudio Hidrológico y Ubicación de la Red de Estaciones Hidrométricas en la Cuenca del Río Rímac, Autoridad Nacional del Agua del Perú ANA, 2010.

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

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

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

PS = Precipitación de la cuenca sin información (mm)

PC = Precipitación de la cuenca sin información (mm)

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

g. 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 consideran los registros de caudales medios diarios o mensuales, de un periodo representativo de al menos de 10 años.

• Curva de duración general (CGD)

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: Q90% 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 Q90%.

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 empírica²:

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

Donde:

m = orden de datos

n = número total de datos

² Hidrología Aplicada Ven te Chow, 1994. Análisis de frecuencia, página 407.

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

- 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.

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 probabilidad³:

$$Q_p = Q_{med} + KT \times S$$

En donde:

Q_p = caudales mensuales con probabilidad de ser, igualados o excedidos, (m³/s);

Q_{med} = Caudal medio del mes en consideración

KT = factor de frecuencia (Tablas para cada distribución)

S = desviación estándar

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

h. Caudales máximos

Para la estimación de los caudales máximos se aplican 2 métodos:

- El método analítico – probabilístico, aplicando la fórmula de Chow a la serie de caudales máximos de la estación H013 Blanco A.J. Mira, posteriormente a través de la proporcionalidad de caudales con el área de drenaje se estima los caudales máximos en cada subcuenca de interés.
- De acuerdo con Chow (1951), la técnica analítica de frecuencias puede ser reducida a la forma:

$$Q_{max TR} = \overline{Q_{máx}} + S KT$$

³ Hidrología Aplicada Ven te Chow, 1994. Análisis de frecuencia, página 400.

Q_{max TR} – caudal máximo con periodo de retorno Tr

Q_{max} - valor medio de los caudales máximos anuales

S Desviación estándar

KT Factor de frecuencia, propios de cada distribución de probabilidad.

- Se estiman también los caudales máximos con período de retorno aplicando el método del hidrograma unitario sintético, transformando la precipitación de una tormenta en escorrentía.
- Hidrograma unitario sintético del Soil Conservation Service (SCS)

Para la determinación de los caudales máximos se considera un modelo hidrológico que integra las subcuencas hasta la salida del río Blanco de la concesión La Primavera, para lo cual se ha aplicado el programa HEC HMS v4.7.

El modelo hidrológico 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 (Δt)
- 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 (Tr) de 5, 10, 25, 50, y 100 años.
- Hidrograma unitario sintético del Soil Conservation Service (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 la cuenca para retener la precipitación, mediante la siguiente expresión:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

En donde:

la: 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:

$$P_e = \frac{(P - 0,2S)^2}{P + 0,2S}$$

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)

Δt : 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^3/s)

A : área de la Cuenca (km^2)

El tiempo de retardo (T_{lag}) y el tiempo de concentración (T_c) de la cuenca se relacionan a través de la siguiente expresión:

$$T_{lag} = 0,6 T_c$$

Por tanto, para la estimación de los caudales máximos se realiza los siguientes pasos:

- Determinación del tiempo de concentración de las subcuencas y en base a eso se estima la duración de la tormenta crítica que genera el mayor caudal.
- 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.

- Estimación del número de curva para establecer la infiltración y la lluvia efectiva que produce caudal.
- Cálculo del caudal máximo a través del hidrograma unitario sintético del SCS.
- Duración de la tormenta

Se calculó el tiempo de concentración, aplicando las siguientes ecuaciones:

Kirpich

$$t_c = 0,0078 \times L_p^{0,77} \times S^{-0,385}$$

t_c - tiempo de concentración, (min);

S - pendiente promedio del cauce principal, (m/m);

L_p - longitud del cauce (pies); y,

Ventura

$$T_c = a \frac{S^{0,5}}{i}, \text{ siendo } 0,005 \leq a \leq 0,5$$

$$a = \frac{L}{\sqrt{S}}$$

i = pendiente media del cauce principal (%),

S = área de la cuenca (km^2),

L = longitud del cauce principal (km),

a = alejamiento medio

Giandotti

$$T_c = \frac{4 \times \sqrt{A} + 1,15 \times L}{25,3 \times \sqrt{S \times L}}$$

En donde:

T_c - 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^2);

Témez

$$T_c = \left(\frac{L}{S^{0,25}} \right)^{1,76}$$

T_c: Tiempo de concentración en horas,

L: Longitud del cauce principal en kilómetros,

S: Diferencia de cotas sobre L en porcentaje.

Se determinó el promedio del tiempo de concentración, considerando los métodos descritos, valor medio que se toma como la duración crítica de la tormenta para todas las subcuencas del río Blanco.

- Precipitación máxima

Para el análisis de las intensidades máximas de precipitación se considera 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.

La zona de las concesiones mineras Tres Cerrillos y La Primavera se encuentran en la zona 41 de la regionalización propuesta por el INAMHI.

Las ecuaciones de intensidades máximas de precipitación para esta zona son las siguientes:

$$\text{Si: } 5 \text{ min} < t < 70 \text{ min:} \quad I_{Tr} = 75.787 t^{-0.417} I_{d, Tr}$$

$$\text{Si: } 70 \text{ min} < t < 1440 \text{ min:} \quad I_{Tr} = 447.08 t^{-0.833} I_{d, Tr}$$

En donde:

I = Intensidad de precipitación, (mm/h)

t = duración de la lluvia, (min)

Tr = período de retorno, (años)

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

A través de las ecuaciones se establecen las precipitaciones para la duración del evento de tormenta crítico para las subcuencas del río Blanco que se consideran de interés y para diferentes períodos de retorno.

- Hietograma de precipitación máxima

Para la distribución temporal de la lámina de precipitación se consideró el patrón de tormenta determinado del segundo cuartil de Huff.

La distribución tipo Huff del segundo cuartil se aplica para la obtención de los caudales máximos.

Se considerará una tormenta que cubra el área de la subcuenca del río Blanco y las subcuencas de interés, por tanto, se toma en cuenta las curvas de Huff para áreas de

drenaje mayores a 128 km². La Tabla 7-45 incluye las curvas de Huff para una probabilidad del 50% (mediana) para los diferentes cuartiles.

Tabla 7-45 Curvas de Huff – Distribución temporal de precipitación para eventos de tormenta para probabilidad del 50% de cada cuartil en área entre 128 y 1024 km²

TIEMPO ACUMULADO	PRECIPITACIÓN ACUMULADA (%)			
	PRIMER CUARTIL	SEGUNDO CUARTIL	TERCER CUARTIL	CUARTO CUARTIL
5	8	2	2	2
10	17	4	4	3
15	34	8	7	5
20	50	12	10	7
25	63	21	12	9
30	71	31	14	10
35	76	42	16	12
40	80	53	19	14
45	83	64	22	16
50	86	73	29	19
55	88	80	39	21
60	90	86	54	25
65	92	89	68	29
70	93	92	79	35
75	95	94	87	43
80	96	96	92	54
85	97	97	95	75
90	98	98	97	92
95	99	99	99	97

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, mayo 2021

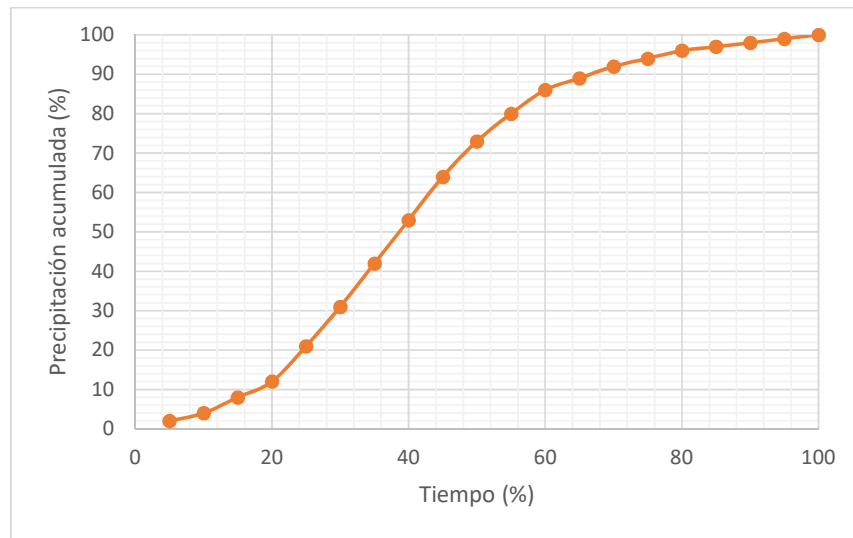


Figura 7-39 Curva de Huff – patrón de tormenta acumulado del segundo cuartil

Fuente: Huff, 1990

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

- Hietograma de precipitación máxima

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 del uso del suelo.

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.

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 (km^2)

NCi = número de curva para la cobertura vegetal o uso de suelo i

i. Niveles de crecida

Se han evaluado los niveles de crecida para eventos con período de retorno de 5, 10, 25, 50 y 100 años, considerando las secciones transversales de los cauces obtenidos en campo.

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 Manning⁴:

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

Donde:

Q: Capacidad Hidráulica del canal (m³/s).

n: coeficiente de rugosidad de Manning.

A: Área de la sección Transversal (m²).

R: Radio hidráulico (m²/m).

7.1.9.2 Descripción Física - geográfica de las subcuencas

Exploraciones Mineras del Ecuador S.A. (EMSAEC), realizará actividades de exploración avanzada de minerales metálicos en las concesiones mineras Tres Cerrillos (40000245) y La Primavera (40000246), que se ubican en las parroquias El Goaltal, y Jijón y Camaño, en los cantones Espejo y Mira, de la provincia del Carchi.

Las concesiones mineras Tres Cerrillos (40000245) y La Primavera (40000246) abarcan parte de la subcuenca del río Blanco antes de la junta con el río Mira, de acuerdo a la información de unidades hidrográficas nivel 6 (MAAE, 2020), se identifican 7 unidades hidrográficas, según la codificación Pfafstetter. La Tabla 7-46 detalla las unidades hidrográficas que se identifican dentro de las concesiones mineras y su correspondencia con la codificación Pfafstetter.

Tabla 7-46 Unidades hidrográficas nivel 6 en las concesiones mineras Tres Cerrillos y La Primavera

NO	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5	NIVEL 6	ÁREA DE DRENAJE UNIDAD NIVEL 6 (KM ²)	CONCESIÓN MINERA
1	Río Mira (154)	Unidad hidrográfica	Río Blanco (15472)	Río Blanco (154721)	15.69	La Primavera

⁴ Hidráulica de canales abiertos, Ven Te Chow, 1994. Cálculo de flujo uniforme, página 127.

NO	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5	NIVEL 6	ÁREA DE DRENAJE UNIDAD NIVEL 6 (KM ²)	CONCESIÓN MINERA
2		(1547)		Río Gualchán (154722)	26.10	La Primavera
3				Río Blanco (154723)	16.53	La Primavera
4				Río Golondrinas/ Río Goaltal (154727)	2.55	La Primavera
5				Río Blanco (154725)	12.51	La Primavera Tres Cerrillos
6				Unidad hidrográfica (154724)	15.82	Tres Cerrillos
7				Río Chorro Blanco (154726)	36.69	Tres Cerrillos

Fuente: MAAE, 2020

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

Adicionalmente considerando los límites de las concesiones mineras, los sitios de interés definidos para el aforo y de toma de muestras de calidad de agua, se han establecido 11 subcuencas de interés. En el Anexo Cartográfico se incluye un mapa con las áreas de drenaje de las subcuencas consideradas de interés. (*Ver Mapa 14: Mapa de Cuencas Hidrográficas.*)

Las subcuencas que transitan por las concesiones mineras Tres Cerrillos y La Primavera corresponden a ríos y quebradas de la margen derecha del río Mira.

El río Mira se forma de la unión de los ríos Chota y Ambi, que ocurre a la altura de la población de Mira, a una altitud de 1480 msnm.

El río Mira desemboca corresponde a un sistema hidrográfico binacional (Ecuador – Colombia).

El río Blanco se forma de la confluencia de los ríos Chorro Blanco y Golondrinas, los cuales se juntan dentro de las concesiones mineras, a la altura de la población de las juntas, en la cota 1320 msnm.

El río Golondrinas/Río Goaltal nace a una altitud de 2600 msnm, se origina al noreste de la concesión minera La Primavera, se observan varias quebradas aportantes en la subcuenca alta, se identifica el río Golondrinas Chico.

El río Chorro Blanco se origina en la cota 3680 msnm, el cauce nace al este de la concesión Tres Cerrillos.

Las subcuencas que transitan por las concesiones mineras Tres Cerrillos y La Primavera corresponden a ríos y quebradas de la margen derecha del río Mira.

El río Mira se forma de la unión de los ríos Chota y Ambi, que ocurre a la altura de la población de Mira, a una altitud de 1480 msnm.

El río Mira desemboca corresponde a un sistema hidrográfico binacional (Ecuador – Colombia).

El río Blanco se forma de la confluencia de los ríos Chorro Blanco y Golondrinas, los cuales se juntan dentro de las concesiones mineras, a la altura de la población de las juntas, en la cota 1320 msnm.

El río Golondrinas/Río Goaltal nace a una altitud de 2600 msnm, se origina al noreste de la concesión minera La Primavera, se observan varias quebradas aportantes en la subcuenca alta, se identifica el río Golondrinas Chico.

El río Chorro Blanco se origina en la cota 3680 msnm, el cauce nace al este de la concesión Tres Cerrillos.

7.1.9.2.1 Análisis de las características físicas de las subcuencas

Las características fisiográficas, principales de las subcuencas en estudio se detallan a continuación, considerando las definiciones y ecuaciones establecidas en Monsalve, 1999 (Características físicas de una hoya hidrográfica):

a. Área de drenaje (A)

Es el área plana (proyección horizontal) incluida entre su divisoria topográfica expresada en (km²).

b. Coeficiente de compacidad o gravelious (Kc)

Es la relación que existe entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de una circunferencia de área igual a la de la cuenca, es una característica adimensional.

$$K_c = 0,282 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

P: perímetro de la cuenca (km); y,

A: área total de la cuenca (km²).

c. Coeficiente de forma (Kf)

Fue definido por Horton, como la relación entre el ancho promedio de la cuenca y su longitud del cauce principal:

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

Donde:

Lc: Longitud de la cuenca, que se define como la distancia entre la salida y el punto más alejado, cercano a la cabecera del cauce principal, medida en línea recta (km); y,

A: área total de la cuenca (km²).

d. Pendiente media de la cuenca (Scuenca)

Esta característica incide en la velocidad con la que se concentra la escorrentía superficial y afecta, por lo tanto, al tiempo de concentración del agua lluvia para concentrarse en los lechos fluviales que constituyen la red de drenaje de las cuencas, se expresa en porcentaje, (%).

$$S_{cuenca} = \frac{D \cdot LL}{A}$$

Donde:

D: diferencia de cotas promedio entre las curvas de nivel interpoladas, representativas de la curva de nivel "i" (km);

LL: longitud total de todas las curvas de nivel en la cuenca (km); y,

A: área total de la cuenca (km²).

e. Densidad de drenaje (Dd)

Es la relación entre la longitud total de los cauces naturales presentes en la cuenca y la extensión total del drenaje. Dd adopta valores entre 0,5 km/km² para hoyas con drenaje pobre y de hasta 3,5 km/km² para cuencas excepcionalmente bien drenadas.

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

Donde:

Dd: densidad de drenaje (km/km²);

$\sum Lc$: longitud total de los cauces naturales (km); y,

A: área total de la cuenca (km²).

f. Tiempo de concentración (tc)

Para cada una de las subcuencas analizadas, se calculó el tiempo de concentración, aplicando la ecuación de Kirpich (Chow, 1992. Tabla 15.1.2):

$$t_c = 0,0078 \times Lp^{0,77} \times S^{-0,385}$$

Donde:

tc tiempo de concentración, (min);

S pendiente promedio del cauce principal, (m/m);

Lp longitud del cauce (pies);

En función de lo anterior se determina lo siguiente:

- Las áreas de drenaje de las quebradas de las concesiones mineras Tres Cerrillos y La Primavera, corresponden a cuencas hidrográficas pequeñas por cuanto la superficie de estas es menor a 250 km².
- Las áreas de drenaje presentan un coeficiente de forma Kf bajo lo que indica que las subcuencas analizadas son alargadas y un coeficiente de compacidad Kc mayor a 1, lo que indica una forma irregular de las subcuencas.
- De acuerdo, a FAO (1985), Kc en el Rango entre 1,25 y 1,50, corresponde a forma oval redonda a oval oblonga. Valores de Kc entre 1,25 y 1,00 determinan formas más redondas
- La densidad de drenaje de las subcuencas determina condiciones de drenaje buenas para el desagüe de las precipitaciones considerando que la densidad de drenaje en la zona es mayor a 3,5 km/km².
- Las pendientes de las áreas de drenaje de las subcuencas de las quebradas y ríos ($S_c \geq 50\%$), son importantes, predominando un relieve montañoso, lo que incide en la formación de crecida torrenciales y el arrastre de material.

A continuación, la Tabla 7-47 incluye las características físicas y morfológicas de las subcuencas y los principales cauces de interés, asociadas a las concesiones mineras Tres Cerrillos y La Primavera.

Tabla 7-47 Características físicas y morfológicas de las subcuencas de las concesiones mineras Tres Cerrillos y La Primavera

NO.	NOMBRE SUBCUENCA	A (KM2)	P (KM)	LP (M)	HMÁX (MSNM)	HMÍN (MSNM)	KF	KC	HMED (MSNM)	S (%)	SC (%)	DD (KM/KM2)	TC (MIN)
P4	Río Golondrinas /Río Goaltal	31,69	26,07	9477	3126	1341	0,39	1,30	2085	11,07	69,92	4,05	52
P5	Río Chorro Blanco	36,64	27,48	13409	3629	1330	0,25	1,27	2450	12,08	79,74	3,46	66
P9	Quebrada de Oro	3,98	8,84	3894	2740	1280	0,29	1,24	2162	31,32	76,12	4,15	18
P6	Río Sin nombre	6,50	10,88	5007	2683	1364	0,31	1,19	2026	18,30	89,01	4,76	26
P10	Quebrada Sin Nombre	3,39	7,93	3924	2378	1357	0,29	1,21	1987	20,98	78,56	4,21	21
P7	Río Tablas	15,41	16,52	7224	2683	1171	0,36	1,18	1899	13,56	80,32	4,16	39
P8	Río Gualchán	9,58	13,53	6067	2648	1337	0,32	1,22	1978	15,55	68,79	4,51	33
P1	Quebrada El Carmen	6,30	10,93	4305	2363	1331	0,37	1,22	1964	18,32	66,96	5,08	24
P2	Río Primavera	25,93	24,36	10871	2648	1027	0,28	1,34	1806	9,50	62,13	4,82	62
P3	Río Blanco	146,71	59,59	24467	3629	967	0,29	1,38	2017	5,94	70,78	3,99	138
P11	Quebrada Aguajal	3,69	11,13	4913	2030	967	0,18	1,62	1465	19,80	58,26	4,36	25

A – Área de drenaje (km²); P – Perímetro de la microcuenca (km); Lp – Longitud del cauce principal (m); Kf – Coeficiente de forma, adimensional; Kc – Coeficiente de compacidad; Hmáx – Cota máxima (msnm); Hmín – Cota mínima (msnm); Hmed – Altitud media de la cuenca (msnm); S – Pendiente ponderada del cauce (%); Sc – Pendiente media de la cuenca (%); DD – Densidad de drenaje (km/km²); Tc – Tiempo de concentración de Kirpich (min)

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021.

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

A continuación, se presenta los perfiles longitudinales y la pendiente ponderada, de los principales cauces en las concesiones mineras Tres Cerrillos y La Primavera.

La Figura 7-40 presenta el perfil longitudinal y la pendiente ponderada del río Golondrinas/Río Goaltal.

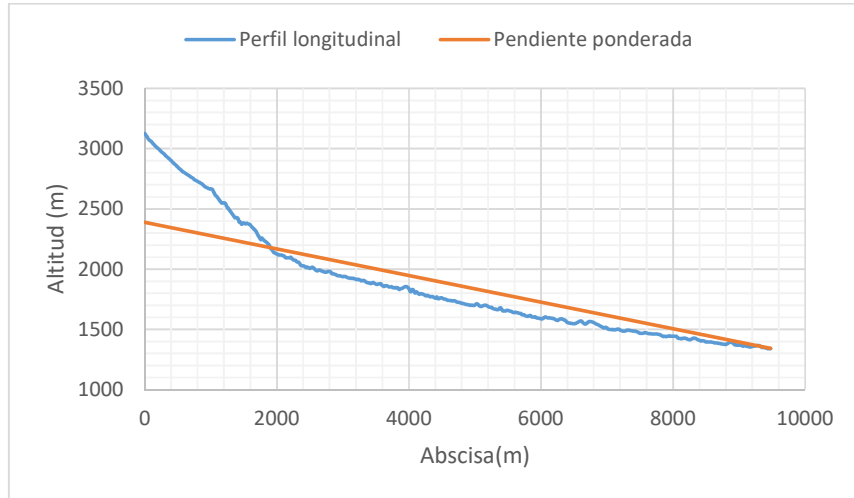


Figura 7-40 Pendiente ponderada del río Golondrinas/Río Goaltal

Fuente: SIPA-MAG, abril 2019
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

La Figura 7-41 presenta el perfil longitudinal y la pendiente ponderada del río Chorro Blanco.

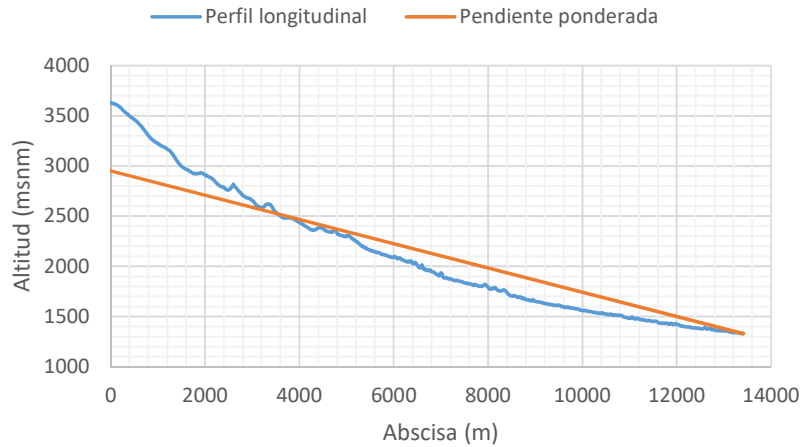


Figura 7-41 Pendiente ponderada del río Chorro Blanco

Fuente: SIPA-MAG, abril 2019
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

La Figura 7-42 presenta el perfil longitudinal y la pendiente ponderada del río Tablas.

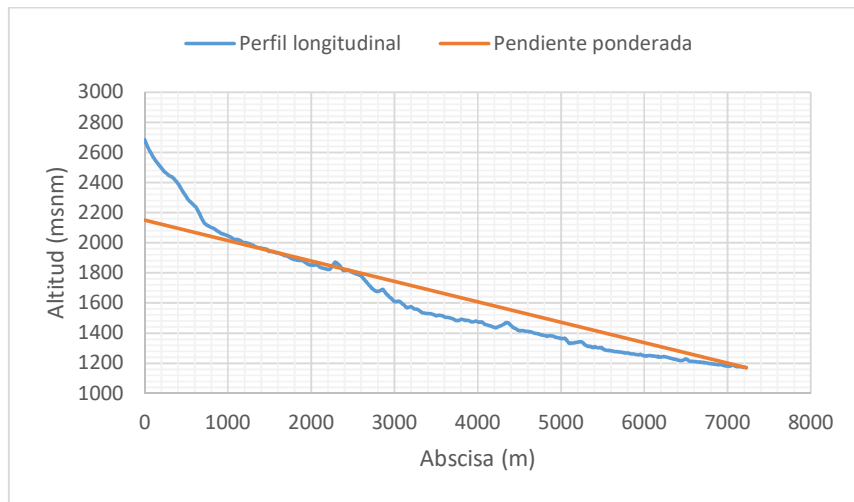


Figura 7-42 Pendiente ponderada del río Tablas

Fuente: SIPA-MAG, abril 2019
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

La Figura 7-43 presenta el perfil longitudinal y la pendiente ponderada del río Primavera.

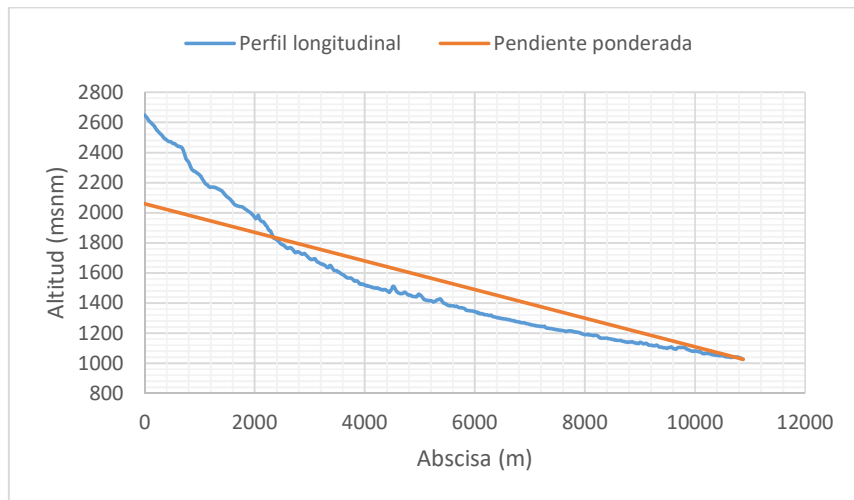


Figura 7-43 Pendiente ponderada del río Primavera

Fuente: SIPA-MAG, abril 2019
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

La Figura 7-44 presenta el perfil longitudinal y la pendiente ponderada del río Blanco.

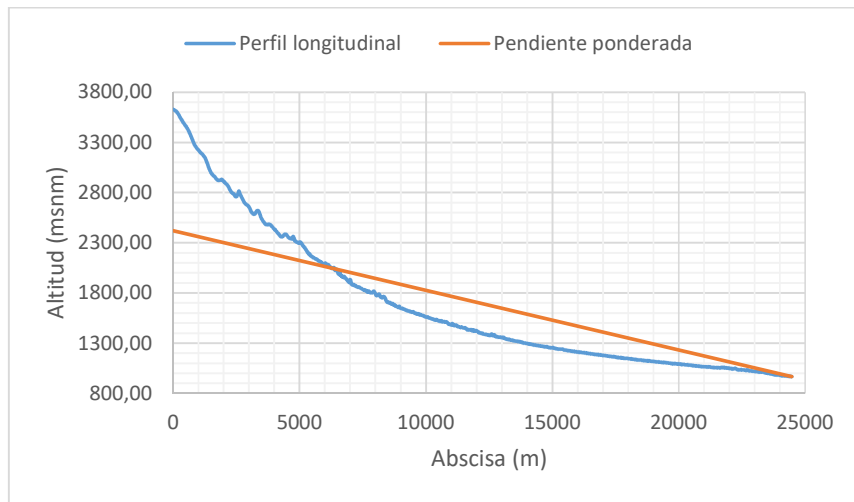


Figura 7-44 Pendiente ponderada del río Blanco

Fuente: SIPA-MAG, abril 2019

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

La Tabla 7-48 presenta la clasificación de los suelos y su equivalencia con los grupos hidrológicos del suelo, que además se asocian a diferentes características del suelo.

Tabla 7-48 Clasificación de los grupos hidrológicos de los suelos

GRUPO	TEXTURA	TASA DE INFILTRACIÓN (MM/H)	PROF. (CM)	PROFUNDIDAD	DRENAJE DE LOS SUELOS	MOVIMIENTO DEL AGUA EN EL SUELO
A	Arenoso	12	160	Muy profundo	Muy excesivamente drenados	Muy rápido
	Areno franco	11	145		Excesivamente drenado	
	Franco arenoso	10	130		Algo excesivamente drenados	Rápido
B	Franco	9	115	Profundos	Moderadamente bien drenados	Moderado rápido
	Franco limoso	8	100	Moderadamente profundos		
	Limoso	7	85			
C	Franco arcillo arenoso	6	70	Superficiales	Moderadamente bien drenados	Moderado lento
	Franco arcilloso	5	55			
	Franco arcillo limoso	4	40			
D	Arcillo arenoso	3	25	Muy superficiales	Escasamente drenados	Muy lento
	Arcillo limoso	2	10	Extremadament e superficiales		
	Arcilloso	1	0			

Fuente: Engineering Field Manual (SCS, 1982) & Minnesota Pollution Control Agency, 2013. Minnesota Stormwater Manual, Overview of Basic Stormwater Concepts
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

La Figura 7-45 incluye la clasificación de los grupos hidrológicos de los suelos en función de su textura, se considera esta clasificación para identificación de los suelos en las subcuencas de interés en las concesiones mineras Tres Cerrillos y La Primavera.

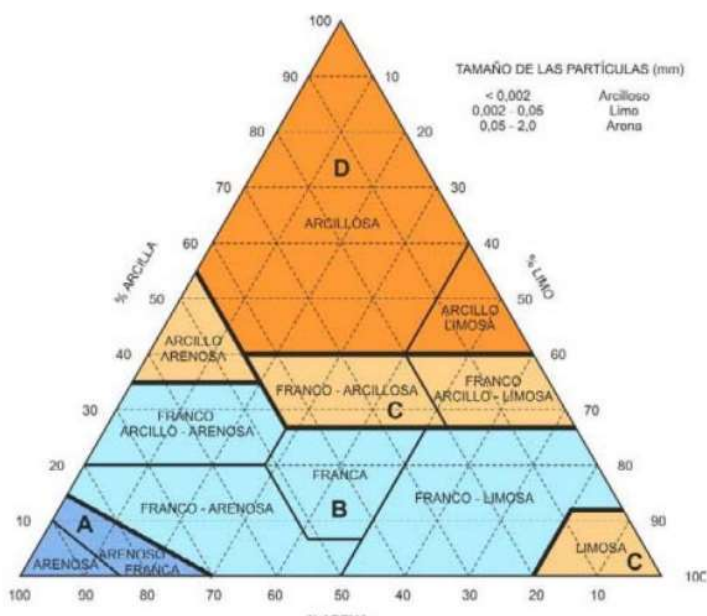


Figura 7-45 Grupo hidrológico del suelo en relación con la textura

En general, mayormente los suelos del área de las concesiones mineras Tres Cerrillos y La Primavera son de textura Franca, es decir, corresponden al Grupo Hidrológico B. Las áreas de drenaje de las subcuencas presentan condiciones de drenaje que van de moderadas a buenas para el desagüe de las lluvias durante eventos de precipitación.

Los tipos del suelo de las subcuencas hidrográficas asociadas a las concesiones mineras Tres Cerrillos y La Primavera, de acuerdo a la información de suelos del IEE y MAGAP, 2017, se incluyen en la Tabla 7-49.

Tabla 7-49 Tipos de suelos en las subcuencas de las concesiones mineras Tres Cerrillos y La Primavera

CÓDIGO	SUBCUENCA	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	GHS	ÁREA (km ²)	ÁREA TOTAL (km ²)
P1	Quebrada El Carmen	ARCILLOSO	Suelos arcillosos, bien drenados, moderadamente profundos, pH neutro, MO alta, CIC alto, SB alta	D	0,055	6,305

CÓDIGO	SUBCUENCA	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	GHS	ÁREA (km ²)	ÁREA TOTAL (km ²)
		FRANCO	Suelos francos, bien drenados, poco profundos, pH ligeramente ácido, MO baja, CIC muy alto, SB alta	B	1,01	
		FRANCO ARCILLO-ARENOSO	Suelos franco arcillo arenosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO alta, CIC alto, SB media	B	0,124	
		FRANCO ARENOSO	Suelos franco arenosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO baja, CIC medio, SB media	B	5,116	
P2	Rio Primavera	ARCILLO-ARENOSO	Suelos arcillo arenosos, bien drenados, moderadamente profundos, pH neutro, MO alta, CIC alto, SB alta	C	0,868	25,927
		ARCILLOSO	Suelos arcillosos, bien drenados, moderadamente profundos, pH neutro, MO alta, CIC alto, SB alta	D	0,056	

CÓDIGO	SUBCUENCA	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	GHS	ÁREA (km ²)	ÁREA TOTAL (km ²)
		FRANCO	Suelos francos, bien drenados, poco profundos, pH ligeramente ácido, MO baja, CIC muy alto, SB alta	B	8,373	
		FRANCO ARCILLO-ARENOSO	Suelos franco arcillo arenosos, bien drenados, poco profundos, pH ligeramente ácido, MO media, CIC alto, SB alta	B	0,477	
		FRANCO ARCILLOSO	Suelos franco arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO media, CIC alto, SB alta	C	3,215	
		FRANCO ARENOSO	Suelos franco arenosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO baja, CIC medio, SB media	B	12,841	
		NO APLICABLE	Tierras que no están caracterizadas como unidades de suelos o unidades taxonómicas	C	0,097	

CÓDIGO	SUBCUENCA	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	GHS	ÁREA (km ²)	ÁREA TOTAL (km ²)
P3	Rio Blanco	ARCILLO-ARENOSO	Suelos arcillo arenosos, bien drenados, moderadamente profundos, pH neutro, MO alta, CIC alto, SB alta	C	2,319	146,705
		ARCILLOSO	Suelos arcillosos, bien drenados, moderadamente profundos, pH neutro, MO alta, CIC alto, SB alta	D	0,056	
		FRANCO	Suelos francos, bien drenados, profundos, pH prácticamente neutro, MO alta, CIC muy alto, SB media	B	54,072	
		FRANCO ARCILLO-ARENOSO	Suelos franco arcillo arenosos, bien drenados, poco profundos, pH ácido, MO alta, CIC alto, SB baja	B	37,763	
		FRANCO ARCILLOSO	Suelos franco arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO media, CIC alto, SB alta	C	28,508	
		FRANCO ARENOSO	Suelos franco arenosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO baja, CIC medio, SB media	B	19,069	

CÓDIGO	SUBCUENCA	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	GHS	ÁREA (km ²)	ÁREA TOTAL (km ²)
		NO APLICABLE	Tierras que no están caracterizadas como unidades de suelos o unidades taxonómicas	C	4,918	
P4	Rio Golondrinas /Rio Choaltal	FRANCO	Suelos francos, bien drenados, profundos, pH prácticamente neutro, MO alta, CIC muy alto, SB media	B	8,776	31,69
		FRANCO ARCILLO-ARENOSO	Suelos franco arcillo arenosos, bien drenados, poco profundos, pH ligeramente ácido, MO media, CIC alto, SB alta	B	13,299	
		FRANCO ARCILLOSO	Suelos franco arcillosos, bien drenados, profundos, pH medianamente ácido, MO baja, CIC muy alto, SB alta	C	1,865	
		FRANCO ARENOSO	Suelos franco arenosos, bien drenados, poco profundos, pH ligeramente ácido, MO media, CIC muy alto, SB alta	B	3,058	
		NO APLICABLE	Tierras que no están caracterizadas como unidades de suelos o unidades taxonómicas	C	4,693	

CÓDIGO	SUBCUENCA	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	GHS	ÁREA (km ²)	ÁREA TOTAL (km ²)
P5	Rio Chorro Blanco	FRANCO	Suelos francos, bien drenados, profundos, pH prácticamente neutro, MO alta, CIC muy alto, SB media	B	18,598	36,644
		FRANCO ARCILLO-ARENOSO	Suelos franco arcillo arenosos, bien drenados, poco profundos, pH ácido, MO alta, CIC alto, SB baja	B	15,533	
		FRANCO ARCILLOSO	Suelos franco arcillosos, bien drenados, profundos, pH medianamente ácido, MO baja, CIC muy alto, SB alta	C	1,789	
		FRANCO ARENOSO	Suelos franco arenosos, bien drenados, poco profundos, pH ligeramente ácido, MO media, CIC muy alto, SB alta	B	0,724	
P6	Río Sin nombre	ARCILLO-ARENOSO	Suelos arcillo arenosos, bien drenados, moderadamente profundos, pH neutro, MO alta, CIC alto, SB alta	C	0,027	6,498
		FRANCO	Suelos francos, bien drenados, profundos, pH prácticamente neutro, MO alta, CIC muy alto, SB media	B	4,34	

CÓDIGO	SUBCUENCA	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	GHS	ÁREA (km ²)	ÁREA TOTAL (km ²)
		FRANCO ARCILLO-ARENOSO	Suelos franco arcillo arenosos, bien drenados, poco profundos, pH ligeramente ácido, MO media, CIC alto, SB alta	B	1,105	
		FRANCO ARCILLOSO	Suelos franco arcillosos, bien drenados, profundos, pH medianamente ácido, MO baja, CIC muy alto, SB alta	C	0,632	
		FRANCO ARENOSO	Suelos franco arenosos, bien drenados, poco profundos, pH ligeramente ácido, MO media, CIC muy alto, SB alta	B	0,379	
		NO APLICABLE	Tierras que no están caracterizadas como unidades de suelos o unidades taxonómicas	C	0,015	
P7	Rio Tablas	ARCILLO-ARENOSO	Suelos arcillo arenosos, bien drenados, moderadamente profundos, pH neutro, MO alta, CIC alto, SB alta	C	0,05	15,41
		FRANCO	Suelos francos, bien drenados, profundos, pH prácticamente neutro, MO alta, CIC muy alto, SB media	B	6,022	

CÓDIGO	SUBCUENCA	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	GHS	ÁREA (km ²)	ÁREA TOTAL (km ²)
		FRANCO ARCILLO-ARENOSO	Suelos franco arcillo arenosos, bien drenados, poco profundos, pH ácido, MO alta, CIC alto, SB baja	B	3,002	
		FRANCO ARCILLOSO	Suelos franco arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO media, CIC alto, SB alta	C	4,292	
		FRANCO ARENOSO	Suelos franco arenosos, bien drenados, poco profundos, pH prácticamente neutro, MO alta, CIC alto, SB baja	B	2,029	
		NO APLICABLE	Tierras que no están caracterizadas como unidades de suelos o unidades taxonómicas	C	0,015	
P8	Rio Gualchán	ARCILLO-ARENOSO	Suelos arcillo arenosos, bien drenados, poco profundos, pH prácticamente neutro, MO baja, CIC medio, SB alta	C	0,247	9,582
		FRANCO	Suelos francos, bien drenados, poco profundos, pH ligeramente ácido, MO baja, CIC muy alto, SB alta	B	1,801	

CÓDIGO	SUBCUENCA	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	GHS	ÁREA (km ²)	ÁREA TOTAL (km ²)
		FRANCO ARCILLO-ARENOSO	Suelos franco arcillo arenosos, bien drenados, poco profundos, pH ligeramente ácido, MO media, CIC alto, SB alta	B	0,344	
		FRANCO ARCILLOSO	Suelos franco arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO media, CIC alto, SB alta	C	2,512	
		FRANCO ARENOSO	Suelos franco arenosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO baja, CIC medio, SB media	B	4,679	
P9	Quebrada de Oro	FRANCO	Suelos francos, bien drenados, superficiales, pH ligeramente ácido, MO alta, CIC medio, SB baja	B	0,871	3,975
		FRANCO ARCILLO-ARENOSO	Suelos franco arcillo arenosos, bien drenados, poco profundos, pH ligeramente ácido, MO media, CIC alto, SB alta	B	3,104	

CÓDIGO	SUBCUENCA	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	GHS	ÁREA (km ²)	ÁREA TOTAL (km ²)
P10	Quebrada SN	ARCILLO-ARENOSO	Suelos arcillo arenosos, bien drenados, moderadamente profundos, pH neutro, MO alta, CIC alto, SB alta	C	0,011	3,385
		FRANCO	Suelos francos, bien drenados, profundos, pH prácticamente neutro, MO alta, CIC muy alto, SB media	B	0,999	
		FRANCO ARCILLO-ARENOSO	Suelos franco arcillo arenosos, bien drenados, poco profundos, pH ácido, MO alta, CIC alto, SB baja	B	1,584	
		FRANCO ARCILLOSO	Suelos franco arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO media, CIC alto, SB alta	C	0,401	
		FRANCO ARENOSO	Suelos franco arenosos, bien drenados, poco profundos, pH ligeramente ácido, MO media, CIC muy alto, SB alta	B	0,392	

CÓDIGO	SUBCUENCA	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	GHS	ÁREA (km ²)	ÁREA TOTAL (km ²)
P11	Quebrada Aguajal	FRANCO	Suelos francos, bien drenados, poco profundos, pH prácticamente neutro, MO media, CIC muy alto, SB alta	B	3,394	3,685
		FRANCO ARCILLOSO	Suelos franco arcillosos, bien drenados, poco profundos, pH medianamente ácido, MO media, CIC alto, SB alta	C	0,289	
		NO APLICABLE	No aplicable	C	0,002	

* GHS Grupo Hidrológico de Suelos

Fuente: IEE-MAGAP, 2017

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

Las unidades de cobertura vegetal y usos de suelo identificadas en las subcuencas de interés, considerando la información de Sistemas Productivos elaborado por IEE y MAGAP, 2017, se incluyen en la Tabla 7-50.

Tabla 7-50 Uso de suelo y cobertura vegetal en las subcuencas del área de estudio

CÓDIGO	SUBCUENCA	USO DEL SUELO	ÁREA (KM ²)	ÁREA TOTAL (km ²)
P1	Quebrada El Carmen	BOSQUE NATIVO	4,1133	6,305
		PASTIZAL	2,1917	
P2	Rio Primavera	BOSQUE NATIVO	15,823	25,9271
		FRUTALES	0,035	
		MÁIZ DURO	0,1589	
		MISCELÁNEO DE FRUTALES	0,0368	
		PASTIZAL	9,8734	
P3	Rio Blanco	BOSQUE NATIVO	113,8132	146,7053
		FRUTALES	0,1847	
		MÁIZ DURO	1,4979	
		MÁIZ SUAVE	0	
		MISCELÁNEO DE CICLO CORTO	1,211	

CÓDIGO	SUBCUENCA	USO DEL SUELO	ÁREA (KM ²)	ÁREA TOTAL (km ²)
		MISCELÁNEO DE FRUTALES	0,0809	
		PARAMO	0,1893	
		PASTIZAL	29,726	
		VEGETACIÓN ARBUSTIVA	0,0023	
P4	Río Golondrinas/Río Goaltal	BOSQUE NATIVO	29,9856	31,6901
		MISCELÁNEO DE CICLO CORTO	0	
		MISCELÁNEO DE FRUTALES	0,0272	
		PASTIZAL	1,6773	
P5	Río Chorro Blanco	BOSQUE NATIVO	35,3012	36,6442
		MAÍZ SUAVE	0	
		MISCELÁNEO DE CICLO CORTO	0,1239	
		PARAMO	0,1893	
		PASTIZAL	1,0275	
		VEGETACIÓN ARBUSTIVA	0,0023	
P6	Río Sin nombre	BOSQUE NATIVO	6,4976	6,4976
P7	Rio Tablas	BOSQUE NATIVO	14,242	15,4104
		MISCELÁNEO DE CICLO CORTO	0,1287	
		PASTIZAL	1,0397	
P8	Rio Gualchán	BOSQUE NATIVO	8,2407	9,5825
		MAÍZ DURO	0,0252	
		MISCELÁNEO DE FRUTALES	0,0368	
		PASTIZAL	1,2798	
P9	Quebrada de Oro	BOSQUE NATIVO	3,8213	3,9753
		MISCELÁNEO DE CICLO CORTO	0,0001	
		PASTIZAL	0,1539	
P10	Quebrada SN	BOSQUE NATIVO	3,3752	3,3855
		PASTIZAL	0,0103	
P11	Quebrada Aguajal	BOSQUE NATIVO	1,2165	3,685
		PASTIZAL	2,1808	
		VEGETACIÓN ARBUSTIVA	0,2877	

Fuente: IEE-MAGAP, 2017

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

En general, la cobertura de bosque alcanza el 76,5% del área total de las subcuencas y la superficie usada para pastos alcanza el 21%.

7.1.9.3 Información hidrológica disponible en estaciones

La subcuenca del río Blanco que se localiza en el área de las concesiones mineras Tres Cerrillos y La Primavera presenta la estación hidrológica H0013 río Blanco A.J. Mira, para contrastar los datos de esta estación se consideran registros de estaciones vecinas al área de estudio.

Las estaciones hidrométricas considerada en el análisis de los caudales se incluyen en la Tabla 7-51, además el periodo de registro de datos hidrológicos.

Tabla 7-51 Ubicación de estaciones y disponibilidad de Información de caudales

CÓDIGO	ESTACIÓN	TIPO	LON. (M)	LAT. (M)	ALTITUD (MSNM)	PERÍODO	INSTITUCIÓN	ÁREA (KM ²)
H0013	Blanco A.J. Mira	LG	805620	10084460	890	1978-2013	INAMHI	155,5
51027030	Quelvi	LG	821650	10134005	975	1981-2002	IDEAM	556,5

LG Limnigráfica

Fuente: INAMHI, IDEAM, febrero 2021
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

El Mapa 14. Mapa de cuencas hidrográficas se muestra la ubicación de las estaciones hidrológicas en relación al área de estudio.

En el Anexo Hidrológico C-1, 4. Hidrología se incluyen los datos hidrológicos de caudales de las estaciones hidrológicas consideradas en el análisis. Los registros de las estaciones del área de estudio corresponden a caudales remanentes, es decir, corresponden a los caudales naturales menos los usos. En el caso de la estación H0013 Blanco A.J. Mira y Quelvi se consideran que los registros corresponden a caudales naturales por cuanto los usos en el área de drenaje de interés son mínimos.

La estación 51027030 Quelvi se toma en cuenta para realizar el análisis de relleno de datos de la serie de caudales medios mensuales de la estación H0013 Blanco A.J. Mira, y observar si los datos hidrológicos en la región son homogéneos.

7.1.9.4 Curva de descarga

Las ecuaciones de las curvas de descarga tienen la siguiente forma (Monsalve, 1999):

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

Donde:

Q = Caudal (m³/s)

H = Nivel del agua (m)

a, b, H₀ = coeficientes

Las ecuaciones de las curvas de descarga definidas por el INAMHI para la estación hidrológica H0013 Blanco A.J. Mira, se presentan en la Tabla 7-52.

Tabla 7-52 Ecuaciones de las curvas de descarga en estaciones hidrológicas

NO.	CÓDIGO	ECUACIÓN	RANGO (M)		PERIODO DE VALIDEZ	
			HMIN	HMAX	DESDE	HASTA
1	H0013	$Q = 27.775 * (H - 0.680)^{1.654}$	0.68	3.10	01/01/1978	21/06/1989
2		$Q = 10.50 * (H - 0.400)^{2.447}$	0.40	4.00	22/06/1989	31/12/1999
3		$Q = 6.668 * (H - 0.150)^{2.909}$	0.15	4.00	01/01/2000	31/12/2013

Fuente: INAMHI, febrero 2021

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

La muestra la curva de descarga del período (2000-2013), para la estación H0013 Blanco A.J. Mira.

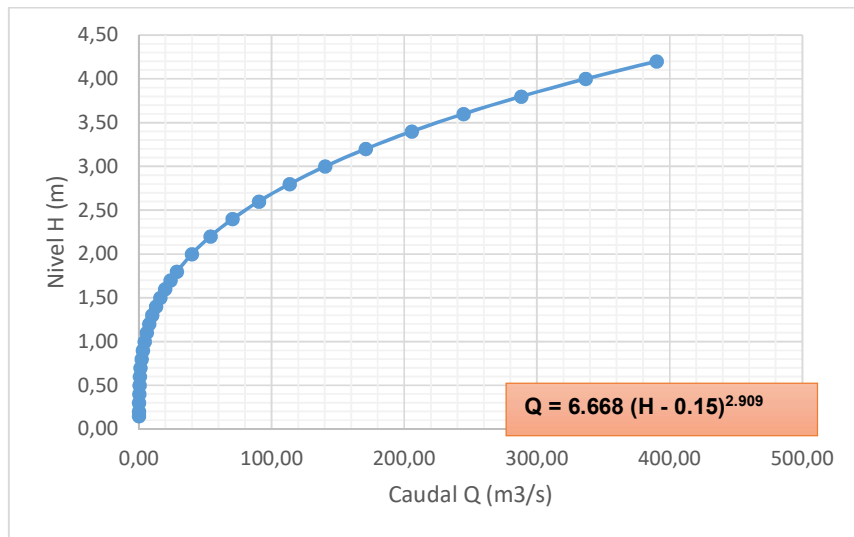


Figura 7-46 Curva de descarga de la estación H0013 Blanco A.J. Mira

Fuente: INAMHI, febrero 2021

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

7.1.9.5 Caudales medios mensuales y anuales en las estaciones hidrológicas

Los caudales medios mensuales registrados en la estación H0013 Blanco A.J. Mira, se incluyen en la Tabla 7-53.

Tabla 7-53 Caudales Medios Mensuales en la estación H0013 Blanco A.J. Mira (m³/s)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
1978					18.58	7.82	7.61	5.17	4.43	8.59	15.36	19.43	10.87
1979		5.81	21.02	17.12	20.79	14.67	4.12	3.16	14.15	13.49	12.12	10.75	12.47
1980	22.18	28.72	15.32	19.57	12.56	7.60	2.00	1.01	1.52	14.42	14.48	16.25	12.97
1981	22.26	23.49	20.75	21.72	18.09	13.54	8.28	6.21	5.26	10.71	21.47	20.50	16.02
1982	31.90	20.17	24.21	22.46	25.66	11.41	7.67	3.88	7.84	29.62	34.31	33.41	21.05
1983	23.94	18.28	32.20	34.28	29.99	20.21	16.70	9.35	0.94	3.36	17.49	28.26	19.58
1984	24.01	29.19	32.10	34.29	29.97	20.21	16.70	9.61	12.47	22.45	14.65	28.80	22.87
1985	30.56	12.21					2.45	1.88	4.76	11.73	14.65		11.18
1986	33.95	30.82	26.94	23.77	25.49	12.32	4.48	2.05	3.25	22.36	24.69		19.10
1987	22.17	8.53	13.06	16.56	14.44	5.20	2.46	5.55	2.52	25.67	21.23	28.98	13.86
1988	30.53	25.17	12.68	20.51	16.81	13.72	9.40	3.49	7.39	8.61	31.90	24.83	17.09
1989	33.36	21.42	21.87	14.10	19.05	13.95	5.45	2.86	7.53	21.66			16.13
1990			14.72	20.36	14.01	5.66	3.74	2.21	1.88	14.86	6.98	8.59	9.30
1991	20.49												20.49
1992				9.20	11.13	6.05	2.70	1.58	5.12	8.42	13.27	17.34	8.31
1993		20.05	23.73		14.58	5.83					21.37	15.14	16.78
1994	29.10	12.28								11.66	15.78	26.24	19.01
1995	16.50	5.12	14.00	20.61	15.11					20.09	26.69	14.77	16.61
1996		26.40	27.37	24.07	23.83	10.28	5.98	3.53	5.11	11.24		11.75	14.96
1997	33.41		24.18	23.64	13.73	21.91	5.65	1.31	1.39	13.99	21.91	17.44	16.23
1998	5.58	13.80	20.63	29.29	21.47	11.18	2.60	1.91	3.82	5.25	26.62		12.92
1999	58.36	46.30	38.28	55.42	41.99	32.39	7.37	3.03	13.23	30.87	30.41	37.21	32.90
2000	37.74	37.52	40.15	39.82	39.79	24.82	12.09	5.16	4.05	5.08	5.00	3.86	21.26
2001	5.78	15.53	5.77	11.43	16.04	10.73	6.86	4.86	3.73	8.73	27.55	35.64	12.72
2002	12.65	7.87	19.00							2.76	2.24	5.90	8.40
2003	8.97	9.84	11.70				7.90	4.47	1.09				7.33

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
2004				96.99	5.52	29.80	22.67	22.60	6.49	8.47	44.91	40.70	30.90
2005	33.64	28.31	24.36	16.81	8.85	6.26	2.71	1.74	1.64	5.01	22.48	14.02	13.82
2006	24.67	25.32	21.98	23.72	22.15	19.22	4.22	1.97	1.58	3.05	21.12	20.90	15.82
2007		7.23	15.18	27.72	20.64	9.15	5.01	2.27	1.32	4.32	6.31	24.99	11.29
2008	34.25	25.79	23.35	28.67	20.72	11.39	5.66	2.88	3.09	8.91	16.31	16.47	16.46
2009													
2010													
2011	29.50	31.60	23.90	27.00	14.80	10.00	5.50	3.90	6.40	6.40	30.80	23.50	17.78
2012	26.40	16.20	14.10	15.30	12.30	3.70	29.50	2.10	2.10	6.30		17.80	13.25
2013	12.20		15.70		17.10	10.40	5.90	5.50	5.80	7.90	15.40	26.80	12.27
Media	25.54	20.48	21.37	26.71	19.49	13.19	7.70	4.32	4.82	12.13	19.91	21.08	16.16
Máx.	58.36	46.30	40.15	96.99	41.99	32.39	29.50	22.60	14.15	30.87	44.91	40.70	96.99
Mín.	5.58	5.12	5.77	9.20	5.52	3.70	2.00	1.01	0.94	2.76	2.24	3.86	0.94

Fuente: INAMHI, febrero 2021

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

El caudal medio mensual determinado para la estación H0013 Blanco A.J. Mira es igual a 16,16 m³/s, que corresponde a un caudal específico de 104 l/s/km².

La Figura 7-47 muestra el comportamiento estacional o la variación a nivel mensual de los caudales del río Blanco, que son representativos del área de estudio.

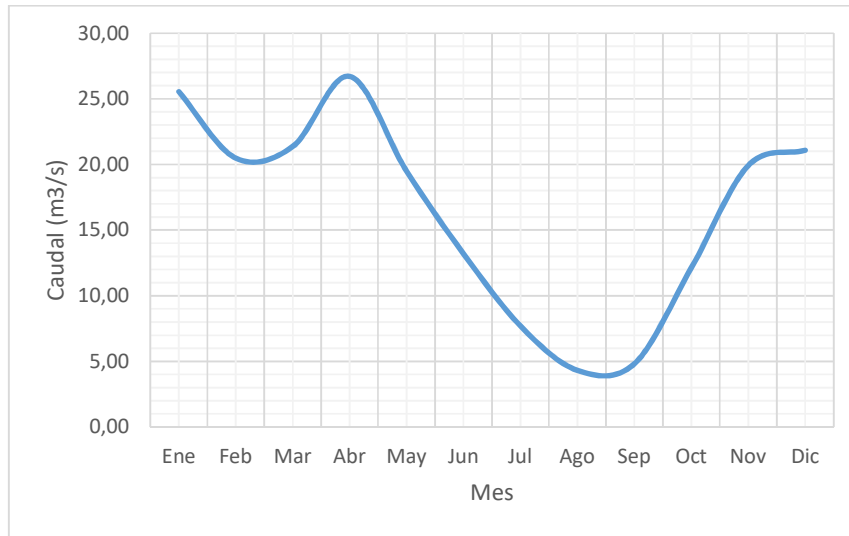


Figura 7-47 Caudales medios mensuales H0013 Blanco A.J. Mira (m³/s)

Fuente: INAMHI, febrero 2021

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

Se observan los mayores caudales en el río Blanco durante el mes de enero y abril, mientras los caudales mínimos se presentan entre julio y septiembre.

La Figura 7-48 presenta la variación cronológica de los caudales medios mensuales de la estación H0013 Blanco A.J. Mira, del período 1978-2013.

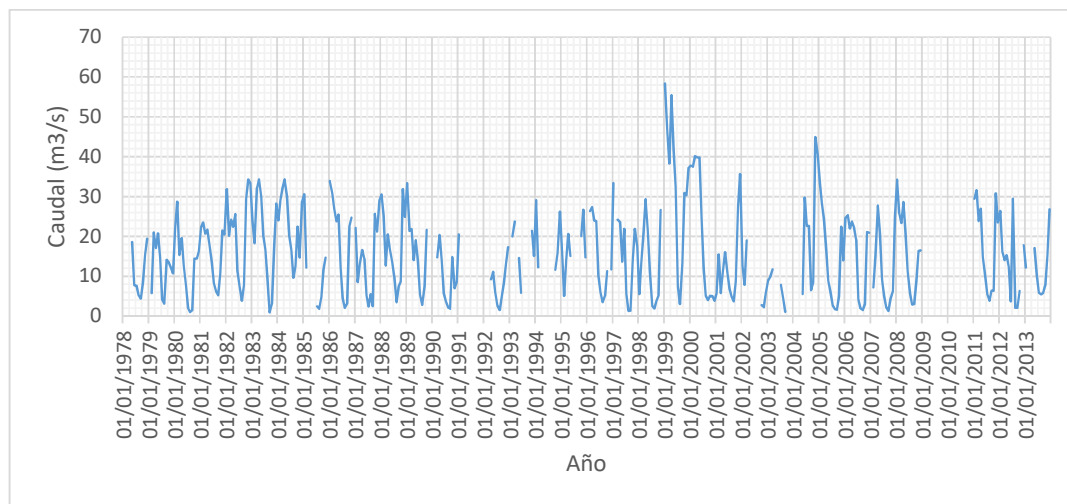


Figura 7-48 Caudales mensuales en la estación H0013 Blanco A.J. Mira (m³/s)

Fuente: INAMHI, febrero 2021

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

La Figura 7-49 muestra el comportamiento estacional de los caudales en el río Quelvi, se observa un comportamiento similar al de la estación H0013 río Blanco A.J. Mira.

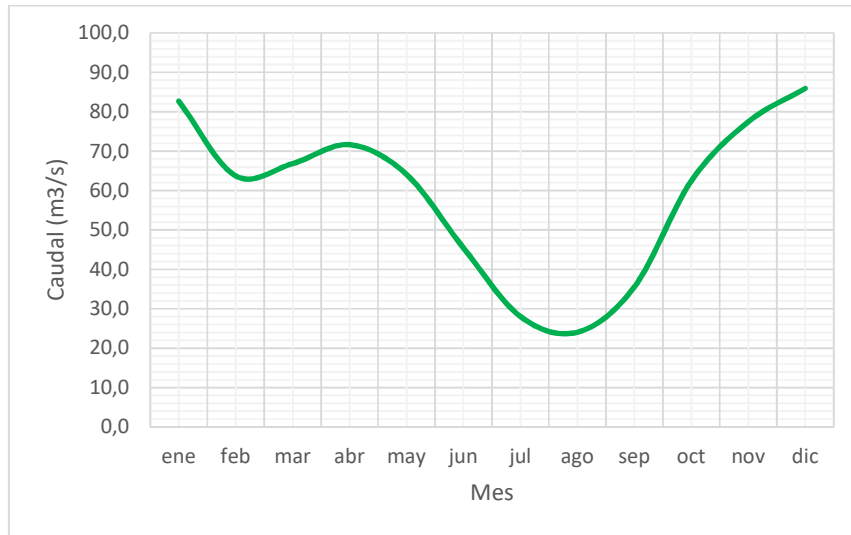


Figura 7-49 Caudales medios mensuales 51027030 río Quelvi (m³/s)

Fuente: IDEAM, febrero 2021

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

Se observan los mayores caudales en el río Quelvi en enero y abril, mientras los caudales más bajos ocurren entre julio y septiembre.

El caudal medio mensual determinado para la estación 51027030 río Quelvi es igual a 59.0 m³/s, que corresponde a un caudal específico de 106 l/s/km².

La Figura 7-50 muestra la serie de los caudales mensuales en la estación 51027030 río Quelvi.

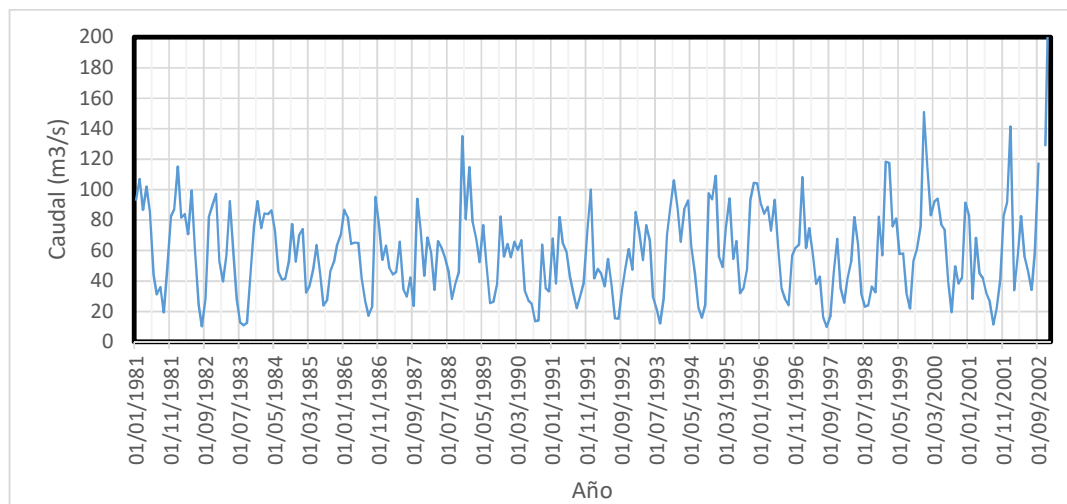


Figura 7-50 Caudales medios mensuales 51027030 río Quelvi (m³/s)

Fuente: IDEAM, febrero 2021

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

Los caudales medios anuales y específicos obtenidos se resumen en la Tabla 7-54. Además, se han determinado las láminas de escorrentía obtenidas para las estaciones hidrológicas consideradas.

Tabla 7-54 Caudales Medios Anuales, específicos y lámina de escurrimiento en las estaciones hidrológicas

CÓDIGO	ESTACIÓN	ÁREA (KM ²)	CAUDAL MEDIO ANUAL (M3/S)	CAUDAL MEDIO ESPECÍFICO (L/S/KM2)	LÁMINA DE ESCURRIMIENTO (MM)
H0013	Blanco A.J. Mira	155,5	16.16	104	3275
51027030	Quelvi	556,5	59.00	106	3343

Fuente: INAMHI, febrero 2021

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

Se ha analizado la correlación entre los caudales medios mensuales de las estaciones hidrológicas H0013 Blanco A.J. Mira y 51027030 río Quelvi, la presenta la regresión lineal, se ha determinado un coeficiente de correlación de $r = 0,74$. A pesar de que la correlación es aceptable, debido a la dispersión de varios valores no se realiza el relleno de la serie de la estación H0013 Blanco A.J. Mira.

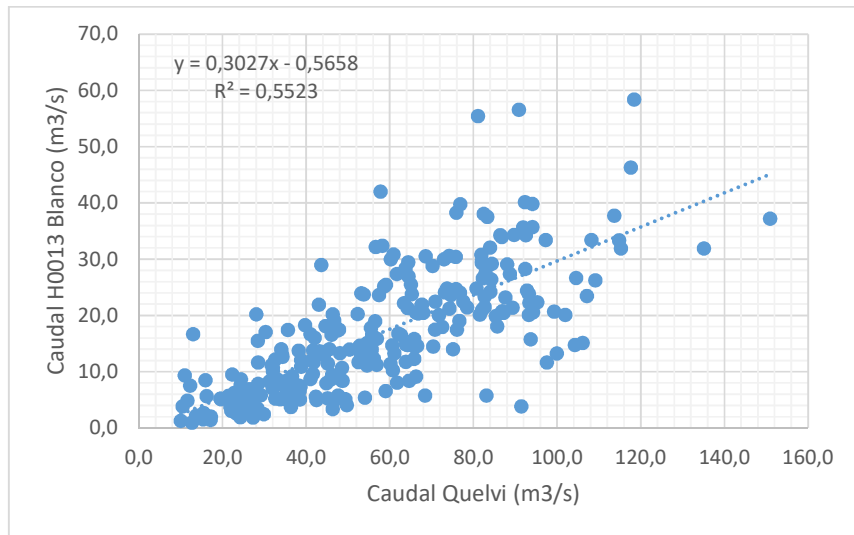


Figura 7-51 Regresión lineal entre Caudales medios mensuales de estaciones hidrológicas

Fuente: INAMHI, IDEAM, febrero 2021

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

7.1.9.6 Caudales característicos, curva de duración general y curvas de variación estacional en la estación H0013 Blanco A.J. Mira y la estación 51027030 Quelvi

Considerando las series de caudales medios mensuales y diarios de la estación H0013 Blanco A.J. Mira, se han determinado los caudales con probabilidad asociada y la Curvas de Duración General (CDG) del río Blanco.

En la Tabla 7-55 se presentan los caudales característicos para la estación H0013 Blanco A.J. Mira estimados con las series a nivel mensual y diario.

Tabla 7-55 Caudales característicos en la estación H0013 Blanco A.J. Mira

PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA (%)	CDG CAUDALES MENSUALES (M ³ /S)	CDG CAUDALES DIARIOS (M ³ /S)
5	34.293	38.468
10	30.564	32.304
15	28.264	28.619
20	25.173	25.696
25	23.641	23.484
30	21.873	21.271
35	20.510	19.131
40	17.800	17.113
45	15.778	15.347
50	14.582	13.305
55	13.494	11.447
60	11.661	9.994
65	9.204	8.500
70	7.821	7.171
75	6.052	6.082
80	5.452	4.908
85	4.432	3.729
90	3.087	2.887
95	2.053	1.926
Qmed	16.155	16.141

Fuente: INAMHI, febrero 2021

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

La Figura 7-52 presenta la curva de duración general de caudales medios diarios en la estación H0013 Blanco A.J. Mira.

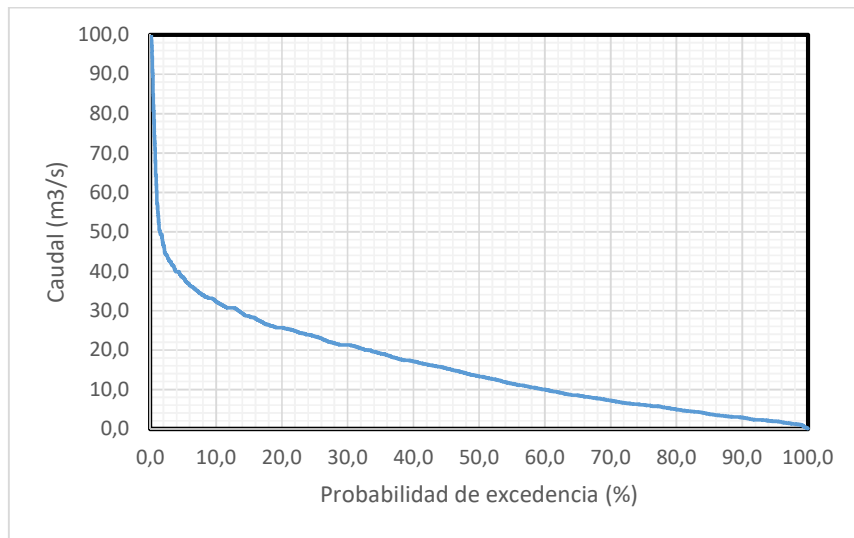


Figura 7-52 Curva de duración general de la estación H0013 Blanco A.J. Mira

Fuente: INAMHI, febrero 2021

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

La curva de duración general (CDG), del río Blanco en valores medios diarios, muestra la gran variabilidad de los caudales a lo largo del año en la zona, los caudales durante eventos de precipitación pueden incrementarse notablemente, provocando crecidas importantes. Se observa una limitada capacidad de regulación natural en la subcuenca del río Blanco, los aportes subterráneos en la cuenca del río Blanco son bajos debido a la limitada infiltración.

Los caudales presentes en el cauce varían principalmente en función de las precipitaciones que ocurren en la zona.

Se observa un comportamiento similar de la curva de duración general en la estación 51027030 río Quelvi.

En la Tabla 7-56 se presentan los caudales característicos para la estación 51027030 río Quelvi estimados con la serie a nivel mensual.

Tabla 7-56 Caudales característicos en la estación 51027030 río Quelvi

PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA (%)	CDG CAUDALES MENSUALES (M3/S)
5	108,20
10	94,05
15	89,30
20	83,92
25	80,70
30	74,20
35	67,99
40	64,42

PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA (%)	CDG CAUDALES MENSUALES (M3/S)
45	60,84
50	56,42
55	52,85
60	47,38
65	44,36
70	40,96
75	35,60
80	32,34
85	28,05
90	24,20
95	17,10
Qmed	59,0

Fuente: IDEAM, febrero 2021

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

La Figura 7-53 presenta la curva de duración general de caudales medios diarios en la estación 51027030 río Quelvi.

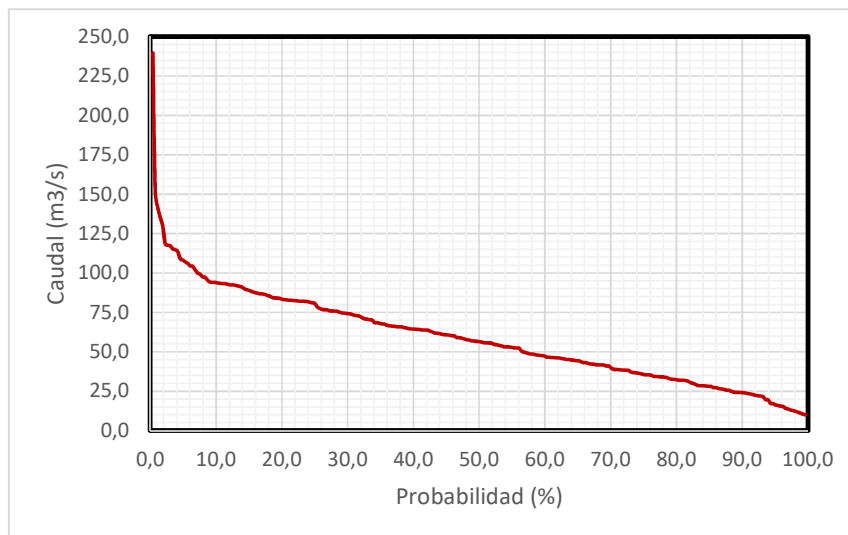


Figura 7-53 Curva de duración general de la estación 51027030 río Quelvi

Fuente: IDEAM, febrero 2021

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

Con el fin de contrastar el comportamiento hidrológico en la zona, se han determinado curvas de duración general adimensionales, dividiendo para el caudal medio de la serie correspondiente.

La Figura 7-54 muestra que las CDG adimensionales son similares por lo que en toda el área de interés se tendrá un comportamiento semejante al de las estaciones analizadas.

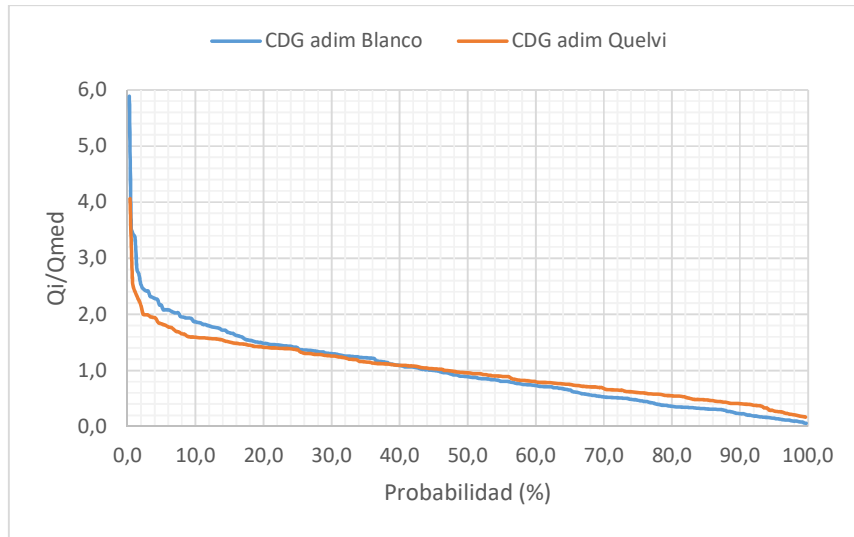


Figura 7-54 Curva de duración general adimensionales en las estaciones analizadas

Fuente: INAMHI, IDEAM, febrero 2021

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

Del análisis realizado, se considera que la información de la estación H0013 Blanco A.J. Mira es adecuada para la caracterización hidrológica del área de estudio de las concesiones mineras Tres Cerrillos y La Primavera.

Se determinaron también las curvas de variación estacional (CVE) para la estación H0013 Blanco A.J. Mira, estimando los valores de caudales con la probabilidad de excedencia asociada para cada mes.

Para determinar los caudales con probabilidad asociada, y se aplicó una distribución de probabilidades tipo Pearson III.

La Tabla 7-57 y la Figura 7-55 muestran los caudales mensuales con probabilidad asociada, determinados para la estación H0013 Blanco A.J. Mira.

Tabla 7-57 Caudales de la Curva de variación estacional caudales mensuales en la estación H0013 Blanco A.J. Mira

PROBABILIDAD %	CAUDAL (M3/S)											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
10%	41,9	32,6	31,9	47,7	30,9	23,3	14,8	11,4	11,5	26,6	31,8	33,9
20%	34,4	26,8	27,2	37,5	26,4	19,2	11,6	8,5	8,8	20,5	26,4	28,3
30%	29,6	23,1	24,1	31,1	23,4	16,5	9,7	6,7	7,2	16,8	22,9	24,7
40%	25,8	20,3	21,7	26,3	21,1	14,4	8,2	5,5	5,9	14,0	20,2	21,8
50%	22,6	17,8	19,5	22,2	19,1	12,6	6,9	4,4	4,9	11,6	17,9	19,4
60%	19,7	15,5	17,5	18,6	17,2	11,0	5,8	3,5	4,0	9,6	15,7	17,1
70%	16,8	13,3	15,6	15,2	15,3	9,4	4,7	2,7	3,2	7,7	13,6	14,9
80%	13,9	11,1	13,5	11,8	13,2	7,8	3,7	1,9	2,4	5,8	11,4	12,5
90%	10,4	8,4	10,9	8,1	10,8	5,9	2,5	1,1	1,5	3,8	8,8	9,7

Fuente: INAMHI, febrero 2021
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

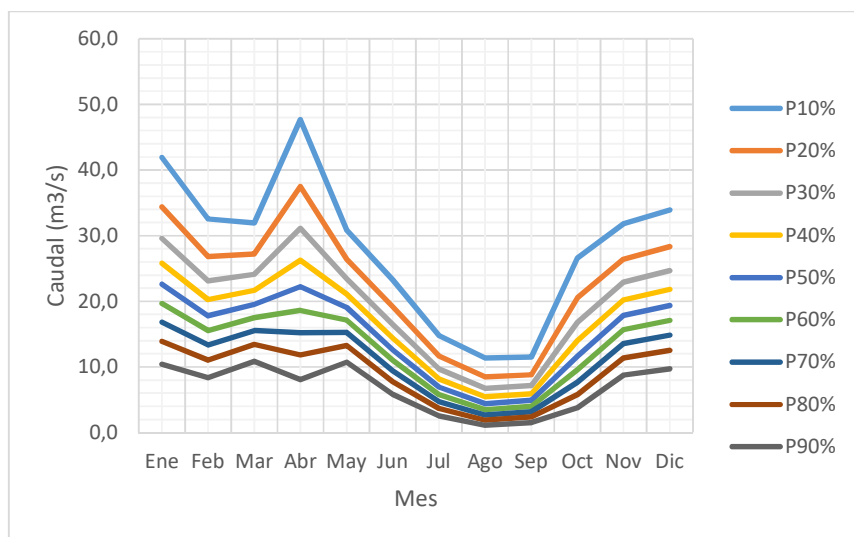


Figura 7-55 Curva de variación estacional de la estación H0013 Blanco A.J. Mira

Fuente: INAMHI, febrero 2021
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

De acuerdo a la variación estacional los meses de julio a septiembre presentan los caudales más bajos.

7.1.9.7 Mediciones de Campo

Se efectuaron mediciones de campo (aforos líquidos) con el propósito de contar con mediciones de referencia, en 9 sitios de interés en las concesiones mineras Tres Cerrillos y La Primavera, con el propósito de contar con información hidrológica directa de la zona de estudio. Un sitio de aforo en el río Blanco fue descartado por el riesgo de realizar la medición en este sitio por el caudal presente y las dificultades para la medición.

Las mediciones hidrológicas (aforos líquidos) en las concesiones mineras Tres Cerrillos y La Primavera, se realizaron entre los días 28 y 31 de enero de 2021.

La ubicación de los sitios de aforos líquidos y de levantamiento de la sección transversal se incluye en la Tabla 7-58

Tabla 7-58 Ubicación de los sitios de Aforos líquidos levantados en campo

NO.	CÓDIGO AFORO	SITIO	FECHA	X (M)	Y (M)	ALTITUD (MSNM)
1	Punto 6	Río Sin Nombre	28/1/2021	817403	10085466	1602
2	Punto 10	Quebrada SN	29/1/2021	815770	10085438	1445
3	Punto 7	Río Tablas	29/1/2021	813838	10087738	1199
4	Punto 4	Río Goaltal o Golondrinas	29/1/2021	817549	10089872	1364
5	Punto 9	Quebrada de Oro	30/1/2021	815839	10089308	1367

NO.	CÓDIGO AFORO	SITIO	FECHA	X (M)	Y (M)	ALTITUD (MSNM)
6	Punto 5	Río Choro Blanco	30/1/2021	817948	10088469	1444
7	Punto 2	Río Primavera	30/1/2021	809507	10086771	1113
8	Punto 1	Quebrada El Carmen	30/1/2021	810277	10090510	1480
9	Punto 8	Río Gualchán	31/1/2021	810483	10089694	1388

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

La metodología utilizada en las mediciones de los aforos líquidos, corresponden al método área-velocidad.

Equipo

- Molinete marca SEBA, eje horizontal.
- Juego de hélices.
- Juego de barras graduadas en cm.
- Contador electrónico de revoluciones.
- Torno, escandallo con estabilizador.
- Cámara de fotos y GPS
- 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 (2.264.250.80) utilizada para la realización de los trabajos de campo fueron:

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

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

7.1.9.7.1 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:

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

La integración de los caudales parciales de segmentos representa el caudal total.

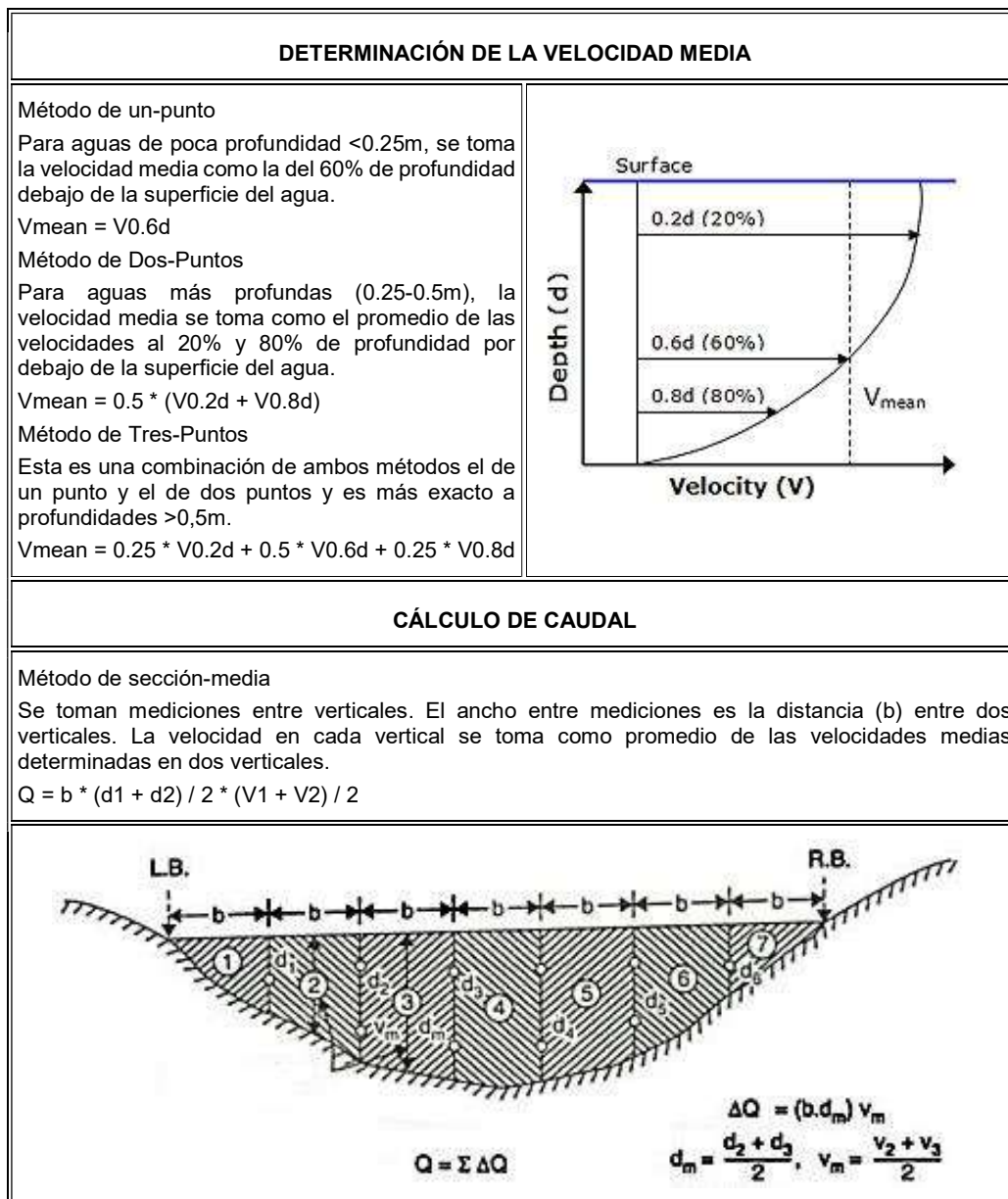


Figura 7-56 Cálculo de aforo – método velocidad área

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

En la Tabla 7-59, se incluye un resumen de los datos levantados en campo.

Tabla 7-59 Resumen de resultados de las mediciones de campo (aforos líquidos)

SITIO	FECHA	HORA INICIO	HORA FIN	LECTURA (M)	CAUDAL (M3/S)	VELOCIDAD (M/S)	ÁREA (M2)	PROFUNDIDAD MÁX. (M)
Río Sin Nombre	28/1/2021	16:11	16:30	S.L.	0,884	1,195	0,740	0,57
Quebrada SN	29/1/2021	9:30	10:00	S.L.	0,531	0,671	0,791	0,40
Río Tablas	29/1/2021	12:53	13:50	S.L.	2,502	3,695	0,677	0,88
Río Goaltal o Las Golondrinas	29/1/2021	11:15	12:03	S.L.	2,175	4,324	0,503	1,12
Quebrada de Oro	30/1/2021	12:40	13:10	S.L.	0,415	1,301	0,319	0,63
Río Choro Blanco	30/1/2021	15:30	16:10	S.L.	3,357	5,943	0,565	1,00
Río Primavera	30/1/2021	9:28	10:33	S.L.	2,018	3,055	0,661	0,69
Quebrada El Carmen	30/1/2021	15:10	15:30	S.L.	1,105	1,170	0,945	0,44
Río Gualchán	31/1/2021	16:20	16:56	S.L.	1,676	2,384	0,661	0,80

*S.L.: Sin Lectura Limnimétrica

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

7.1.9.8 Caudales medios en las subcuencas de las concesiones mineras Tres Cerrillos y La Primavera

Para la estimación de caudales 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 aplicada a la ingeniería, agravándose por la poca cantidad de cuencas aforadas, la discontinuidad de las series y la confiabilidad de los datos disponibles. 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).

En el presente caso para la determinación de los caudales en los sitios de captación propuestos se toman como base los registros de caudales de la estación H013 Blanco A.J. Mira.

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 (ANA, 2010, Método de transferencia hidrológica):

$$\frac{Q_A}{Q_B} = \left(\frac{A_A}{A_B}\right) \times \left(\frac{P_A}{P_B}\right)$$

Dónde

QA Caudal medio anual cuenca A (m³/s)

QB Caudal medio anual cuenca B – estación base H0013 (m³/s)

AA Área de drenaje cuenca A – subcuenca de interés sin datos (km²)

AB Área de drenaje cuenca B – estación base H0013 (km²)

PA Precipitación anual media cuenca A (mm)

PB Precipitación anual media cuenca B (mm)

La precipitación anual en la cuenca de la estación H0013 Blanco A.J. Mira es del orden de a 1950 mm, considerando las isoyetas del Sistema Nacional de Información.

En la Tabla 7-60 se presentan los caudales medios estimados en los sitios de interés asociados a las subcuencas hidrográficas de las concesiones mineras Tres Cerrillos y La Primavera.

Tabla 7-60 Caudal medio anual para las subcuencas de las concesiones mineras Tres Cerrillos y La Primavera

CÓDIGO	NOMBRE SUBCUENCA	ÁREA (KM2)	FACTOR ÁREA AA/AB	FACTOR PRECIPITACIÓN PA/PB	QMED (M3/S)
P4	Río Golondrinas/Río Choaltal	31,69	31,69 / 155,5 = 0,2038	1,960 / 1,950= 1,0051	3,309
P5	Río Chorro Blanco	36,64	36,64 / 155,5 = 0,2357	1,960 / 1,950= 1,0051	3,827
P9	Quebrada de Oro	3,98	3,98 / 155,5 = 0,0256	1,960 / 1,950= 1,0051	0,415
P6	Río Sin Nombre	6,50	6,50 / 155,5 = 0,0418	1,960 / 1,950= 1,0051	0,679
P10	Quebrada Sin Nombre	3,39	3,39 / 155,5 = 0,0218	1,960 / 1,950= 1,0051	0,354
P7	Río Tablas	15,41	15,41 / 155,5 = 0,0991	1,960 / 1,950= 1,0051	1,609
P8	Río Gualchán	9,58	9,58 / 155,5 = 0,0616	1,960 / 1,950= 1,0051	1,001
P1	Quebrada El Carmen	6,30	6,30 / 155,5 = 0,0405	1,960 / 1,950= 1,0051	0,658
P2	Río Primavera	25,93	25,93 / 155,5 = 0,1667	1,950 / 1,950= 1,0000	2,694
P3	Río Blanco	146,71	146,71 / 155,5 = 0,9434	1,950 / 1,950= 1,0000	15,241
P11	Quebrada Aguajal	3,69	3,69 / 155,5 = 0,0237	1,950 / 1,950= 1,0000	0,383

Fuente: INAMHI, febrero 2021

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

La Tabla 7-61 incluye la serie de caudales medios mensuales para la subcuenca del río Golondrinas/Río Goaltal en el sitio P4.

Tabla 7-61 Caudal medios mensuales en el río Golondrinas/Río Goaltal – P4 (m3/s)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
1978					3,805	1,602	1,559	1,058	0,908	1,760	3,146	3,980	2,227
1979		1,190	4,307	3,507	4,258	3,006	0,844	0,646	2,899	2,764	2,483	2,202	2,555
1980	4,543	5,882	3,138	4,008	2,573	1,558	0,410	0,207	0,312	2,954	2,966	3,329	2,656
1981	4,560	4,811	4,250	4,449	3,706	2,774	1,697	1,272	1,078	2,194	4,398	4,199	3,282
1982	6,535	4,132	4,960	4,601	5,255	2,337	1,572	0,794	1,606	6,068	7,027	6,844	4,311
1983	4,903	3,744	6,596	7,023	6,142	4,140	3,421	1,915	0,193	0,688	3,582	5,790	4,011
1984	4,917	5,979	6,576	7,025	6,139	4,140	3,421	1,969	2,554	4,599	3,000	5,899	4,685
1985	6,261	2,502					0,502	0,385	0,976	2,402	3,001		2,290
1986	6,954	6,312	5,519	4,869	5,221	2,524	0,918	0,421	0,665	4,579	5,057		3,913
1987	4,542	1,747	2,676	3,392	2,958	1,064	0,504	1,137	0,516	5,257	4,349	5,936	2,840
1988	6,254	5,156	2,597	4,201	3,444	2,810	1,926	0,716	1,514	1,763	6,534	5,086	3,500
1989	6,834	4,387	4,480	2,888	3,902	2,858	1,117	0,586	1,543	4,436			3,303
1990			3,016	4,170	2,870	1,160	0,766	0,452	0,385	3,043	1,430	1,759	1,905
1991	4,198												4,198
1992				1,885	2,280	1,240	0,552	0,323	1,049	1,725	2,717	3,553	1,703
1993		4,107	4,861		2,987	1,193					4,377	3,100	3,438
1994	5,961	2,516								2,389	3,232	5,376	3,895
1995	3,380	1,048	2,867	4,222	3,096					4,116	5,468	3,025	3,403
1996		5,407	5,607	4,931	4,881	2,105	1,225	0,722	1,047	2,303		2,407	3,063
1997	6,845		4,953	4,843	2,812	4,489	1,157	0,269	0,285	2,865	4,488	3,573	3,325
1998	1,142	2,827	4,226	5,999	4,399	2,289	0,533	0,392	0,782	1,075	5,453		2,647

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
1999	11,953	9,484	7,841	11,352	8,602	6,636	1,510	0,621	2,711	6,324	6,228	7,622	6,740
2000	7,731	7,685	8,224	8,157	8,150	5,083	2,476	1,057	0,829	1,040	1,025	0,790	4,354
2001	1,184	3,182	1,182	2,341	3,285	2,199	1,406	0,995	0,764	1,789	5,644	7,300	2,606
2002	2,591	1,611	3,891							0,566	0,459	1,209	1,721
2003	1,837	2,016	2,396				1,618	0,915	0,224				1,501
2004				19,867	1,130	6,104	4,643	4,629	1,329	1,734	9,199	8,336	6,330
2005	6,890	5,799	4,989	3,444	1,813	1,282	0,556	0,356	0,337	1,026	4,605	2,871	2,831
2006	5,054	5,186	4,503	4,858	4,536	3,937	0,864	0,404	0,323	0,624	4,326	4,282	3,241
2007		1,481	3,109	5,678	4,229	1,875	1,027	0,464	0,270	0,884	1,292	5,120	2,312
2008	7,016	5,283	4,783	5,873	4,244	2,332	1,159	0,590	0,632	1,825	3,341	3,373	3,371
2009													
2010													
2011	6,043	6,473	4,896	5,531	3,032	2,048	1,127	0,799	1,311	1,311	6,309	4,814	3,641
2012	5,408	3,318	2,888	3,134	2,520	0,758	6,043	0,430	0,430	1,290		3,646	2,715
2013	2,499		3,216		3,503	2,130	1,209	1,127	1,188	1,618	3,155	5,490	2,513
Media	5,232	4,195	4,377	5,471	3,992	2,703	1,578	0,884	0,988	2,484	4,079	4,318	3,309
Máx.	11,953	9,484	8,224	19,867	8,602	6,636	6,043	4,629	2,899	6,324	9,199	8,336	19,867
Mín.	1,142	1,048	1,182	1,885	1,130	0,758	0,410	0,207	0,193	0,566	0,459	0,790	0,193

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

7.1.9.9 Curvas de duración general y de variación estacional en las subcuencas de las concesiones mineras Tres Cerrillos y La Primavera

Los caudales con probabilidad de excedencia en las subcuencas consideradas de interés en las concesiones mineras Tres Cerrillos y La Primavera, se presentan en la Tabla 7-62.

Tabla 7-62 Caudales característicos en las subcuencas de las concesiones mineras Tres Cerrillos y La Primavera

CÓDIGO	NOMBRE SUBCUENCA	ÁREA (KM2)	QMED (M3/S)	CAUDAL CON PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA (M3/S)							
				20%	50%	60%	70%	80%	85%	90%	95%
P4	Río Golondrinas/Río Choaltal	31,69	3,309	5,156	2,987	2,389	1,602	1,117	0,908	0,632	0,421
P5	Río Chorro Blanco	36,64	3,827	5,963	3,454	2,762	1,853	1,291	1,050	0,731	0,486
P9	Quebrada de Oro	3,98	0,415	0,647	0,375	0,300	0,201	0,140	0,114	0,079	0,053
P6	Río Sin Nombre	6,50	0,679	1,057	0,612	0,490	0,328	0,229	0,186	0,130	0,086
P10	Quebrada Sin Nombre	3,39	0,354	0,551	0,319	0,255	0,171	0,119	0,097	0,068	0,045
P7	Río Tablas	15,41	1,609	2,507	1,453	1,162	0,779	0,543	0,441	0,307	0,205
P8	Río Gualchán	9,58	1,001	1,559	0,903	0,722	0,484	0,338	0,275	0,191	0,127
P1	Quebrada El Carmen	6,30	0,658	1,026	0,594	0,475	0,319	0,222	0,181	0,126	0,084
P2	Río Primavera	25,93	2,694	4,197	2,431	1,944	1,304	0,909	0,739	0,515	0,342
P3	Río Blanco	146,71	15,241	23,749	13,757	11,001	7,379	5,144	4,181	2,912	1,937
P11	Quebrada Aguajal	3,69	0,383	0,597	0,346	0,276	0,185	0,129	0,105	0,073	0,049

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021
 Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

La Figura 7-57 muestra a manera de ejemplo, la curva de duración general a nivel diario del río Golondrinas/Río Goaltal.

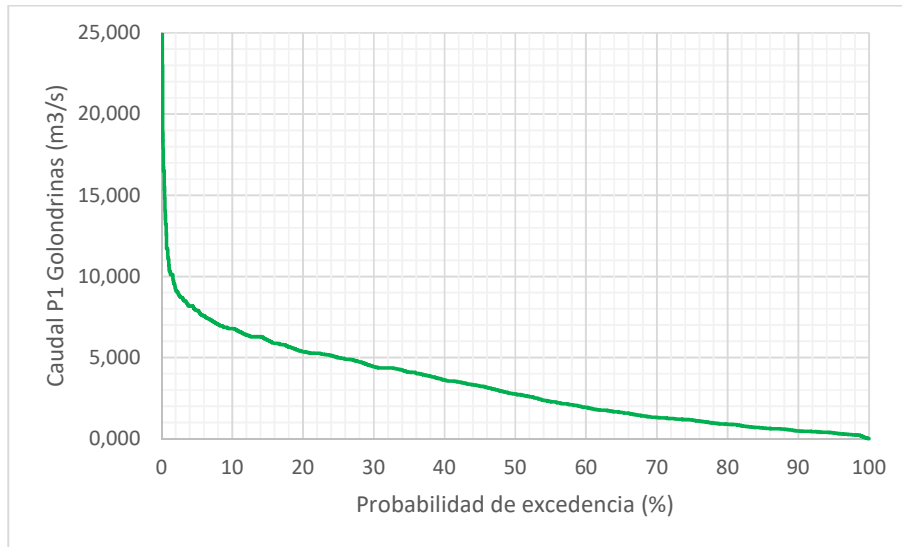


Figura 7-57 Curva de Duración General en el río Golondrinas/Río Goaltal

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

La Tabla 7-63 y en la Figura 7-58 presentan los caudales de la curva de variación estacional en el río Golondrinas/Río Goaltal.

Tabla 7-63 Caudales con probabilidad Curva de variación estacional río Golondrinas/Río Goaltal

PROBABILIDAD %	CAUDAL (M³/S)											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
10%	8,351	7,035	6,563	10,199	6,253	4,735	3,305	1,989	1,968	4,634	6,698	6,884
20%	7,026	5,797	5,663	8,015	5,302	3,828	2,447	1,412	1,497	3,640	5,569	5,795
30%	6,161	4,999	5,066	6,644	4,678	3,250	1,927	1,071	1,207	3,017	4,837	5,084
40%	5,480	4,377	4,591	5,602	4,185	2,804	1,546	0,827	0,991	2,544	4,264	4,523
50%	4,891	3,844	4,174	4,733	3,756	2,425	1,238	0,635	0,813	2,149	3,772	4,038
60%	4,345	3,357	3,784	3,960	3,358	2,083	0,975	0,477	0,659	1,797	3,319	3,589
70%	3,809	2,884	3,394	3,234	2,965	1,755	0,740	0,341	0,518	1,467	2,876	3,148
80%	3,241	2,392	2,974	2,509	2,546	1,419	0,520	0,220	0,381	1,138	2,412	2,680
90%	2,555	1,810	2,452	1,707	2,036	1,031	0,300	0,110	0,238	0,774	1,859	2,115

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

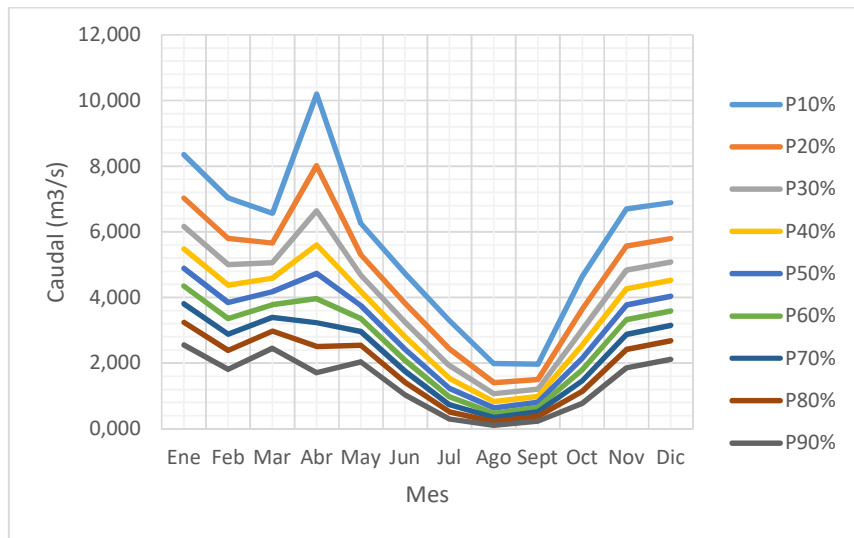


Figura 7-58 Curva de variación estacional del río Golondrinas/Río Goaltal

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

Con el fin de validar el modelo de caudales se ha contrastado los caudales medios estimados en cada subcuenca con las mediciones realizadas, además se ha comparado con las curvas de variación estacional. Los caudales medidos determinan probabilidades del 40% al 80% considerando los caudales de las subcuencas de interés para el mes de enero. Dado que los caudales estimados están dentro del rango de los caudales probables de ocurrir en las diferente subcuencas, se considera adecuado el modelo de estimación de caudales medios mensuales.

7.1.9.10 Usos de agua

De acuerdo con la información del banco nacional de autorizaciones del 2014 (Senagua), se identifican 12 autorizaciones para el uso y aprovechamiento del recurso hídrico que totalizan un caudal de 76 L/s.

La Tabla 7-64 resume las autorizaciones para el uso y aprovechamiento del recurso hídrico en las subcuencas del río Blanco asociadas a las concesiones mineras Tres Cerrillos y La Primavera.

Tabla 7-64 Sitios de autorizaciones para uso y aprovechamiento de agua en las subcuencas del río Blanco

CÓDIGO	SUBCUENCA	TIPO DE USO	NÚMERO DE AUTORIZACIONES	CAUDAL (L/S)
P5	Río Chorro Blanco	Doméstico	1	4,00
P9	Quebrada de Oro	Piscícola	2	40,00
P3	Río Blanco	Abrevadero	3	1,53
		Riego	2	2,52
		Doméstico	4	27,95
Total			12	76,00

Fuente: SENAGUA, 2014
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

7.1.9.11 Caudal ecológico

El caudal ecológico se define como aquel que mantiene el funcionamiento, composición y estructura del ecosistema fluvial en condiciones naturales, a partir del cual, se asegura el buen estado de un curso de agua, la preservación del hábitat natural (flora y fauna) y de las funciones ambientales, tales como purificación de aguas, amortiguación de crecidas, recreación, pesca, energía, etc.

Para la determinación de los caudales ecológicos, a manera de referencia, se aplica el método de Tennant, ampliamente usado en la ingeniería nacional, es decir, que el caudal ecológico será al menos al 10% del caudal medio anual. Considerando, también que este criterio se observa en el Registro Oficial No. 41, del 14 de marzo de 2007, donde el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica del Ecuador (MAAE), mediante Acuerdo Ministerial N° 155, emitió las “Normas para la determinación del caudal ecológico y el régimen de los caudales ecológicos en los sectores hidrográficos respectivos”.

Los caudales ecológicos estimados para las subcuencas de las concesiones mineras Tres Cerrillos y La Primavera, deberían ser al menos el 10% del caudal medio anual generado por cada subcuenca, la Tabla 7-65 se incluyen los caudales ecológicos en cada subcuenca.

Tabla 7-65 Caudal ecológico en las subcuencas de estudio

CÓDIGO	NOMBRE SUBCUENCA	ÁREA (KM2)	QMED (M3/S)	QECOLÓGICO (M3/S)
P4	Río Golondrinas/Río Goaltal	31,69	3,309	0,331
P5	Río Chorro Blanco	36,64	3,827	0,383
P9	Quebrada de Oro	3,98	0,415	0,042
P6	Río Sin Nombre	6,50	0,679	0,068
P10	Quebrada Sin Nombre	3,39	0,354	0,035
P7	Río Tablas	15,41	1,609	0,161
P8	Río Gualchán	9,58	1,001	0,100
P1	Quebrada El Carmen	6,30	0,658	0,066
P2	Río Primavera	25,93	2,694	0,269
P3	Río Blanco	146,71	15,241	1,524
P11	Quebrada Aguajal	3,69	0,383	0,038

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, enero 2019
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, enero 2019

7.1.9.12 Caudales máximos en las subcuencas de las concesiones mineras Tres Cerrillos y La Primavera- método probabilístico

Para la determinación de los caudales máximos con período de retorno en las subcuencas de estudio asociadas a las concesiones mineras Tres Cerrillos y La Primavera se realiza el análisis estadístico probabilístico de los caudales máximos en la estación hidrológica H0013 Blanco A.J. Mira.

Una vez determinados los caudales en el sitio de la estación, se estiman los caudales máximos en los sitios de las subcuencas considerando la proporcionalidad de las áreas de drenaje.

El análisis de frecuencias hidrológicas para la determinación de la magnitud de eventos se realiza observando el mejor ajuste de una distribución de probabilidades. De acuerdo con Chow (1951), la técnica analítica de frecuencias puede ser reducida a la forma:

$$Q_{max TR} = \overline{Q_{m\acute{a}x}} + S KT$$

$Q_{max TR}$ – caudal máximo con periodo de retorno T_r

$\overline{Q_{m\acute{a}x}}$ - valor medio de los caudales máximos anuales

S Desviación estándar

KT Factor de frecuencia, propios de cada distribución de probabilidad.

Para el análisis de los caudales máximos se han considerado los registros de la estación H013 Blanco AJ Mira que tiene registro del período 1978-2013.

Los datos de caudales máximos instantáneos se muestran a continuación en la Tabla 7-66.

Tabla 7-66 Caudales máximos instantáneos en la estación H0013 Blanco A.J. Mira

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	QMÁX
1978						12,94	11,61	5,85	10,96		29,17		29,17
1979		7,97	37,04	41,24	41,24	33,50	5,36	7,97		38,59	24,20	22,06	41,24
1980	49,61	46,75		29,64	24,20	14,32	4,22	2,27	6,62	24,20	26,41	26,41	49,61
1981	33,50	36,01	25,07	41,24	49,61	24,20	12,60	15,40	9,72	19,20	42,87	41,24	49,61
1982	42,87	32,52	77,52	46,19	51,94	21,85	21,23	6,10	31,55	83,83	91,05	82,06	91,05
1983	46,75	47,60	66,16	52,83	78,21	45,91	42,32		2,27	24,20	38,59	43,96	78,21
1984	38,59	43,96	66,16	52,83	78,21	45,91	42,59	31,55	43,96	44,52	33,50	46,19	78,21
1985	39,64	32,52					11,61	7,69	26,19	44,52			44,52
1986	94,76	61,69	43,96	57,34	45,35	32,52	5,98	9,87	29,40	99,28	38,59		99,28
1987	51,65	30,35	43,14	40,71		16,13	6,62	12,60	12,60	42,87	34,50	42,32	51,65
1988	37,81	57,04	41,78	51,94	36,01	30,97	22,69	12,94	26,64	26,86	51,35	42,05	57,04
1989	62,95	26,41	36,27	33,01	39,64	44,52	17,77	6,85	26,51				62,95
1990			23,92	32,16	23,92	9,99	6,46	3,26	2,89	32,16	15,74	36,29	36,29
1991	32,16												32,16
1992				16,40	24,77	12,68	7,06	1,93	15,74	28,32	23,92	33,16	33,16
1993		34,71	34,71		23,09	10,50					50,50	33,16	50,50
1994	103,75	28,32								23,09	30,69	46,07	103,75
1995	35,76	13,26	21,88	33,16	24,77						62,28	25,63	62,28
1996		41,88	71,49				11,83					34,71	71,49
1997	60,82				23,09	38,47	11,83			64,52		44,24	64,52
1998										11,29	38,47		38,47

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	QMÁX
1999			89,45	98,84		38,47				33,16	35,76	69,91	98,84
2000	53,81	53,81	53,81			50,82	32,30			10,79	10,53	10,01	53,81
2001	19,65	161,33	24,77	80,06		24,77		10,79	8,12	19,65	39,92	49,36	161,33
2002	30,16	16,66	42,48							7,69		39,92	42,48
2003	11,06	16,31	13,99				16,31	6,67	5,92		39,92	26,65	39,92
2004				336,59	24,31	155,13	26,65	28,12	7,27			52,30	336,59
2005		49,36	27,13	25,70	17,38	8,57	6,29	2,27	2,27			25,70	49,36
2006		36,27	25,70	36,27	35,10	25,70	5,92	2,36	1,99	8,57	36,27	30,68	36,27
2007		12,76	30,68	56,93	21,27		5,74		2,27	6,29	6,86	30,68	56,93
2008	65,22		36,27	36,27	30,68	21,27	8,57	3,48	30,68	23,86	42,48	21,27	65,22
2009													
2010													
2011	36,46	37,35	26,69	29,76	23,12	11,64	7,49	6,44	6,44	6,44	36,46	26,69	37,35
2012	39,17	2,98	14,10	49,33	13,84	5,80	36,46	2,11	30,56			26,69	49,33
2013	14,36		19,84		20,15	14,10	9,44	5,49	7,31	38,26	38,26	37,35	38,26

Fuente: INAMHI, febrero 2021

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

Se ha aplicado una distribución Pearson III para la determinación de los caudales máximos con periodo de retorno asociado, los resultados se incluyen en la Tabla 7-67.

Tabla 7-67 Caudales máximos con periodo de retorno en la estación H0013 Blanco A.J. Mira

PERÍODO DE RETORNO TR (AÑOS)	QMÁX (M ³ /S)
5	117,0
10	155,9
25	205,4
50	241,9
100	277,9

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

El caudal específico máximo, para un periodo de retorno de 100 años, es del orden de 1,8 m³/s/km².

Se efectuó el cálculo de los caudales máximos en las subcuencas transponiendo los caudales máximos mediante relación de áreas entre la estación base H0013 Blanco A.J. Mira y las subcuencas del área de las concesiones mineras Tres Cerrillos y La Primavera.

En la Tabla 7-68 se incluyen los caudales máximos para las subcuencas.

Tabla 7-68 Caudales máximos con periodo de retorno para las subcuencas de interés – método probabilístico

CÓDIGO	SUBCUENCA	ÁREA (KM ²)	QMÁX TR5 (M ³ /S)	QMÁX TR10 (M ³ /S)	QMÁX TR25 (M ³ /S)	QMÁX TR50 (M ³ /S)	QMÁX TR100 (M ³ /S)
P4	Río Golondrinas/Río Goaltal	31,69	23,9	31,8	41,9	49,3	56,6
P5	Río Chorro Blanco	36,64	27,6	36,7	48,4	57,0	65,5
P9	Quebrada de Oro	3,98	3,0	4,0	5,3	6,2	7,1
P6	Río Sin Nombre	6,50	4,9	6,5	8,6	10,1	11,6
P10	Quebrada Sin Nombre	3,39	2,5	3,4	4,5	5,3	6,1
P7	Río Tablas	15,41	11,6	15,5	20,4	24,0	27,5
P8	Río Gualchán	9,58	7,2	9,6	12,7	14,9	17,1
P1	Quebrada El Carmen	6,30	4,7	6,3	8,3	9,8	11,3
P2	Río Primavera	25,93	19,5	26,0	34,2	40,3	46,3
P3	Río Blanco	146,71	110,4	147,1	193,8	228,3	262,2
P11	Quebrada Aguajal	3,69	2,8	3,7	4,9	5,7	6,6

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

7.1.9.13 Caudales Máximos en las subcuencas de las concesiones mineras Tres Cerrillos y La Primavera- método del hidrograma unitario sintético

Los caudales máximos con período de retorno de las subcuencas de interés estimados mediante el método estadístico probabilístico determinan caudales relativamente bajos considerando que las precipitaciones y las intensidades máximas de lluvia que ocurren en la subcuenca del río Blanco son importantes. Por tanto, con el fin de contrastar los caudales máximos con período de retorno estimados, se realiza el cálculo aplicando el método del hidrograma unitario sintético del SCS.

Para la aplicación del método del hidrograma unitario sintético del SCS se utiliza el programa computacional HEC HMS v 4.7.

Se simplifica la modelación hidrológica a nivel de eventos de tormenta, con el fin de determinar los caudales e hidrogramas de crecida para períodos de retorno (T_r) de 5, 10, 25, 50, y 100 años.

El modelo de cuenca incluye información sobre las características físicas de las subcuencas, datos para el cálculo de pérdidas por infiltración (Número de Curva), parámetros de la forma del hidrograma unitario (tiempo de retardo) para la transformación de la precipitación efectiva en caudal, y el caudal base o aporte subterráneo al hidrograma de crecida.

Por otro lado, el modelo meteorológico incluye los hidrogramas de precipitación con período de retorno, considerando los patrones de tormenta tipo Huff del segundo cuartil.

7.1.9.13.1 Ponderación Número de Curva (cálculo de pérdidas)

Para la determinación de las pérdidas por infiltración en las subcuencas de interés durante un evento de tormenta se considera el método del número de curva (NC), por lo cual en función del tipo de suelo (grupos hidrológicos) y de la cobertura vegetal y uso del suelo se pondera el número de curva para las subcuencas de interés.

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.

La Tabla 7-69 incluye los valores de los números de curva en función del tipo de suelo y cobertura vegetal en cada subcuenca y el valor del número de curva ponderado

Tabla 7-69 Número de curva NC ponderado para cada subcuenca de interés

SUBCUENCA	USO DEL SUELO	TIPO DE SUELO ÁREA (KM2)			NÚMERO DE CURVA (NC)			A*NC	NC POND.
		B	C	D	B	C	D		
Río Golondrinas/ Río Goaltal P4	BOSQUE NATIVO	23,762	6,224		65	76	82	2017,5	67,5
	MISCELÁNEO DE CICLO CORTO	0,000			75	83	86	0,0	
	MISCELÁNEO DE FRUTALES	0,022	0,005		67	77	83	1,9	
	PASTIZAL	1,348	0,329		69	79	84	119,0	
Río Chorro Blanco P5	BOSQUE NATIVO	33,752	1,549		65	76	82	2311,6	65,6
	MAÍZ SUAVE	0,000			76	84	88	0,0	
	MISCELÁNEO DE CICLO CORTO	0,124			75	83	86	9,3	
	PARAMO	0,189			58	71	78	11,0	
	PASTIZAL	0,787	0,240		69	79	84	73,3	
	VEGETACIÓN ARBUSTIVA	0,002			67	77	83	0,2	
Quebrada de Oro P9	BOSQUE NATIVO	3,821			65	76	82	248,4	65,2
	MISCELÁNEO DE CICLO CORTO	0,000			75	83	86	0,0	
	PASTIZAL	0,154			69	79	84	10,6	
Río Sin Nombre P6	BOSQUE NATIVO	5,824	0,674		65	76	82	429,8	66,1
Quebrada SN P10	BOSQUE NATIVO	2,964	0,411		65	76	82	223,9	66,3
	PASTIZAL	0,010			69	79	84	0,7	
Río Tablas P7	BOSQUE NATIVO	1,669	2,701		65	76	82	313,7	72,4
	MISCELÁNEO DE CICLO CORTO	0,082	0,046		75	83	86	10,0	
	PASTIZAL	0,504	0,525		69	79	84	76,3	
Río Gualchán P8	BOSQUE NATIVO	6,031	2,209		65	76	82	559,9	68,7
	MAÍZ DURO	0,002	0,023		76	84	88	2,1	

SUBCUENCA	USO DEL SUELO	TIPO DE SUELO ÁREA (KM2)			NÚMERO DE CURVA (NC)			A*NC	NC POND.
		B	C	D	B	C	D		
	MISCELÁNEO DE FRUTALES		0,037		75	83	86	3,1	
	PASTIZAL	0,790	0,490		69	79	84	93,2	
	Quebrada El Carmen P1	BOSQUE NATIVO	4,098		0,016	65	76	82	
PASTIZAL	2,152		0,039	69	79	84	151,8		
Rio Primavera P9	BOSQUE NATIVO	2,967	0,502		65	76	82	231,0	69,1
	FRUTALES	0,035			67	77	83	2,3	
	MAÍZ DURO	0,019	0,115		76	84	88	11,1	
	PASTIZAL	5,596	0,805	0,001	69	79	84	449,8	
Rio Blanco P3	BOSQUE NATIVO	6,351	8,290		65	76	82	1042,8	73,5
	FRUTALES	0,070	0,080		67	77	83	10,8	
	MAÍZ DURO	0,121	1,218		76	84	88	111,5	
	MISCELÁNEO DE CICLO CORTO	0,230	0,729		75	83	86	77,7	
	MISCELÁNEO DE FRUTALES	0,017			67	77	83	1,1	
	PASTIZAL	7,411	8,543		69	79	84	1186,3	
Quebrada Aguajal P11	BOSQUE NATIVO	0,928	0,288		65	76	82	82,2	68,4
	PASTIZAL	2.178	0.003		69	79	84	150,5	
	VEGETACIÓN ARBUSTIVA	0.288			67	77	83	19,3	

Fuente: IEE-MAGAP, 2017

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

7.1.9.13.2 Tiempo de concentración, duración de la tormenta y tiempo de retardo del hidrograma unitario sintético SCS

Se calculó el tiempo de concentración, aplicando varias ecuaciones las cuales se detallan a continuación:

- Kirpich

$$t_c = 0,0078 \times L_p^{0,77} \times S^{-0,385}$$

t_c - tiempo de concentración, (min);

S - pendiente promedio del cauce principal, (m/m);

Lp - longitud del cauce (pies); y,

- Ventura

$$T_c = a \frac{S^{0,5}}{i}, \text{ siendo } 0,005 \leq a \leq 0,5$$

$$a = \frac{L}{\sqrt{S}}$$

i= pendiente media del cauce principal (%),

S= área de la cuenca (km²),

L= longitud del cauce principal (km),

a= alejamiento medio

Giandotti

$$T_c = \frac{4 \times \sqrt{A} + 1,15 \times L}{25,3 \times \sqrt{S} \times L}$$

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, (km²);

- Témez

$$T_c = \left(\frac{L}{S^{0,25}} \right)^{1,76}$$

Tc: Tiempo de concentración en horas,

L: Longitud del cauce principal en kilómetros,

S: Diferencia de cotas sobre L en porcentaje.

Se considera la duración de la tormenta como el promedio del tiempo de concentración, considerando una tormenta sobre toda el área del río Blanco. En la Tabla 7-70 se resumen los valores obtenidos.

Tabla 7-70 Tiempo de concentración de las subcuencas de las concesiones mineras Tres Cerrillos y La Primavera

CÓDIGO	SUBCUENCA	ÁREA	TC KIRPICH	TC VENTURA	TC TEMEZ	TC GIANDOTTI	TC PROMEDIO
		KM ²	(MIN)	(MIN)	(MIN)	(MIN)	(MIN)
P3	Río Blanco	146,71	138	379	350	124	248

Fuente: IGM, abril 2017

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo2021

La duración de la tormenta considerada es 240 minutos.

Considerando el tiempo de concentración promedio en cada subcuenca y que el hidrograma unitario sintético del SCS define el parámetro del tiempo de retardo como 0,6 el tiempo de concentración, se ha estimado el tiempo de retardo para cada subcuenca, ver la Tabla 7-71.

Tabla 7-71 Tiempo de retardo de las subcuencas de las concesiones mineras Tres Cerrillos y La Primavera

CÓDIGO	SUBCUENCA	ÁREA PARCIAL	TC	TR TIEMPO DE RETARDO
		KM ²	(MIN)	(MIN)
P4	Río Golondrinas/Río Goaltal	31,69	99	60
P5	Río Chorro Blanco	36,64	115	69
P9	Quebrada de Oro	3,98	34	20
P6	Río Sin Nombre	6,50	48	29
P10	Quebrada Sin Nombre	3,39	38	23
P7	Río Tablas	5,53	52	31
P8	Río Gualchán	9,58	59	36
P1	Quebrada El Carmen	6,30	46	27
P2	Río Primavera	10,04	78	47
P3	Río Blanco	33,06	156	94
P11	Quebrada Aguajal	3,69	44	26

Fuente: IGM, abril 2017

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

7.1.9.13.3 Caudal base

Los caudales mínimos registrados en la estación H0013 Blanco A.J. Mira están en el orden de 0,94 m³/s, se considera que los caudales más bajos registrados corresponden al aporte subterráneo durante la época de estiaje. Los caudales mínimos registrados corresponden aproximadamente a un caudal específico de 5 L/s/km². Los caudales base o aporte subterráneo considerado para el hidrograma de crecida se incluyen en la Tabla 7-72.

Tabla 7-72 Caudal base estimado para las subcuencas de interés

CÓDIGO	SUBCUENCA	ÁREA PARCIAL	QB CAUDAL BASE
		KM ²	(M ³ /S)
P4	Río Golondrinas/Río Goaltal	31,69	0,158
P5	Río Chorro Blanco	36,64	0,183
P9	Quebrada de Oro	3,98	0,020
P6	Río Sin Nombre	6,50	0,033
P10	Quebrada Sin Nombre	3,39	0,017
P7	Río Tablas	5,53	0,028
P8	Río Gualchán	9,58	0,048
P1	Quebrada El Carmen	6,30	0,032
P2	Río Primavera	10,04	0,050
P3	Río Blanco	33,06	0,165
P11	Quebrada Aguajal	3,69	0,018

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

7.1.9.13.4 Precipitación máxima para el evento de tormenta de duración 240 minutos

La zona de las concesiones mineras Tres Cerrillos y La Primavera se encuentran en la zona 41 de la regionalización propuesta por el INAMHI, las ecuaciones de intensidades máximas de precipitación para esta zona son las siguientes:

$$\begin{aligned} \text{Si: } 5 \text{ min} < t < 70 \text{ min:} & \quad I_{Tr} = 75,787 t^{-0,417} \text{ Id. Tr} \\ \text{Si: } 70 \text{ min} < t < 1440 \text{ min:} & \quad I_{Tr} = 447,08 t^{-0,833} \text{ Id. Tr} \end{aligned}$$

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).

A través de las ecuaciones se establecen las precipitaciones para la duración del evento de tormenta crítico (240 minutos) para las subcuencas del río Blanco que se consideran de interés y para diferentes períodos de retorno.

La Tabla 7-73 muestra las ecuaciones intensidad – duración – período de retorno de la zona para diferentes periodos de retorno.

Tabla 7-73 Ecuaciones de intensidad de lluvia para la Zona 41

PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	ECUACIONES		INTENSIDADES, 24 H MM
	5 MIN < T < 71,3 MIN	71,3 MIN < T < 1440	
5	$I = 312,24 t^{-0,417}$	$I = 1841,97 t^{-0,833}$	4,12
10	$I = 351,65 t^{-0,417}$	$I = 2074,45 t^{-0,833}$	4,64

PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	ECUACIONES		INTENSIDADES, 24 H MM
	5 MIN < T < 71,3 MIN	71,3 MIN < T < 1440	
25	$I = 403,19 t^{-0,417}$	$I = 2378,47 t^{-0,833}$	5,32
50	$I = 442,60 t^{-0,417}$	$I = 2610,95 t^{-0,833}$	5,84
100	$I = 482,76 t^{-0,417}$	$I = 2847,90 t^{-0,833}$	6,37

Fuente: INAMHI, 2019

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

La Tabla 7-74 se presentan los valores de intensidades de precipitación determinados para el área de estudio.

Tabla 7-74 Intensidad de lluvia máxima para la Zona 41 (mm/h)

PERÍODO DE RETORNO (AÑOS)	DURACIÓN (MIN)									
	5	15	30	60	120	240	360	480	720	1440
5	159,6	100,9	75,6	56,6	42,4	19,2	13,7	10,8	7,7	4,3
10	179,7	113,7	85,1	63,8	47,8	21,6	15,4	12,1	8,6	4,9
25	206,1	130,3	97,6	73,1	54,8	24,8	17,7	13,9	9,9	5,6
50	226,2	143,1	107,2	80,3	60,1	27,2	19,4	15,3	10,9	6,1
100	246,8	156,1	116,9	87,5	65,6	29,6	21,1	16,6	11,9	6,7

Fuente: INAMHI, 2019

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

La Figura 7-59 muestra la variación de las intensidades de lluvia con la duración y el período de retorno, para la zona de interés.

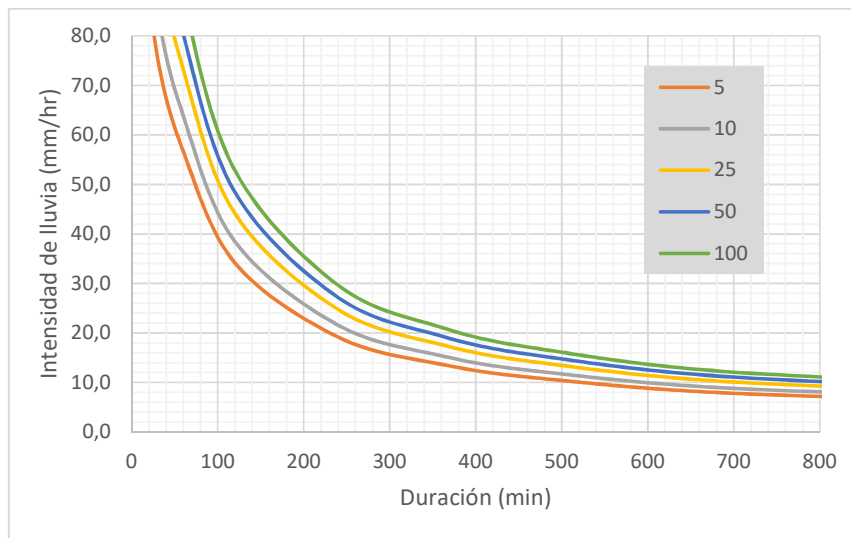


Figura 7-59 Curva intensidad – duración – período de retorno zona 41

Fuente: INAMHI, 2019

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

En la tabla a continuación se presentan las láminas de precipitación con período de retorno para una duración de 240 minutos.

Tabla 7-75 Lámina de precipitación con período de retorno para el evento de tormenta crítica (mm/h)

Tabla 7-75 Lámina de precipitación a distintos periodos de retorno

PERÍODO DE RETORNO TR (AÑOS)	PRECIPITACIÓN MÁXIMA(MM) D = 240 MIN
5	76,7
10	86,3
25	99,0
50	108,7
100	118,5

Fuente: INAMHI, 2019

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

7.1.9.13.5 Hietograma para el evento de tormenta de duración 240 minutos

Para la distribución temporal de la lámina de precipitación se consideró el patrón de tormenta del segundo cuartil de Huff.

La Tabla 7-76 presenta los hietogramas para diferentes períodos de retorno, para una duración del evento de tormenta de 240 minutos.

Tabla 7-76 Distribución temporal de la lámina de precipitación duración 240 minuto (mm)

DT MIN	PERÍODO DE RETORNO (AÑOS)				
	5	10	25	50	100
15	1,92	2,16	2,48	2,72	2,96
30	2,68	3,02	3,47	3,80	4,15
45	3,83	4,32	4,95	5,43	5,93
60	7,67	8,63	9,90	10,87	11,85
75	9,78	11,01	12,62	13,86	15,11
90	10,54	11,87	13,61	14,94	16,30
105	10,54	11,87	13,61	14,94	16,30
120	9,01	10,15	11,63	12,77	13,93
135	6,52	7,34	8,42	9,24	10,08
150	4,60	5,18	5,94	6,52	7,11
165	2,88	3,24	3,71	4,08	4,45
180	2,11	2,37	2,72	2,99	3,26
195	1,73	1,94	2,23	2,45	2,67
210	0,96	1,08	1,24	1,36	1,48
225	0,96	1,08	1,24	1,36	1,48
240	0,96	1,08	1,24	1,36	1,48

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

La Figura 7-60 presenta la distribución de la precipitación, para un evento de tormenta de 240 minutos de duración y para un periodo de retorno de 100 años.

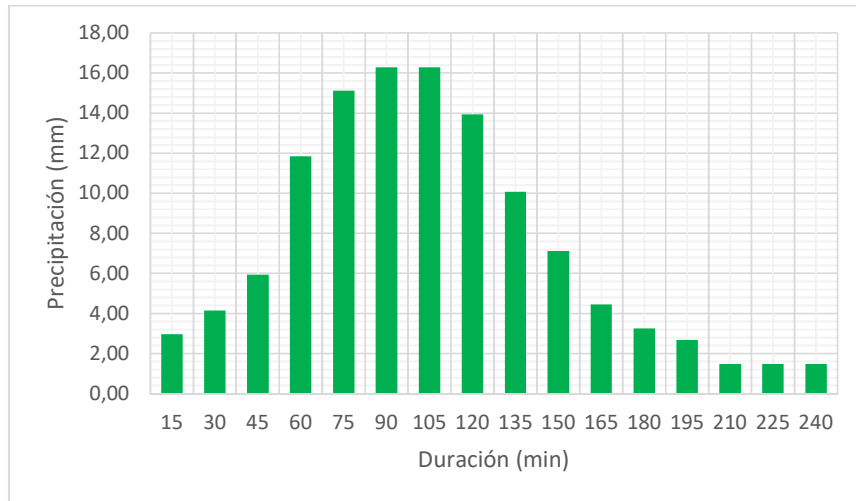


Figura 7-60 Hietograma de precipitación para evento de tormenta de duración 240 minutos y período de retorno de 100 años

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

7.1.9.13.6 Resultados de caudales máximos del modelo hidrológico HEC HMS

Los caudales máximos con período de retorno determinados aplicando el hidrograma unitario sintético del SCS para las subcuencas de interés en las concesiones mineras Tres Cerrillos y La Primavera se presentan en la Tabla 7-77.

Tabla 7-77 Caudales máximos con periodo de retorno para las subcuencas de interés – método del hidrograma unitario sintético

CÓDIGO	SUBCUENCA	ÁREA (KM ²)	QMÁX TR5 (M3/S)	QMÁX TR10 (M3/S)	QMÁX TR25 (M3/S)	QMÁX TR50 (M3/S)	QMÁX TR100 (M3/S)
P4	Río Golondrinas/Río Choaltal	31,69	61,0	80,9	110,2	134,1	159,6
P5	Río Chorro Blanco	36,64	57,6	78,2	107,7	132,0	158,0
P9	Quebrada de Oro	3,98	9,1	12,3	17,1	21,1	25,3
P6	Río Sin Nombre	6,50	14,4	19,4	26,5	32,3	38,4
P10	Quebrada Sin Nombre	3,39	8,3	11,0	14,9	18,3	21,9
P7	Río Tablas	15,41	36,5	47,9	64,4	78,3	93,1
P8	Río Gualchán	9,58	24,4	31,8	42,9	52,0	61,7
P1	Quebrada El Carmen	6,30	15,2	20,2	27,4	33,3	39,4
P2	Río Primavera	25,93	54,0	70,8	94,5	114,9	136,6
P3	Río Blanco	146,71	165,3	219,5	297,3	360,9	428,9
P11	Quebrada Aguajal	3,69	10,1	13,3	17,7	21,2	25,2

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021
 Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

Los caudales específicos máximos varían entre 1 y 6 m³/s/km², que se considera adecuados para el área de estudio. Los caudales máximos establecidos con el método del hidrograma unitario son mayores a los del método probabilístico.

A continuación, se incluyen los hidrogramas de crecida de las subcuencas del río Golondrinas, río Tablas, río Primavera y río Blanco, para un período de retorno de 100 años.

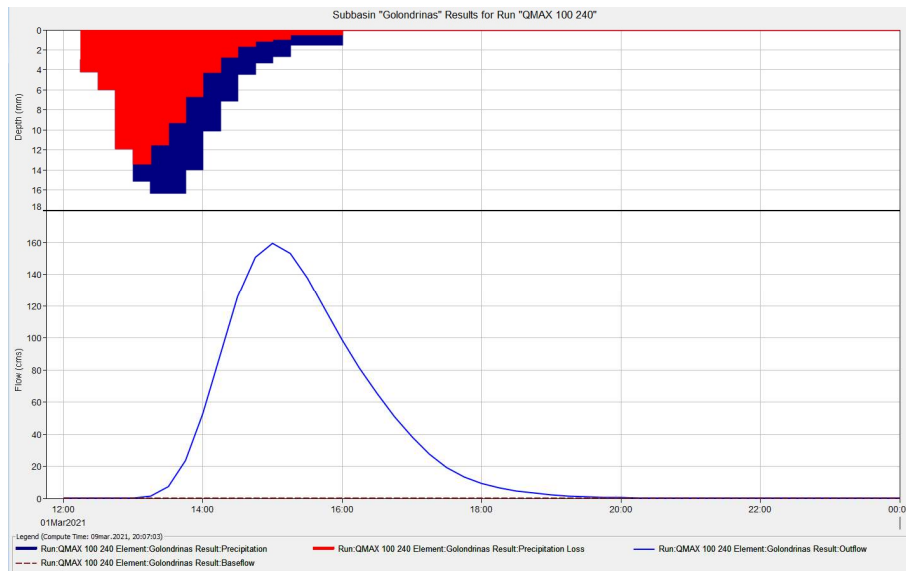


Figura 7-61 Hidrograma de crecida para el río Golondrinas/Río Goaltal para un período de retorno de 100 años

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021
 Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

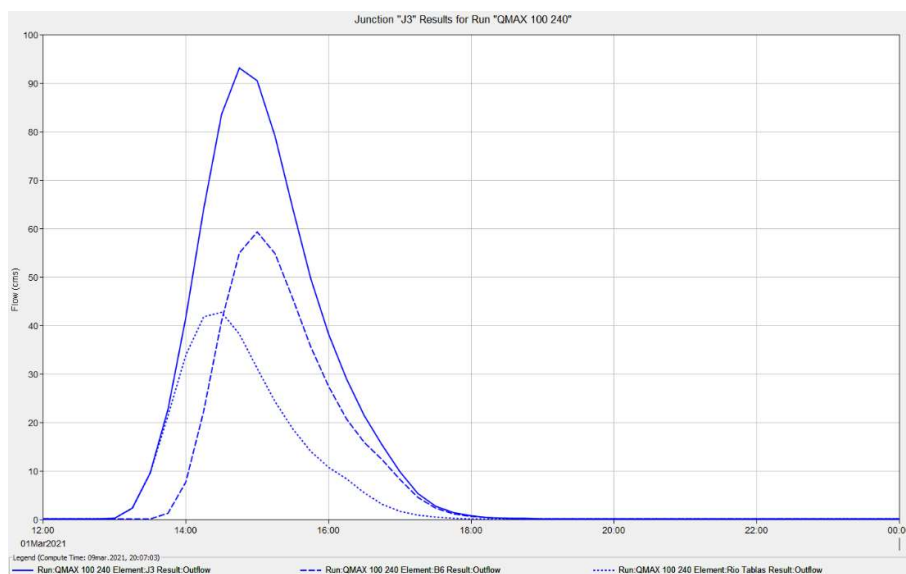


Figura 7-62 Hidrograma de crecida para el río Tablas para un período de retorno de 100 años

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

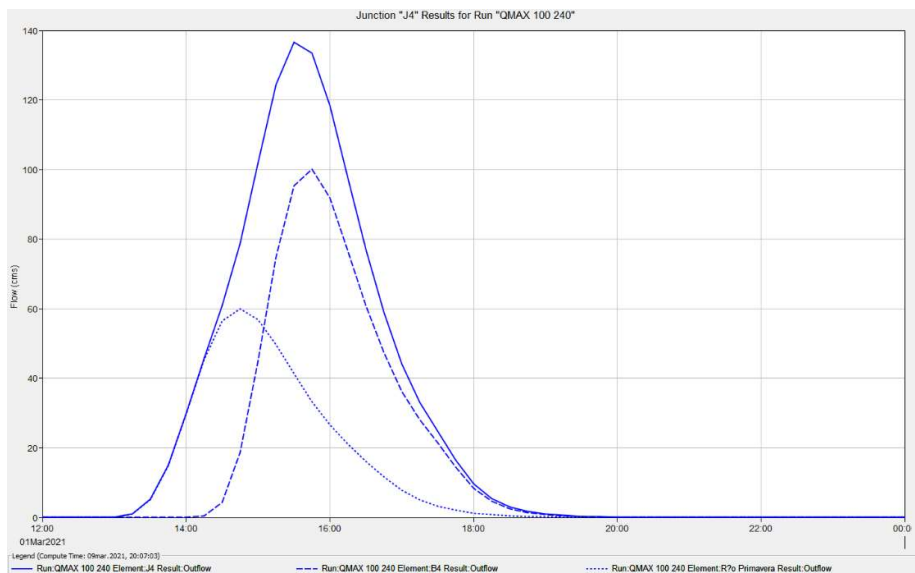


Figura 7-63 Hidrograma de crecida para el río Primavera para un período de retorno de 100 años
 Fuente: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021
 Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

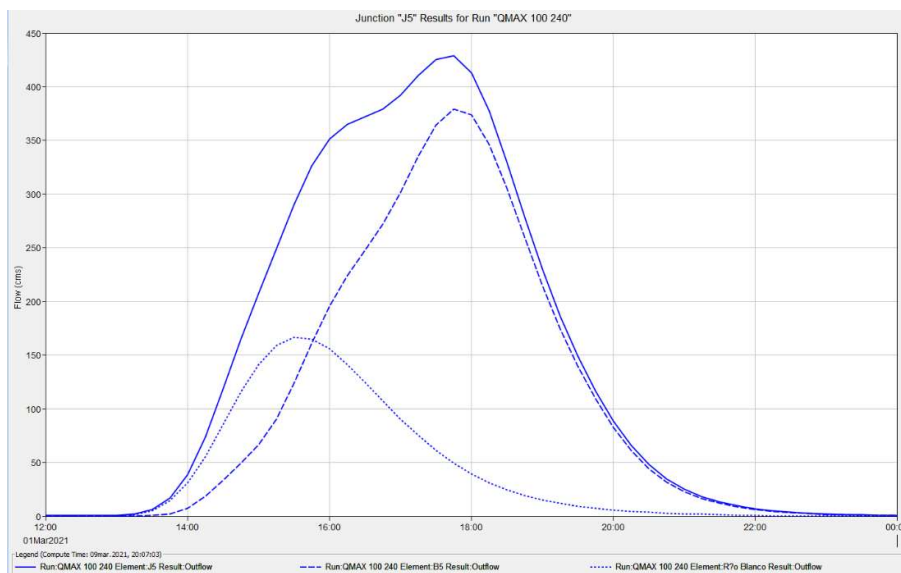


Figura 7-64 Hidrograma de crecida para el río Blanco para un período de retorno de 100 años
 Fuente: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021
 Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

7.1.9.14 Niveles normales y de crecida en secciones de interés

Se han evaluado los niveles normales y de crecida para eventos con período de retorno de 5 años siendo las más frecuentes y considerando que las secciones transversales de los cauces levantados durante la fase de campo toman en cuenta las huellas de crecida de caudales frecuentes. Para el caso del río Blanco debido a las dificultades para levantar la información de campo se considera la sección transversal del cauce

obtenida mediante el modelo de elevación digital para el cantón Mira, resolución 3 x 3 m, SIPA, MAGAP, 2019. No se incluye en el análisis la quebrada Aguajal.

Se calibraron los niveles y la rugosidad del cauce con los datos de campo para las 9 secciones levantadas.

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 de flujo permanente y uniforme.

Para el cálculo, el programa utiliza la ecuación de Manning⁵:

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

Donde:

Q: Capacidad Hidráulica del canal (m³/s).

n: coeficiente de rugosidad de Manning.

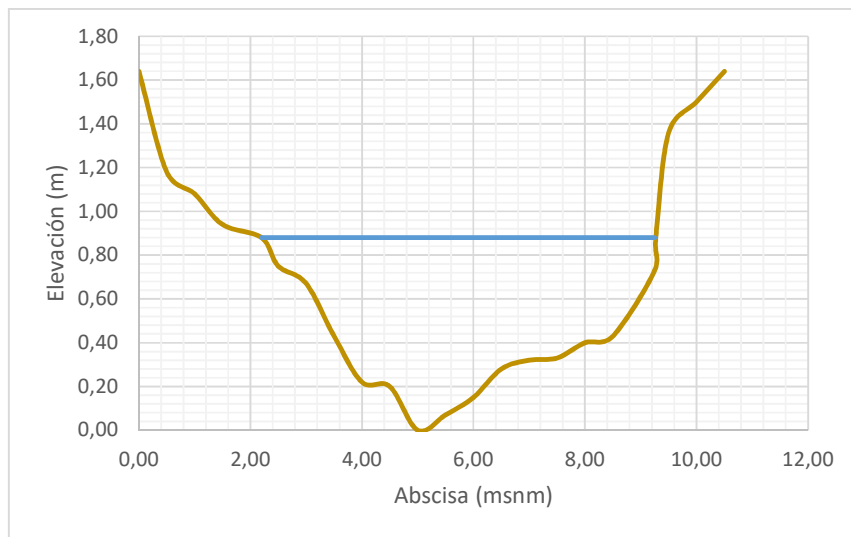
A: Área de la sección Transversal (m²).

R: Radio hidráulico (m²/m).

S: Gradiente hidráulico (m/m).

Durante la fase de campo se realizó el levantamiento de 9 secciones transversales de los cauces.

A continuación, Figura 7-65 muestra la sección del río Tablas.



⁵ Hidráulica de canales abiertos, Ven Te Chow, 1994. Cálculo de flujo uniforme, página 127.

Figura 7-65 Sección transversal del cauce del río Tablas

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

La Tabla 7-78 presenta los valores de las pendientes de los cauces en el tramo aguas abajo de las secciones transversales consideradas en la modelación.

Tabla 7-78 Pendiente longitudinal de los cauces

CÓDIGO	NOMBRE SUBCUENCA	A (KM2)	S (M/M)
P4	Río Golondrinas/Río Goaltal	31,69	0,0019
P5	Río Chorro Blanco	36,64	0,0035
P9	Quebrada de Oro	3,98	0,0023
P6	Río Sin Nombre	6,50	0,0073
P10	Quebrada Sin Nombre	3,39	0,0216
P7	Río Tablas	15,41	0,0049
P8	Río Gualchán	9,58	0,0058
P1	Quebrada El Carmen	6,30	0,0209
P2	Río Primavera	25,93	0,0044
P3	Río Blanco	146,71	0,0100

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021

7.1.9.14.1 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:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) n_5$$

n₀ = valor base para cauces rectos y uniformes. ver Tabla 7-79.

n₁ = valor adicional por la irregularidad en la sección recta

n₂ = valor adicional por variaciones en el cauce

n₃ = valor adicional por obstrucciones

n₄ = valor adicional por vegetación

n₅ = factor multiplicador por sinuosidad

La Tabla 7-79 presenta los valores típicos para la corrección del coeficiente de Manning.

Tabla 7-79 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
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: Chow V, T., 1994

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

La Tabla 7-80 incluye los valores para ajuste del coeficiente de Manning.

Tabla 7-80 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 erodadas
		Moderada	0,006 - 0,010	Lecho y bancas rugosas
		Fuerte	0,011 - 0,020	Bancas muy irregulares
Variaciones en el cauce	n2	Gradual	0	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 - 0,004	Obstrucción menor que el 5% de la sección recta

EFFECTO	FACTOR	CONDICIÓN	VALOR	COMENTARIO
		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	Sinuosidad < 1,2
		Media	1,15	1,2 < sinuosidad < 1,5
		Fuerte	1,3	Sinuosidad > 1,5

Fuente: Richardson E. V., Simons D. B. y Julien P. Y., 1990.

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

Considerando la información de las mediciones de campo se estimó el coeficiente de Manning, calibrando así las condiciones hidráulicas de las secciones de aforo consideradas de interés. A continuación, en la Tabla 7-81 se resumen los valores de Manning adoptados.

Tabla 7-81 Calibración de los Coeficiente de Manning para los aforos líquidos

CÓDIGO	NOMBRE SUBCUENCA	PENDIENTE (M/M)	CAUDAL MEDIDO (M ³ /S)	ÁREA (M ²)	VELOCIDAD MEDIA (M/S)	CALADO (M)	COEFICIENTE DE MANNING N
P4	Río Golondrinas/Río Goaltal	0,0019	2,175	4,33	0,50	1,12	0,065
P5	Río Chorro Blanco	0,0035	3,357	5,83	0,58	1,00	0,065
P9	Quebrada de Oro	0,0023	0,415	1,30	0,32	0,63	0,070
P6	Río Sin Nombre	0,0073	0,884	1,20	0,74	0,57	0,055
P10	Quebrada Sin Nombre 2	0,0216	0,531	0,64	0,83	0,40	0,065
P7	Río Tablas	0,0049	2,502	3,70	0,68	0,88	0,065
P8	Río Gualchán	0,0058	1,676	2,39	0,70	0,80	0,065
P1	Quebrada El Carmen	0,0209	1,105	1,17	0,94	0,44	0,060
P2	Río Primavera	0,0044	2,018	3,06	0,66	0,69	0,055

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

La Figura 7-66 muestra los resultados del cálculo de la rugosidad del modelo para la calibración el río Tablas, se obtiene un coeficiente de Manning $n = 0,065$.

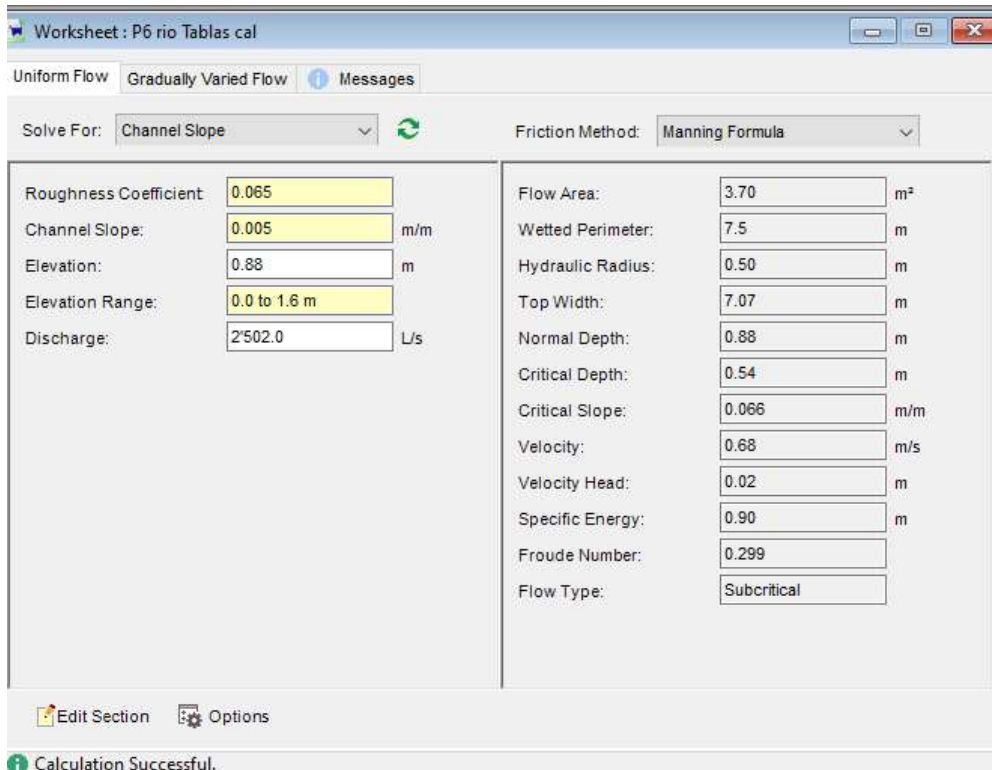


Figura 7-66 Calibración de la Sección transversal del río Tablas

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021
 Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

Una vez realizada la calibración de las diferentes secciones de aforo, se determinan los niveles, las velocidades de flujo para los caudales medios.

La Tabla 7-82 resumen los niveles normales para los caudales medios en las secciones de interés de las concesiones mineras.

Tabla 7-82 Niveles normales asociados a los caudales medios en los sitios de interés

CÓDIGO	NOMBRE SUBCUENCA	PENDIENTE (M/M)	COEFICIENTE DE MANNING N	CAUDAL MEDIDO (M ³ /S)	ÁREA (M ²)	VELOCIDAD MEDIA (M/S)	CALADO (M)
P4	Río Golondrinas/Río Goaltal	0,0019	0,065	3,309	6,17	0,54	1,41
P5	Río Chorro Blanco	0,0035	0,065	3,827	6,35	0,60	1,05
P9	Quebrada de Oro	0,0023	0,070	0,415	1,30	0,32	0,63
P6	Río Sin Nombre	0,0073	0,055	0,679	0,99	0,68	0,50
P10	Quebrada Sin Nombre	0,0216	0,065	0,354	0,49	0,73	0,34
P7	Río Tablas	0,0049	0,065	1,609	2,76	0,58	0,74
P8	Río Gualchán	0,0058	0,065	1,001	1,66	0,60	0,63
P1	Quebrada El Carmen	0,0209	0,060	0,658	0,85	0,78	0,37
P2	Río Primavera	0,0044	0,055	2,694	3,06	0,88	0,69
P3	Río Blanco	0,0100	0,055	15,241	10,95	1,39	1,01

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

La Figura 7-67 muestra los resultados del cálculo del nivel normal para el río Tablas.

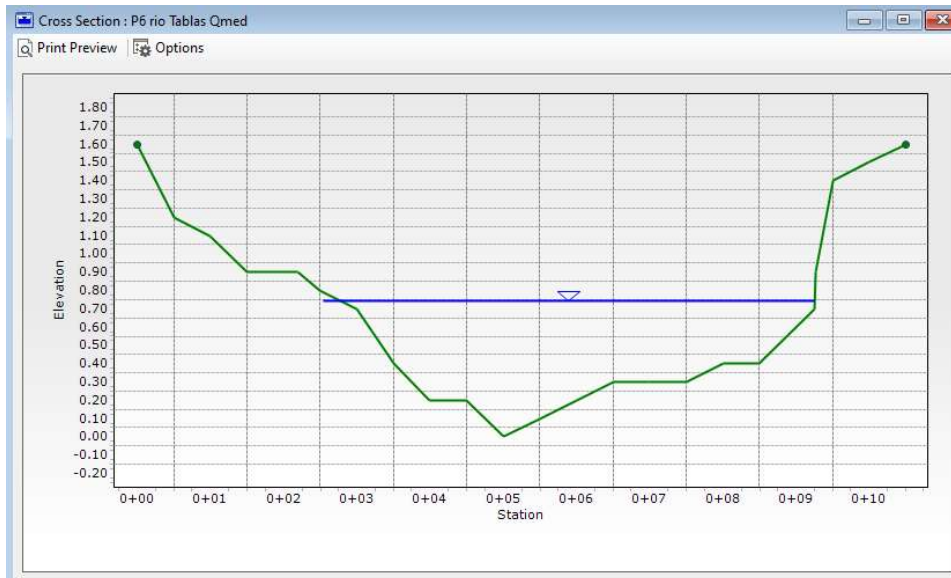
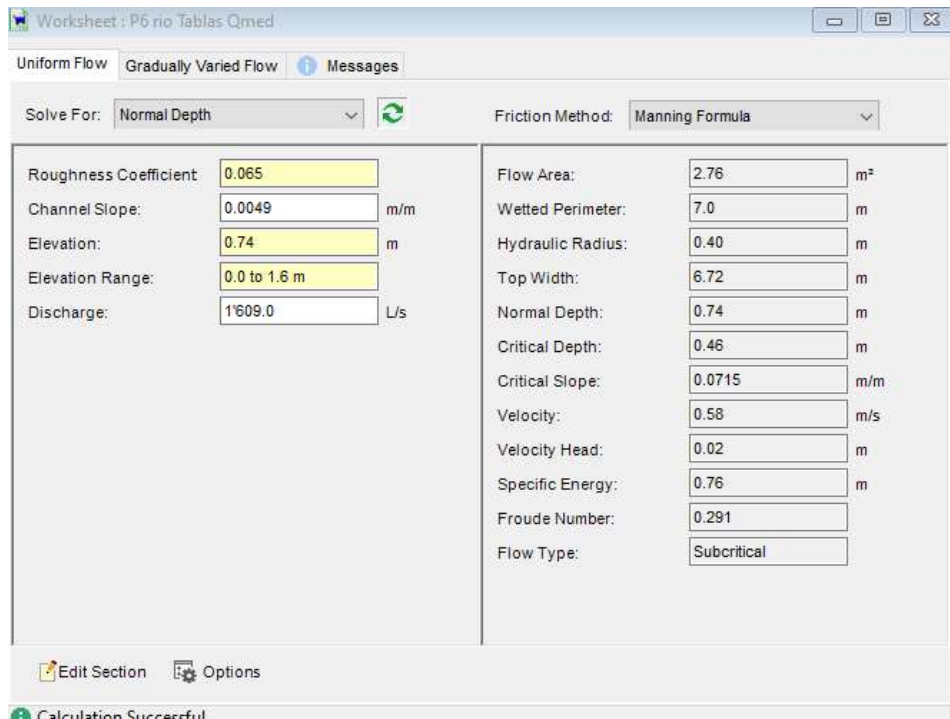


Figura 7-67 Nivel normal en el río Tablas

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021
 Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021

Para los caudales máximos con período de retorno de 5 años, se determinaron también los niveles de crecida, para lo cual se consideró una reducción del coeficiente de Manning.

La Tabla 7-83 resumen los niveles máximos estimados para los caudales máximos con período de retorno de 5 años en las secciones de interés de las concesiones mineras.

Tabla 7-83 Niveles máximos para un período de retorno de 5 años en los sitios de interés

CÓDIGO	NOMBRE SUBCUENCA	PENDIENTE (M/M)	COEFICIENTE DE MANNING	CAUDAL MÁXIMO (M ³ /S)	ÁREA (M ²)	VELOCIDAD MEDIA (M/S)	CALADO (M)
P4	Río Golondrinas/Río Goaltal	0,0019	0,060	61,0	45,86	1,33	5,15
P5	Río Chorro Blanco	0,0035	0,060	57,6	36,71	1,57	3,26
P9	Quebrada de Oro	0,0023	0,065	9,1	10,37	0,88	2,22
P6	Río Sin Nombre 1	0,0073	0,050	14,4	9,11	1,58	1,80
P10	Quebrada Sin Nombre 2	0,0216	0,060	8,3	4,23	1,96	1,51
P7	Río Tablas	0,0049	0,060	36,5	23,40	1,56	2,71
P8	Río Gualchán	0,0058	0,060	24,4	15,80	1,54	2,87
P1	Quebrada El Carmen	0,0209	0,055	15,2	8,36	1,82	1,27
P2	Río Primavera	0,0044	0,050	54,0	28,54	1,89	2,81
P3	Río Blanco	0,0100	0,050	165,3	53,47	3,09	2,94

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021
Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

La Figura 7-68 muestra los resultados del cálculo del nivel normal para el río Tablas

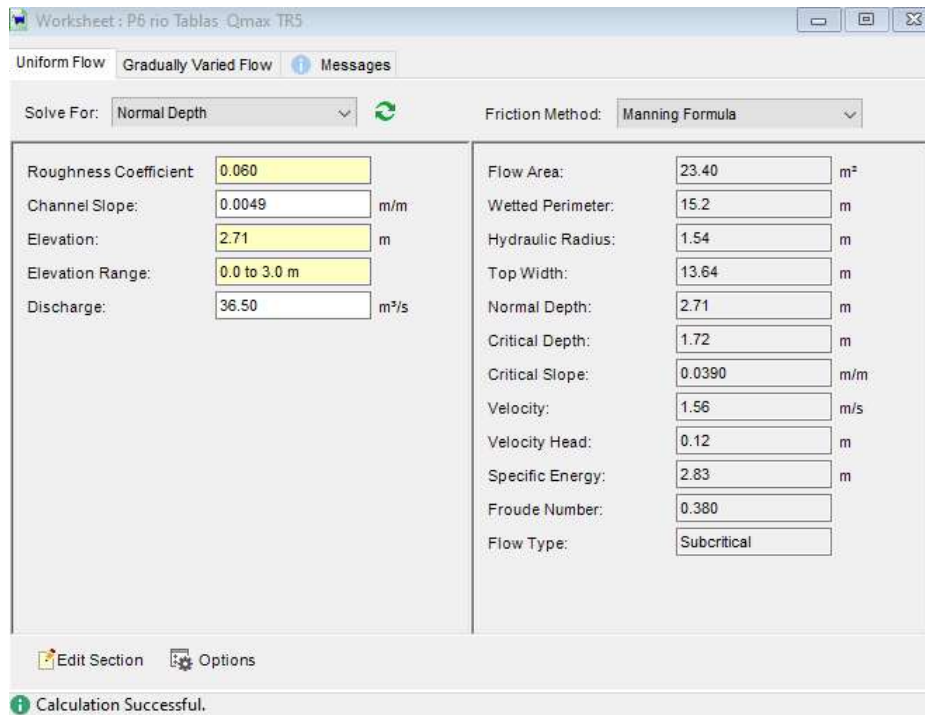


Figura 7-68 Nivel máximo TR5 en el río Tablas

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021
 Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021

Los resultados determinan la ocurrencia de crecidas importantes, pero no ocurren desbordamientos o inundaciones que puedan afectar áreas próximas a los cauces, debido a la forma y altura de los cauces.

7.1.9.15 Conclusiones

En las concesiones mineras Tres Cerrillos (40000245) y La Primavera (40000246), se han definido 11 subcuencas principales, considerando los límites de las áreas mineras para el análisis en el área de interés.

Las subcuencas o áreas de drenaje de interés corresponden a las unidades hidrográficas del río Mira.

Hacia el este de las concesiones mineras se forman las subcuencas del río Golondrinas o Goaltal y del río Chorro Blanco, que ingresan hacia las concesiones y forman el río Blanco. Dentro de las concesiones se forman varias subcuencas de menor superficie que aportan al río Blanco. Al salir el río Blanco de las concesiones descarga hacia el río Mira.

Las pendientes en la zona de las concesiones mineras son importantes, lo que contribuye a la rápida concentración de caudales, por lo que las subcuencas son bien drenadas. Las pendientes altas contribuyen al transporte de sedimentos y de rocas.

Los suelos de las subcuencas de interés son de textura franca, por tanto, se tienen suelos moderadamente drenados que corresponden al grupo hidrológico B y C.

La cobertura vegetal de las subcuencas es principalmente bosque nativo y hacia las partes bajas de la cuenca del río Blanco se identifica zonas de uso del suelo agropecuarias.

La caracterización hidrológica realizada consideró los registros de la estación H0013 Blanco A.J. Mira, que es la más próxima al área de interés. Para complementar el análisis se reporta la información de la estación del IDEAM, 51027030 río Quelvi.

El caudal medio mensual determinado para la estación H0013 Blanco A.J. Mira es igual a 16,15 m³/s, que corresponde a un caudal específico de 104 l/s/km².

Se han estimado los caudales medios en las subcuencas de las concesiones mineras, considerando la serie de caudales de la estación H0013 Blanco A.J. Mira.

De acuerdo al comportamiento mensual, los mayores caudales en el río Blanco y sus subcuencas se presenta durante el mes de enero y abril, mientras los caudales mínimos se presentan entre julio y septiembre.

La producción de agua en las subcuencas de las estaciones consideradas, el comportamiento estacional y las curvas de duración general son bastante similares. Los caudales producidos en las subcuencas de interés resultan importantes y se asocian principalmente a la ocurrencia de lluvias importantes en la zona, el aporte subterráneo hacia los cauces superficiales es mínimo en relación al aporte superficial, aspecto que incide en la gran variabilidad de los caudales entre la época de lluvias y la época de estiaje.

Se realizaron aforos líquidos para determinar el caudal presente en 9 sitios de interés con el fin de contar con una referencia de la magnitud de los caudales y poder contrastar con las estimaciones de caudales realizada para varias subcuencas.

Se determinó el caudal ecológico en las subcuencas, como el 10% del caudal medio anual.

Se han identificado 12 autorizaciones para el uso y aprovechamiento del agua en la subcuenca del río Blanco.

Se han estimado los caudales máximos de las subcuencas de las concesiones mineras Tres Cerrillos y La Primavera considerando el método estadístico probabilístico y mediante el método de hidrogramas unitarios sintéticos. Debido a las limitaciones en la cantidad de registros de caudales máximos instantáneos los resultados del método estadístico determinan caudales bajos, en relación a las intensidades de lluvia que ocurren en la zona.

Los caudales máximos estimados determinan caudales específicos de hasta $6\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$, para un período de retorno de 100 años.

Se determinaron los niveles normales y de crecida en los principales cauces, ya que se tienen cauces profundos y pendientes importantes, no se determinan desbordamientos o inundaciones por incremento del nivel.

Las subcuencas o cauces ubicados en zonas próximas a las divisorias, debido a que presentan caudales bajos, son susceptibles a las actividades antrópicas por lo que se deberán limitar o restringir las actividades próximas a los cauces.

Los caudales de aprovechamiento y uso del agua para actividades de perforación en la fase de exploración son mínimos, se deberán mantener los caudales ecológicos y realizar la recirculación del agua para reducir los consumos.

7.1.10 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.

7.1.10.1 Sitios de muestreo

Para la selección de puntos de muestreo se consideró lo siguiente:

- Deben ser representativos en 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 27 de enero al 02 de febrero de 2021, periodo en el cual se tomaron diez muestras (Ver Mapa 16: Mapa Muestreo de Agua), las cuales se describen en la siguiente tabla.

Tabla 7-84 Ubicación de Puntos de Monitoreo Aguas Superficiales

ID	SITIO	TIPO	PARÁMETROS	FECHA DE MONITOREO	COORDENADAS	
					WSG84	
					ESTE	NORTE
A-TC-01	Quebrada El Carmen	Lótico	4 Parámetros Físico – Químicos 6 Parámetros Aniones y No Metales 6 Parámetros Orgánicos 18 Parámetros Metales	31-ene-21	810277	10090510
A-TC-02	Río Primavera	Lótico		31-ene-21	809507	10086771
A-TC-03	Río Blanco	Lótico		01-feb-21	817549	10089872
A-TC-04	Río Golondrinas/Río Goaltal	Lótico		30-ene-21	817948	10088469
A-TC-05	Río Chorro Blanco	Lótico		30-ene-21	817403	10085466
A-TC-06	Río Sin nombre	Lótico		28-ene-21	813838	10087738
A-TC-07	Río Tablas	Lótico		29-ene-21	810483	10089694
A-TC-08	Río Gualchan	Lótico		31-ene-21	815839	10089308
A-TC-09	Quebrada de oro	Lótico		30-ene-21	815770	10085438
A-TC-10	Quebrada sin nombre	Lótico		29-ene-21	810277	10090510

Una vez seleccionados los parámetros en función de las características del proyecto y por ende su afectación, se definió las tablas del Anexo 1 del Acuerdo Ministerial 097-A. que se van a utilizar para comparar las concentraciones actuales de los parámetros o elementos en los cuerpos hídricos y así definir su criterio de calidad. Esto con el objetivo de comparar a futuro un posible impacto relacionado a los elementos o parámetros característicos de las descargas del proyecto.

Las tablas elegidas para el análisis comparativo fueron la Tabla 1 “Criterios de Calidad de Fuentes de Agua para Consumo Humano y Domestico” y Tabla 2 “Criterios de Calidad Admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de esturarias” del Anexo 1 del Acuerdo Ministerial 097-A, sin embargo, cabe indicar que no se escogió todos los parámetros definidos en las dos tablas para el análisis de línea base, debido a que, no todos los parámetros definidos en estas van a ser afectados por las posibles descargar del proyecto al ambiente, ya que estos parámetros no están relacionados a actividades mineras en ningunas de sus etapas, por lo cual, no es posible que su concentración o presencia en el recurso hídrico se pueda imputar a las descargas del proyecto. Estos parámetros son: Bifenoles Policlorados, Clorofenoles, Piretroides, Plaguicidas.

A continuación, se enlista los parámetros a analizar

Físico – Químicos (pH, Oxígeno Disuelto, Oxígeno Disuelto %, Sólidos Suspendidos Totales);

Aniones y No Metales (Amonio, Amonio como Amoniaco, Nitrato, Nitrito, Cianuro libre, Cianuro Total, Cloro total residual);



ESIA PARA LA FASE DE EXPLORACIÓN AVANZADA DE MINERALES
METÁLICOS BAJO EL RÉGIMEN DE PEQUEÑA MINERÍA DEL
PROYECTO MINERO TRES CERRILLOS

Parámetros Orgánicos (Aceites y Grasas, Demanda Bioquímica de oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Fenoles, Hidrocarburos Totales de Petróleo, Sustancias Tensoactivas);

Metales totales (Aluminio, Arsénico, Bario, Berilio, Boro, Cadmio, Cobalto, Cobre, Cromo, Estaño, Hierro, Manganeso, Mercurio, Níquel, Plata, Plomo, Selenio, Zinc)

Los tipos de cuerpo hídrico son: Léntico / Lótico

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, marzo 2021.

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

En el Anexo C-1, 5. Calidad de Agua se adjuntan los registros de campo y los resultados de monitoreo correspondientes entregados por el laboratorio.

7.1.10.2 Representatividad de puntos de muestreo

Los puntos de muestreo fueron ubicados con el objetivo de cubrir la mayor área de escurrimiento de las subcuencas hidrográficas identificadas en el estudio, estas son:

- Quebrada El Carmen
- Río Primavera
- Río Blanco
- Río Choaltal
- Río Chorro Blanco
- Río Sin Nombre
- Río Tablas
- Río Gualchán
- Quebrada de oro
- Quebrada Sin Nombre

La figura a continuación muestra la ubicación de los 10 puntos de muestreo definidos en función de las cuencas.

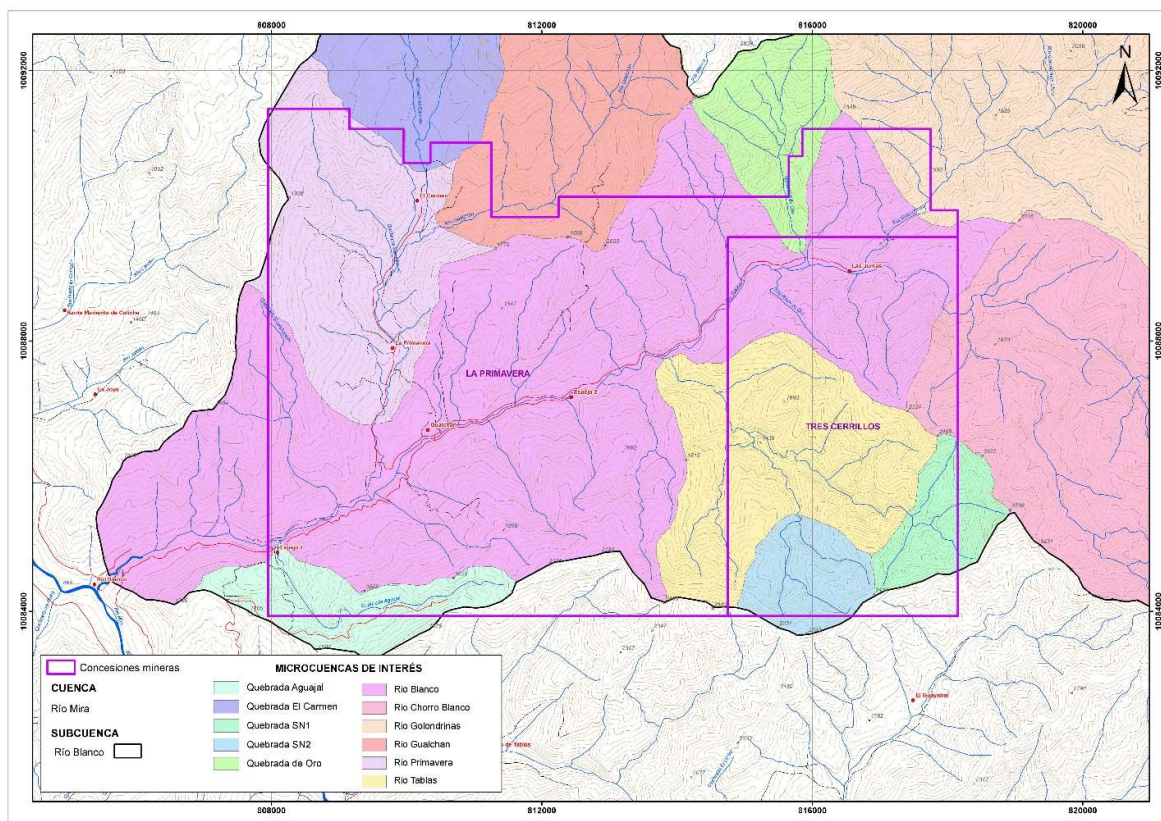


Figura 7-69 Ubicación de Puntos de Muestreo en función de las cuencas hidrográficas

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, marzo 2021.
 Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

Como se puede apreciar en la figura anterior, los 10 puntos de muestreo cubren el 99% de los cuerpos hídricos (fijos o estacionarios) que atraviesan a las concesiones mineras Tres Cerrillos y La Primavera, con lo cual se garantiza que la representatividad de las muestras pero sobre todo que la calidad de agua de los cuerpos hídricos al interior de la concesión fue monitoreada adecuadamente y cuyos resultados servirán como base para futuros monitoreos de calidad de agua durante el funcionamiento del proyecto.

7.1.10.3 Procedimiento de muestreo en campo

Para el muestreo de aguas superficiales, se siguieron los lineamientos establecidos en las siguientes normas INEN para calidad de agua:

- NTE INEN 2 226:2013. Agua. Calidad del agua. Muestreo. Diseño de los programas de muestreo.
- NTE INEN 2169:2013. Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras.
- NTE INEN 2176:2013. Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo.

7.1.10.4 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.

Para la toma de la muestra se sumergió el recipiente a una profundidad de 25 a 40 cm, en contra corriente. Este procedimiento se lo realizó mediante la utilización de guantes de látex. Finalmente se realizó el respectivo etiquetado de las muestras.

7.1.10.5 Preservación y transporte de las 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; adicionalmente, se determinaron en campo los parámetros in situ.

El análisis de muestras lo realizó el laboratorio GRUNTEC, el cual está acreditado por SAE.

7.1.10.6 Metodología del estudio de calidad de agua

Los resultados de los monitoreos realizados por el laboratorio, fueron analizados con el fin de identificar errores o anomalías en la transcripción de los datos, además se verificó la concordancia de la codificación, coordenadas y números de muestras de agua.

El análisis de los resultados se lo realiza en concordancia a lo establecido en la normativa ambiental ecuatoriana, específicamente en lo estipulado en el Acuerdo Ministerial 097A (A.M. 097A) Registro Oficial (30 Julio 2015) que reforma al Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA).

Se hizo la comparación con los límites máximos permisibles en el A.M. 097A en el Anexo 1 - Tabla No 2: Criterios de Calidad Admisibles para la preservación de la vida Acuática y Silvestre en aguas dulces, marinas y estuarios.

7.1.10.7 Resultados

A continuación, se presentan los resultados de los análisis de monitoreo realizado, los cuales son comparados con la legislación ambiental ecuatoriana vigente antes señalados.

Tabla 7-85 Resultados de laboratorio de muestras de agua

PARÁMETROS	UNIDADES	A.M. 097A	A-TC-01	A-TC-02	A-TC-03	A-TC-04	A-TC-05	A-TC-06	A-TC-07	A-TC-08	A-TC-09	A-TC-10
		ANEXO 1										
		TABLA 2 TULSMA										
PARÁMETROS FISICOQUÍMICO												
pH		6,5-9	8,1	8,1	8,0	7,7	7,7	7,4	7,5	7,9	7,4	7,6
Oxígeno Disuelto	mg/l	-	8,0	8,1	7,9	8,1	8,0	8,0	8,2	8,1	8,0	8,2
Oxígeno Disuelto %	%	>80	99,9	>100	99	>100	>100	>100	>100	100	>100	>100
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	Máx. incremento de 10% de la condición natural	<5	26	10	8	13	<5	15	<5	<5	11
ANIONES Y NO METALES												
Amonio	mg/l	N/A	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Amonio como Amoniaco	mg	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Nitrato	mg/l	13	0,23	0,23	0,24	0,76	0,35	0,59	0,52	0,28	0,31	0,66
Nitrito	mg/l	0,2	<0,05	<0,05	<0,05	0,07	<0,05	0,06	0,07	<0,05	<0,05	0,06
Cianuro libre	mg/l	0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Cianuro Total	mg/l	0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Cloro total residual	mg/l	0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
PARÁMETROS ORGÁNICOS												
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
Demanda Bioquímica de oxígeno	mg/l	20	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2

PARÁMETROS	UNIDADES	A.M. 097A	A-TC-01	A-TC-02	A-TC-03	A-TC-04	A-TC-05	A-TC-06	A-TC-07	A-TC-08	A-TC-09	A-TC-10
		ANEXO 1										
		TABLA 2 TULSMA										
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	40	<0,5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
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
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/l	0,5	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Sustancias Tensoactivas	mg/l	0,5	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
METALES												
Aluminio	mg/l	0,1	0,39	1,9	0,97	0,33	0,62	0,17	0,6	0,41	0,18	0,48
Arsénico	mg/l	0,05	0,0007	0,0012	0,0011	<0,0005	<0,0005	0,0009	0,0006	0,0005	<0,0005	0,0007
Bario	mg/l	1	0,0045	0,016	0,057	0,43	0,059	0,074	0,069	0,0037	0,0085	0,051
Berilio	mg/l	0,1	0,023	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0004
Boro	mg/l	0,75	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Cadmio	mg/l	0,001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	>0,0001	<0,0001
Cobalto	mg/l	0,2	<0,0001	0,0008	0,0005	<0,0001	0,0002	<0,0001	0,0003	0,0002	0,0002	0,0005
Cobre	mg/l	0,005	<0,005	<0,005	0,006	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Cromo	mg/l	0,032	0,0022	0,0012	0,0021	0,0015	0,0028	<0,0002	0,0017	0,0013	0,011	0,0013
Estaño	mg/l	-	<0,0005	0,0011	0,0015	<0,0005	0,0019	<0,0005	0,0017	<0,0005	<0,0005	0,0011
Hierro	mg/l	0,3	0,25	1,3	0,77	0,33	0,51	0,14	0,7	0,31	0,18	0,52
Manganeso	mg/l	0,1	0,016	0,071	0,024	0,0056	0,01	0,0046	0,015	0,0075	0,0035	0,035
Mercurio	mg/l	0,0002	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Níquel	mg/l	0,025	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,004	<0,001	0,008	0,001	0,004	<0,001

PARÁMETROS	UNIDADES	A.M. 097A	A-TC-01	A-TC-02	A-TC-03	A-TC-04	A-TC-05	A-TC-06	A-TC-07	A-TC-08	A-TC-09	A-TC-10
		ANEXO 1										
		TABLA 2 TULSMA										
Plata	mg/l	0,01	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Plomo	mg/l	0,001	0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0008	<0,0005	0,0006	0,0028	0,0005	0,0008
Selenio	mg/l	0,001	<0,001	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001
Zinc	mg/l	0,03	0,052	0,013	0,022	0,008	0,081	<0,005	0,03	0,019	0,018	0,015

Nota: Los valores en rojo sobrepasan los límites permisibles.

Fuente: GRUNTEC, febrero 2021.

Elaborado: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

En el Anexo C-1, 5 Calidad de agua, se incluyen los informes de laboratorio con los resultados obtenidos.

7.1.10.7.1 Análisis de resultados

a. Parámetros Físico-Químicos

• Potencial de hidrógeno (pH)

Este es un parámetro muy importante al momento de 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 poseen pH dentro del rango establecido por la normativa ambiental incluso los que son de descarga.

• 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), el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (>80), los resultados de monitoreo se encuentran en todos los sitios de monitoreo sobre este valor.

• 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 se encuentran por debajo de 26 mg/l en las muestras tomadas en los cuerpos de agua.

b. Aniones y no metales

• Amonio – Amoniaco

El amonio es el producto final tras la reducción de las sustancias orgánicas e inorgánicas nitrogenadas, generadas por: las proteínas animales o vegetales por putrefacción a través de acción bacteriana, la reducción de nitritos, fijación química de nitrógeno atmosférico.

El amoniaco es producido por la eliminación de compuestos de nitrógeno orgánico y por la hidrólisis de la urea. Se encuentra en altas cantidades cuando el medio es

fuertemente reductor; este parámetro puede considerarse como contaminante cuando su concentración supera los 0,1 mg/l, generalmente por la presencia de aguas domésticas e industriales.

Tras el análisis de los resultados se ha identificado que todos los valores reportados son menores 0,02 mg/l, tanto para amonio como amoniaco.

- Nitratos y Nitritos

El nitrógeno en aguas superficiales puede encontrarse en forma de amoniaco, nitratos y nitritos, este compuesto es un nutriente importante para el desarrollo de animales y plantas.

Los nitritos son sales solubles en agua que se transforman de forma natural a partir de los nitratos, el ion nitrito es menos estable que el ion nitrato, y actúa como agente oxidante y reductor, solo se lo encuentra en concentraciones apreciables cuando el medio posee baja oxigenación. Estos se transforman rápidamente en nitratos.

El uso de fertilizantes con compuestos nitrogenados y la acumulación de aguas negras de origen doméstico pueden elevar la cantidad de nitratos en el agua.

El análisis de resultados muestra bajas concentraciones de ambos parámetros (NO₂ y NO₃) en los sitios muestreados.

- Cianuro

Debido a que no es usual su presencia en aguas naturales, la concentración de cianuro en estas se debe a contaminación directa de aguas industriales no tratadas.

El cianuro es altamente tóxico y puede generar efectos negativos en el medio ambiente y en la salud de los seres humanos.

El cianuro libre y el cianuro de hidrógeno presentan una mayor biodisponibilidad, su abundancia dependerá del pH del agua, por lo tanto, a menor pH mayor proporción de cianuro libre presente como HCN.

El cianuro total, es la medida de la concentración del cianuro que incluye todo el cianuro libre, todos los complejos de cianuro, disociables y todos los cianuros metálicos fuertes como el ferrocianuro, además de segmentos de hexaciano-cobaltano y los de oro y platino. Se excluyen los compuestos derivados del cianato y tiocianato.

Los resultados de los monitoreos indican que todos los resultados tanto para cianuro libre como para cianuro total son <0,001 mg/l en los cuerpos de agua dulce.

- 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 <0,1mg/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 en el agua una concentración de cloro residual que se encuentre fuera del criterio de calidad establecido para protección de la fauna acuática (Tabla 2 del Anexo 1 del AM 097-A), que es de 0,01 mg/l en la tabla No 2.

c. Parámetros Orgánicos

• Aceites y grasas

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. Pueden alterar el olor, sabor y apariencia del recurso hídrico.

Debido a que generan un impacto en la salud de los seres humanos no se recomienda su presencia en el agua. Adicionalmente, este parámetro puede generar problemas para la vida acuática debido a la formación de películas que recubren a los microorganismos encargados de la biodegradación, impidiendo a su vez la captación de oxígeno y disminuyendo su poder depurador.

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.

Todas las muestras recolectadas presentaron un valor <0,3 mg/l debajo del límite de acreditación del laboratorio por ende por debajo del límite máximo permisible establecido en la tabla No. 2.

• Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

Corresponde a la cantidad de oxígeno necesario para descomponer la materia orgánica por acción bioquímica aerobia. La demanda es ejercida por sustancias carbonatadas, nitrogenadas, y por varios compuestos químicos reductores. La DBO se expresa en mg/l. Valores altos de DBO indican contaminación orgánica.

Todos los sitios de cuerpos de agua dulce monitoreados presentan un valor <2 mg/l, que, en comparación con la legislación ambiental aplicable para criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre, se encuentran por debajo de los valores de los criterios de calidad.

• Demanda química de oxígeno (DQO)

Equivalen a la cantidad de oxígeno consumido por los cuerpos reductores presentes en el agua, sin la intervención de microorganismos. La medición de DQO y DBO en aguas, muestra su grado de contaminación, en relación a la presencia de materia orgánica.

Todos los sitios de cuerpos de agua dulce monitoreados presentan un valor <5 mg/l, que de acuerdo con la tabla No 2 criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre (LMP es de 40 mg/l), se encuentran por debajo de los valores de los criterios de calidad.

• Fenoles

Se definen como hidróxidos derivados del benceno y su núcleo derivado. Su presencia puede relacionarse a la descomposición de materia orgánica, ácidos húmicos y flúvicos de forma natural, sin embargo, en su mayoría se asocia a procesos de contaminación industrial, y de aguas servidas con presencia de pesticidas, fungicidas, pesticidas organoclorados, entre otros.

Estos compuestos son tóxicos si son ingeridos por el hombre, además pueden alterar las condiciones organolépticas del recurso agua. Adicionalmente son muy difíciles de removerlos por tratamiento.

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: $0,001\text{ mg/l}$).

- Hidrocarburos totales de petróleo (TPH)

El término TPH se refiere a un grupo extenso de sustancias químicas derivadas del petróleo crudo, por lo que los hidrocarburos de petróleo son una mezcla compleja denominada así porque en su mayoría están formados por carbono e hidrógeno. Estos compuestos no son solubles en agua.

Estas sustancias pueden ocasionar efectos negativos para el medio ambiente y al ser humano, debido a su fácil acumulación en organismos vivos, con alta probabilidad de producir efectos mutagénicos y cancerígenos. Otro efecto negativo para el medio ambiente es que los TPH logran adherirse a los sedimentos formando depósitos, que se van liberando paulatinamente generando una contaminación a largo plazo; otro problema ambiental es la disminución considerable de abastecimiento de oxígeno en el agua, ya que interfieren en el intercambio de gases entre el aire y el agua.

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 valor que es de $0,5\text{ mg/l}$, ya que los valores reportados son $< 0,3\text{ mg/l}$.

- Sustancias tensoactivas

Los tensoactivos producen espuma cuando el agua es agitada, debido a la presencia de residuos de detergentes domésticos como el alquil-sulfonato lineal (LAS) y el alquil-sulfonato bencénico ramificado (ABS), los cuales son los más comunes.

Su efecto en aguas superficiales principalmente es la interferencia en el poder autoregulator del recurso, ya que se inhibe la oxidación química y biológica. Adicionalmente disminuye la solubilidad de oxígeno.

Los puntos monitoreados presentan valores menores a $0,02\text{ mg/l}$ para sustancias tensoactivas, en comparación con la normativa ambiental aplicable, 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 de $0,5\text{ mg/l}$.

d. Metales totales

- Aluminio

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. Las concentraciones más frecuentes de este parámetro en aguas naturales están entre $0,1$ y 10 mg/l . 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.

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, en comparación con los resultados de los monitoreos, se identificó que todas las muestras exceden el límite máximo permisible, lo cual se puede deber a condiciones naturales de los cauces en los puntos aguas arriba, y debido a la erosión del suelo que se genera por arrastre de los cuerpos de agua caudalosos.

- Arsénico (As)

A pesar de ser un elemento muy tóxico para el ser humano, se ha determinado que este componente puede ser encontrado en aguas de forma natural como arsénico trivalente o pentavalente, de manera orgánica e inorgánica. Las concentraciones de arsénico generalmente son menores a 10 µg/l, no obstante, cuando hay actividades que utilicen arsénico las concentraciones pueden estar entre 0,2 y 1 g/l.

El arsénico en su forma inorgánica ocasiona problemas de intoxicación en los seres humanos y en la flora y fauna.

De acuerdo con los límites máximos permitidos establecidos en la tabla 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.

- Bario (Ba)

La contaminación por este metal en el agua puede ser producida por residuos de perforaciones, efluentes de refinerías metálicas o por erosión de depósitos naturales. Es un elemento altamente tóxico para el ser humano, generando varios efectos negativos en su salud.

Las concentraciones halladas en los cuerpos de agua son muy bajas, inferiores a 1 mg/l. De las muestras analizadas ninguna incumple con los criterios establecidos en la normativa ambiental vigente la tabla No. 2.

- Berilio (Be)

Su presencia es escasa en aguas naturales, este metal es utilizado para incrementar la resistencia de otros metales.

El análisis de resultados muestra valores menores a 0,1 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)

Puede ser encontrado de forma natural, como parte de granitos, pegmatitas y boratos. En el agua dulce puede ser encontrado en cantidades que varían de 0,01 y 0,10 mg/l. Valores superiores a 2,5 mg/l provienen de aguas residuales industriales.

Este es un elemento esencial para el desarrollo de plantas, sin embargo, cantidades elevadas pueden generar problemas en especies acuáticas, así como también en el ser humano.

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)

Su presencia en aguas naturales se debe a la corrosión de tubos galvanizados, a la erosión de depósitos naturales, a los efluentes de refinерías de metales o líquidos de escorrentía de baterías usadas o a pinturas y pigmentos para la coloración de plásticos.

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 el valor de 0,001 mg/l, los resultados analizados muestran que las muestras no sobrepasan los valores establecidos en la normativa legal.

- Cobalto (Co)

Su presencia natural es mínima en aguas superficiales, en un ambiente descontaminado son menores a <0,5 µg/l, la mayor cantidad de cobalto naturalmente está en rocas, suelo, plantas y animales.

Sin embargo, es esencial para el crecimiento de especies marinas como algas diatomeas. En concentraciones altas este elemento resulta tóxico para los seres humanos, animales, plantas y para la vida acuática.

Su presencia en el medio ambiente puede deberse a eventos naturales, asociados a eventos volcánicos, agua de mar e incendios forestales, también a eventos antropogénicos como actividades de proceso del cobalto, producción de aleaciones y químicos que contienen cobalto, así como también de aguas residuales urbanas y agrícolas.

La legislación ambiental aplicable establece como valor límite para cobalto 0,2 mg/l para preservación de vida acuática y silvestre, comparando estos criterios con los resultados obtenidos, se evidencia que las 10 muestras de cuerpos de agua están muy por debajo de este valor.

- Cobre (Cu)

Su presencia natural en aguas superficiales es frecuente en concentraciones menores a 1 mg/l, es un metal esencial para la formación de la hemoglobina y es benéfico para el metabolismo del ser humano.

Concentraciones superiores a las establecidas para calidad de agua, pueden ser perjudiciales para el ser humano y el medio ambiente. En el ser humano puede ocasionar lesiones hepáticas o renales, en el medio ambiente puede actuar como alguicida y disminuye la cantidad de oxígeno disuelto del agua.

En comparación con los criterios establecidos en la normativa ambiental vigente, ninguna muestra se encuentra fuera de los límites establecidos para la preservación de la vida acuática.

- Cromo (Cr)

El cromo trivalente resulta ser esencial para los seres humanos, ya que promueve la acción de la insulina. Por otro lado, el cromo hexavalente resulta tóxico debido a sus efectos negativos, su presencia en el ambiente se debe usualmente por actividades antropogénicas.

Debido a su naturaleza el cromo trivalente difícilmente será encontrado en pH mayores a 5, sin embargo, en estas condiciones el cromo hexavalente si podría estar presente. Entre las principales fuentes de cromo están: la erosión de depósitos naturales y efluentes industriales como (acero, papel y curtiembres).

Los compuestos de cromo hexavalente son más tóxicos que los compuestos de cromo trivalente, debido a que son fuertes agentes oxidantes, irritantes y corrosivos. Para los seres humanos el cromo hexavalente es cancerígeno.

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 que resulta ser tóxica, tiene características de bioacumulación y biomagnificación en el medio ambiente, además de ser un compuesto altamente persistente ya que se mantiene en el medio ambiente largos periodos de tiempo, por lo que no es fácilmente biodegradable.

Este compuesto produce efectos negativos en los organismos acuáticos debido a su toxicidad, especialmente en algas, hongos y fitoplancton.

No se establece un valor límite en la legislación ambiental aplicable para la preservación de vida acuática y silvestre, sin embargo, se evidencia en los resultados que la presencia de este metal es muy baja con un valor < 0.002 mg/l en todas las muestras.

- Hierro (Fe)

Es un elemento muy frecuente que se presenta en forma ferrosa y férrica. Se encuentra en grandes cantidades en rocas y suelos, normalmente en forma insoluble, pero debido a complejas reacciones naturales ocurridas en el suelo, se pueden formar compuestos solubles de hierro contaminado y contaminar las aguas que lo atraviesan.

En aguas superficiales generalmente se encuentra hierro trivalente en concentraciones que van de 0,1 a 0,3 mg/l. Este componente puede alterar características del agua como es el sabor y el color. En el medio ambiente puede ser encontrado de forma asimilable y no asimilable, y en aguas superficiales también puede estar formando complejos organoférricos y como sulfuros. Este metal constituye un papel importante para el desarrollo de microorganismos.

Comparando los resultados obtenidos con los criterios de calidad del agua establecidos en la normativa ambiental aplicable, se ha determinado incumplimientos en los puntos A-TC-02, A-TC-03, A-TC-04, A-TC-05, A-TC-07, A-TC-08 y A-TC-10,

para la prevención de la vida acuática, esto se puede deber a que los ríos y quebradas muestreadas son caudalosos, por lo que es muy probable el arrastre de suelos.

- 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 manganesa 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 pueden 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.

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, todas las muestras se encuentran bajo el criterio permitido.

- 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.

En comparación con los criterios de calidad del agua de las tablas No 2, todos los resultados analizados se encuentran bajo los criterios establecidos.

- Níquel (Ni)

Se encuentra en la corteza terrestre en formas minerales, en areniscas, rocas ígneas ultramáficas, su presencia en aguas superficiales puede deberse a la meteorización de las rocas y suelos, erupciones volcánicas, así como de origen antropogénico como aportes de emisiones de vehículos a gasolina o diésel.

El níquel provoca efectos agudos y crónicos en la vida acuática y su toxicidad está en función de la dureza del agua, es decir menor dureza mayor toxicidad.

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)

En la naturaleza se encuentra en mínimas proporciones, de forma nativa y presente en algunos minerales o asociada a sales como el plomo, zinc, cobre y oro. En aguas naturales se puede encontrar en concentraciones entre 1 y 10µ. Su principal uso es como catalizador para la producción de materiales orgánicos.

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)

En la naturaleza se encuentra como sulfuro y carbonato. El contenido natural de plomo en aguas naturales varía en concentraciones de 1 y 10 mg/l, valores superiores indican contaminación.

Las fuentes de origen natural de plomo son la erosión del suelo, el desgaste de los depósitos de los minerales de plomo y por emanación volcánica. Además, el plomo puede ser liberado hacia las aguas superficiales por desagües domésticos, alterando las tasas de reproducción de invertebrados marinos y cambios neurológicos de algunos peces, impactando el equilibrio del ecosistema.

Este elemento es considerado tóxico para el ser humano: produce saturnismo, además de ser un elemento bioacumulativo tanto para animales como el ser humano, por lo que también es de muy lenta eliminación.

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 en comparación con los resultados de los monitoreos, todos los puntos se encuentran dentro de lo establecido en la legislación excepto la muestra A-TC-08, cabe mencionar que esta muestra es tomada aguas arriba de la concesión y que al momento en el lugar no se desarrollan actividades industriales que pudiesen generar la presencia de este metal pesado en sitio.

- Selenio (Se)

Debido a su rareza en aguas superficiales de forma natural, su presencia está ligada a residuos industriales; sin embargo, puede producirse por erosión de depósitos naturales y en suelos volcánicos, la actividad agrícola también incrementa el contenido de selenio en aguas superficiales. El selenio en el ser humano puede ocasionar intoxicaciones agudas y crónicas.

En comparación con los criterios de calidad del agua de la tabla No 2 del Anexo 1 del libro VI del TULSMA, todos los resultados se encuentran bajo los criterios establecidos para prevención de vida acuática y silvestre (LMP 0,001 mg/l), excepto la muestra A-TC-03.

- Zinc (Zn)

Debido a su rareza en aguas superficiales de forma natural, su presencia está ligada a residuos industriales; sin embargo, puede producirse por erosión de depósitos naturales y en suelos volcánicos, la actividad agrícola también incrementa el contenido de selenio en aguas superficiales. El selenio en el ser humano puede ocasionar intoxicaciones agudas y crónicas.

En comparación con los criterios de calidad del agua de la tabla No 2, las muestras A-TC-01 y A-TC-05 se encuentran sobre el criterio de calidad establecido para prevención de vida acuática y silvestre como para descarga a cuerpos de agua dulce (LMP: 0,03 mg/l), esto se puede deber a que los ríos y quebradas muestreadas son caudalosos, por lo que es muy probable el arrastre de suelos.

7.1.10.8 Índice de calidad de agua (ICA)

Los índices de calidad del agua surgen como una herramienta simple para la evaluación del recurso hídrico fundamental en el seguimiento de sus impactos. La valoración de la calidad del agua puede ser entendida, como la evaluación de su naturaleza química, física y biológica en relación con la calidad natural, los efectos humanos y usos posibles (Hernan, Patiño, y Torres, 2009).

Existen diversos factores que pueden afectar la calidad del agua como, por ejemplo, la geología del área, el ecosistema y actividades humanas tales como: las descargas del alcantarillado sanitario, la contaminación industrial, el uso de cuerpos de agua para recreación y el uso excesivo de los recursos de agua.

Según Canter (2016), citado en Torres, 2009, el ICA, es un tipo de índice ambiental que puede ser usado como marco de referencia único para comunicar información sobre la calidad del ambiente afectado y para evaluar la vulnerabilidad o la susceptibilidad del agua a la contaminación. El ICA posibilita la evaluación de los constituyentes que afectan la calidad del agua para sus diferentes usos y resume esta evaluación en un simple valor que nos permite informar y representar la calidad en los cuerpos de agua.

7.1.10.8.1 Metodología

Para la determinación del índice de Calidad de Agua, en los cuerpos hídricos del área de estudio, se utilizó el estudio realizado por Torres (2009), para la determinación del ICA. En dicho estudio, se presenta una metodología que aplica el método ICAST diseñado por Swamee y Tyagi, 2000, el cual propone la siguiente ecuación para su definición.

$$ICA = \left(1 - N + \sum_{i=1}^n S_i^{-2,5} \right)^{-0,4}$$

Donde,

N = número de constituyentes o parámetros considerados
S_i = subíndice para cada constituyente considerado.

El método ICAST, tiene como principal ventaja que la ecuación no está influenciada por ningún constituyente en específico, de esta forma a medida que aumenta el valor del subíndice (S_i) va aumentando la calidad del agua de forma proporcional, por ello no presenta problemas de eclipsamiento ni de ambigüedad. Esto significa que la ecuación no se ve influenciada por la acción de “pesos” que asignan a ciertas variables una importancia más alta que otras, lo cual, en el cálculo final pueden llegar a representar muestras de agua con baja calidad como de buena calidad y viceversa.

Los parámetros que se utilizan para esta metodología son: Temperatura, pH, Oxígeno Disuelto, Coliformes Fecales, Nitratos, Fósforo total, DBO₅, Plomo, Mercurio, Amonio y Sólidos suspendidos. Sin embargo, dado que la ecuación no está influenciada por constituyentes específicos, “no es necesario tener datos de todos los constituyentes para obtener un resultado de la calidad del agua” (Torres, 2009).

En función de lo anterior, para el presente proyecto se han utilizado un total de ocho parámetros (N = 8), los cuales se indican a continuación: pH, Oxígeno Disuelto, Nitratos, DBO₅, Plomo, Mercurio, Amonio y Sólidos suspendidos.

Por otra parte, los subíndices (S_i) de los constituyentes, fueron obtenidos de ecuaciones generadas como parte del estudio realizado por Torres (2009). Estas ecuaciones son producto de gráficas desarrolladas por expertos quienes, en función de su experiencia, conocimiento y recomendaciones de organizaciones internacionales, establecen el grado de afectación que la concentración de ciertos compuestos puede tener en el agua. Estas figuras se conocen como curvas funcionales y se generan para cada parámetro a analizar.

A continuación, en la Tabla 7-86 se presenta las ecuaciones para cada parámetro analizado:

Tabla 7-86 Ecuaciones para determinar S_i

PARÁMETRO	ECUACIONES PARA DETERMINAR S _i
pH (Unidades de pH)	$S_i = \frac{4,17 \times q^4}{6 + (1,42 \times 10^{-4} \times q^{16})}$
Oxígeno Disuelto (% Saturación)	$S_{OD} = \frac{3,9 \times q^{2,8}}{1,1 + (2,8 \times q^{3,9})}$
Nitratos (mg/L)	$S_{Nitratos} = \left(1 + \frac{q}{2,33}\right)^{-0,92}$
DBO ₅ (mg/L)	$S_{DBO-5} = \left(1 + \frac{q}{19,63}\right)^{-5,02}$
Plomo (ug/L)	$S_{Plomo} = \left(1 + \frac{q}{8,091 \times 10^8}\right)^{-1,043 \times 10^8}$
Mercurio (ug/L)	$S_{Mercurio} = \left(1 + \frac{q}{6,30}\right)^{-4,29}$
Amonio (mg/L)	$S_{Amonio} = \left(1 + \frac{q}{1,05 \times 10^8}\right)^{-5,92 \times 10^6}$
Sólidos suspendidos (mg/L)	$S_{SS} = \left(1 + \frac{q}{3,43 \times 10^8}\right)^{-6,19 \times 10^6}$

Donde q corresponde a la concentración del constituyente identificado

Fuente: Torres, 2009

Elaborado por: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021.

a. Escala de clasificación

Una vez calculado el ICA utilizando los subíndices para los constituyentes que se quieran evaluar, se procede a clasificar en que condición se encuentra la muestra de agua evaluada. El agua se puede clasificar en 5 condiciones según calidad, como se indica en la Tabla 7-87

Tabla 7-87 Escalas de clasificación ICA

CLASIFICACIÓN	RANGO	
Bueno	90	100
Moderado	71	89
Promedio	31	70

CLASIFICACIÓN	RANGO	
Alerta	15	30
Pobre	0	15

Fuente: Fuente: Torres, 2009

Elaborado por: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021.

b. Limitaciones

El análisis del ICA con los valores obtenidos del análisis de laboratorio es específico para el momento y lugar en el que fueron muestreados, por lo que, para conocer el estado real de estos cuerpos, se deberá mantener un monitoreo en los mismos puntos, que permita a futuro realizar un análisis estadístico que nos acerque a la realidad de los mismos.

Las concentraciones utilizadas para el análisis ICA, corresponden a los valores reportados por el laboratorio Gruntec. Por ello, en los casos en los que el valor obtenido fue inferior al límite de cuantificación acreditado, se utilizó el mínimo valor reportado, lo cual tiene un impacto sobre el ICA calculado, al ser concentraciones aproximadas.

7.1.10.8.2 Resultados

A continuación, en la Tabla 7-88, se resumen los resultados de la aplicación de las ecuaciones anteriores, para el cálculo del ICA.

Tabla 7-88 Resultados calculo ICA

PARÁMETRO	UNIDADES	A-TC-01		A-TC-02		A-TC-03		A-TC-04		A-TC-05		A-TC-06		A-TC-07		A-TC-08		A-TC-09		A-TC-10	
		CONC.	SI	CONC.	SI	CONC.	SI	CONC.	SI	CONC.	SI	CONC.	SI	CONC.	SI	CONC.	SI	CONC.	SI	CONC.	SI
SUBCUENCA		Quebrada El Carmen		Río Primavera		Río Blanco		Río Golondrinas/ Goaltal		Río Chorro Blanco		Río Sin nombre		Río Tablas		Río Gualchán		Quebrada de oro		Quebrada sin nombre	
pH	Unidades pH	8,1	0,77	8,1	0,77	8	0,80	7,7	0,89	7,7	0,89	7,4	0,96	7,5	0,94	7,9	0,84	7,4	0,96	7,6	0,92
Oxígeno Disuelto	% Sat	0,999	1,00	1	1,00	0,99	1,00	1	1,00	1	1,00	1	1,00	1	1,00	1	1,00	1	1,00	1	1,00
Nitratos	mg/L	0,23	0,92	0,23	0,92	0,24	0,91	0,76	0,77	0,35	0,88	0,59	0,81	0,52	0,83	0,28	0,90	0,31	0,89	0,66	0,79
DBO5	mg/L	2	0,61	2	0,61	2	0,61	2	0,61	2	0,61	2	0,61	2	0,61	2	0,61	2	0,61	2	0,61
Plomo	ug/L	0,5	0,94	0,5	0,94	0,5	0,94	0,5	0,94	0,8	0,90	0,5	0,94	0,6	0,93	2,8	0,70	0,5	0,94	0,8	0,90
Mercurio	ug/L	0,1	0,93	0,1	0,93	0,1	0,93	0,1	0,93	0,1	0,93	0,1	0,93	0,1	0,93	0,1	0,93	0,1	0,93	0,1	0,93
Amonio	mg/L	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00
Solidos Suspendidos	mg/L	5	0,91	26	0,63	10	0,83	8	0,87	13	0,79	5	0,91	15	0,76	5	0,91	5	0,91	11	0,82
ICA		52		46		51		51		51		54		51		48		55		51	
INTERPRETACIÓN		Promedio		Promedio		Promedio		Promedio		Promedio		Promedio		Promedio		Promedio		Promedio		Promedio	

Fuente: Fuente: Torres, 2009

Elaborado por: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

Se evidencia que para el área de estudio el ICA se encuentra en el rango “Promedio”, cuando un agua presenta una calidad promedio, significa que, si bien la calidad de agua no se encuentra en perfecto estado, es compatible con el medio actual en el que se desplaza. En ese sentido necesario considerar las actividades que se ejecutan en la zona y mantener un control sobre estas aguas, a fin de evitar deterioro en el futuro.

En el análisis se aprecia que el ICA calculado se ve influenciado principalmente por las concentraciones registradas de DBO_5 (cuyo valor corresponde al límite de cuantificación de laboratorio, lo cual se describió como limitación al método), metales como plomo y mercurio, variaciones en el pH y la presencia de sólidos suspendidos.

Como se indicó anteriormente, la presencia de sólidos suspendidos, está relacionada a las fuertes pendientes de la zona, que hacen que el agua erosione las riveras y aporte sedimentos al agua. Esta erosión del suelo, además, aporta al agua elementos que forman parte de la corteza terrestre de forma natural, como plomo y mercurio. Así mismo, procesos de descomposición afectan al pH y a la disponibilidad de oxígeno en las aguas estudiadas. Es importante mencionar que en la zona no se desarrollan actividades mineras, únicamente actividades agrícolas y que tanto las concentraciones identificadas durante el muestreo, como el ICA calculado constituyen una base para futuros análisis.

7.1.10.9 Conclusiones

- Los resultados de los parámetros analizados evidencian que la calidad de agua superficial en los ríos que atraviesan la concesión minera no presenta contaminación, los parámetros que superan el criterio de calidad establecido para los distintos cuerpos de agua, corresponden especialmente a metales, entre ellos los siguientes: aluminio, hierro, plomo, selenio y zinc.
- En lo que respecta a la prevención de la vida acuática y silvestre, el estudio demuestra que los principales parámetros que influyen en el desarrollo de los organismos vivos y el equilibrio del recurso hídrico, se encuentran en niveles adecuados, uno de ellos es el oxígeno disuelto el mismo que es crucial para la determinación de la calidad del agua, sus concentraciones son adecuadas para el desarrollo de la vida en el recurso.
- Se evidenció que la mayoría de los puntos de muestreo presentan concentraciones por debajo de los límites permitidos para metales como: arsénico, cadmio, cromo, plata entre otros. Sin embargo también existen concentraciones de parámetros fuera de la norma como son para el aluminio, hierro, plomo, selenio y zinc.
- El ICA obtenido bajo el método ICAST, presenta una calidad de agua promedio en todos los puntos de muestreo del área de estudio.

7.1.11 Paisaje

7.1.11.1 Metodología

Para la determinación de la calidad paisajística del área de estudio se utilizó la metodología establecida por Conesa (2003), complementada con lo señalado por el Bureau of Land Management (BLM, 1980). Metodologías en las que se considera el

paisaje visual, como expresión de los valores estéticos, plásticos y emocionales del medio natural.

El método Conesa (2003), señala que la evaluación de calidad debe contener los siguientes aspectos:

1. Valoración indirecta a través de los componentes del paisaje, para ello se debe desagregar los componentes paisajísticos (morfología, vegetación, color, presencia de agua, etc.) y valorar de forma ponderada cada uno de ellos a fin obtener un valor absoluto (Va).

Tabla 7-89 Valoración indirecta de componentes paisajísticos

PAISAJE	VA
Espectacular	17 a 25
Soberbio	8 a 16
Distinguido	4 a 8
Agradable	2 a 4
Vulgar	1 a 2
Feo	0 a 1

Fuente: Conesa, 2003

Elaborado por: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

2. El valor absoluto obtenido, se corrige en función de la presencia de núcleos urbanos, y accesibilidad a los puntos de observación, mediante la variable denominada (K), la cual se calcula de la siguiente forma.

$$K = 1,125 \left[\frac{P}{d} \cdot Ac \cdot S \right]^{1/4}$$

Donde,

- K Factor de corrección
- P ratio de función del tamaño medio de las poblaciones próximas (tabla disponible en el acápite IX. Paisaje de Conesa, 2003).
- d ratio función de la distancia media en Km, a las poblaciones próximas en Km (tabla disponible en el acápite IX. Paisaje de Conesa, 2003)
- Ac accesibilidad a los puntos de observación o a la cuenca visual (Inmediata 4, Buena3, Regular 2, Mala 1, Inaccesible 0).
- S Superficie desde lo que es percibida la actuación (cuenca visual) (Muy Grande 4, Grande 3, Pequeña 2, Muy Pequeña 1).

3. Utilizando la información anterior, se procede a calcular el Valor relativo (Vr) del paisaje, mediante la siguiente relación.

$$V_r = V_a \times K$$

Donde,

- Vr Valor relativo (%)
- Va Valor absoluto (1).

K Factor de corrección (2)

4. Una vez se dispone del V_r , se ingresa en la función de transformación de calidad paisajística (disponible en el acápite IX. Paisaje de Conesa, 2003), la cual evalúa dicho componente de 0 a 1.

Para una fácil interpretación se han establecido los siguientes intervalos.

Tabla 7-90 Descripción CA paisajística

DESCRIPCIÓN	RANGO
Áreas de calidad paisajística alta	0,7- 1,0
Áreas de calidad paisajística media	0,3 – 0,7
Áreas de calidad paisajística baja	0,0 – 0,3

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

Elaborado por: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

Es importante señalar que, el cálculo de V_a de esta metodología no se define en Conesa (2003). Por ello, para determinar los parámetros paisajísticos a evaluar, se ha utilizado de forma complementaria la metodología del Bureau of Land Management (1986), que establece parámetros criterios de valoración de distintos componentes del paisaje desagregados, como se indica en la Tabla 7-91.

Tabla 7-91 Criterios de evaluación y puntuación de parámetros paisaje

COMPONENTE	CRITERIOS DE VALORACIÓN Y PUNTUACIÓN		
MORFOLOGÍA	Relieve muy montañoso, marcado y prominente, (acantilados, agujas, grandes formaciones rocosas); o bien relieve de gran variedad superficial o muy erosionado, o sistemas de dunas, o bien presencia de algún rasgo muy singular y dominantes.	Formas erosivas interesantes o relieve variado en tamaño y forma. Presencia de formas y detalles interesantes pero no dominantes o excepcionales.	Colinas suaves, fondos de valle planos, pocos o ningún detalle singular-
CALIFICACIÓN:	5	3	1
VEGETACIÓN	Gran variedad de tipos de vegetación, con formas, texturas y distribución interesante.	Alguna variedad en la vegetación pero solo uno o dos tipos.	Poca o ninguna variedad o contraste en la vegetación.
CALIFICACIÓN:	5	3	1
AGUA	Factor dominante en el paisaje, limpia y clara, aguas blancas (rápidos y cascadas) o láminas de agua en reposo	Agua en movimiento o reposo pero no dominante en el paisaje	Ausente o inapreciable
CALIFICACIÓN:	5	3	0
COLOR	Combinaciones de color intensas y variadas o contrastes agradables	Alguna variedad e intensidad en los colores y contrastes pero no actúa como elemento dominante	Muy poca variación de color o contraste, colores apagados
CALIFICACIÓN:	5	3	1
FONDO ESCÉNICO	El paisaje circundante potencia mucho la calidad visual.	El paisaje circundante incrementa moderadamente la	El paisaje adyacente no ejerce influencia en

COMPONENTE	CRITERIOS DE VALORACIÓN Y PUNTUACIÓN		
		calidad visual en el conjunto.	la calidad del conjunto.
CALIFICACIÓN:	5	3	0

Fuente: Bureau of Land Management, 1980 (modificado).

Elaborado por: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021.

Una vez evaluado cada parámetro, conforme a la ponderación señalada en la Tabla 7-91, se procede a sumar cada valor, el resultado, se comparó con la escala presentada en la Tabla 7-89.


7.1.11.2 Desarrollo




En función de la metodología anteriormente, se presenta a continuación los resultados del análisis de paisaje realizado para el área del proyecto.

7.1.11.2.1 Determinación de Va

Para la determinación de este parámetro, el equipo técnico que visitó la zona de análisis evaluó los componentes paisajísticos desagregados, como se resume en la Tabla 7-92

Tabla 7-92 Evaluación Valoración Absoluta

COMPONENTE	ANÁLISIS-JUSTIFICACIÓN	VALORACIÓN
MORFOLOGÍA	<p>En la mayor parte que cubre las concesiones de La Primavera y Tres Cerrillos presenta paisajes con geformas planas en las cuencas bajas de los principales ríos e inclinadas y fuertemente escarpadas en las zonas de ladera; su relación con el buzamiento de los estratos evidencia un desnivel relativo promedio de 480 m.</p> 	5
VEGETACIÓN	<p>En el área de la concesión se observa especialmente tierras de uso agropecuario ubicados junto a los centros poblados y vía de acceso a la zona. En los alrededores predomina bosque nativo, como se observa en el acápite 7.1.8 Cobertura vegetal y uso actual.</p>	3

COMPONENTE	ANÁLISIS-JUSTIFICACIÓN	VALORACIÓN
		
<p>AGUA</p>	<p>El agua se aprecia visualmente limpia y clara; debido al relieve montañoso, el agua corre rápidamente en el sector, en el sector existen varios riachuelos y quebradas.</p> 	<p>5</p>
<p>COLOR</p>	<p>En el área de estudio predomina el color verde del bosque nativo, acompañado de verde más claro de los pastizales y de las tierras agropecuarias, no se aprecia grandes variaciones en este aspecto.</p>	<p>1</p>
<p>FONDO ESCÉNICO</p>	<p>La calidad visual de la zona, en la que se observan mosaicos agropecuarios, se ve moderadamente potenciado por el relieve montañoso la vegetación nativa, el agua de las quebradas que corre rápido y los altos árboles de la zona entregan un importante contraste al entorno.</p> 	<p>3</p>
<p>TOTAL (VA)</p>		<p>17</p>

Fuente: Bureau of Land Management, 1980 (modificado).
Elaborado por: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021.

De acuerdo con la evaluación el Va obtenido para la zona corresponde a Espectacular.

7.1.11.2.2 Determinación de VR

c. Factor de corrección K

El factor de corrección se calculó considerando los siguientes puntajes para los factores:

- P se emite un valor de 2 de conformidad con la metodología Conesa (2003), considerando que los centros poblados dentro de la concesión son aproximadamente 6.
- d se emite un valor de 4, considerando las distancias de los centros poblados de encuentran en promedio a 5 - 6 km de los márgenes de las concesiones.
- Ac se emite un valor de 2 ya que el acceso a puntos de observación es regular, es decir al interior de las concesiones no existen caminos, ni trochas abiertas; sin embargo, al ser terrenos principalmente agrícolas, se puede acceder caminando.
- S Debido a las condiciones escarpadas del terreno, la cuenca visual (vista al valle) desde las partes altas, es pequeña, por lo que se evalúa como 2.



Figura 7-70 Vista desde parte elevada del proyecto minero

Fuente: Ecuambiente Consulting Group, febrero 2021.

Elaborado por: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021.

En función de lo anterior se realiza el cálculo de K, para el cual se ha obtenido un valor de 1,34.

d. Determinación de VR

Al aplicar la ecuación para el cálculo de Vr, se obtiene el valor de 22,74%, con el cual se ingresa la función de transformación de Conesa (2003), presentada en la Figura 7-71.

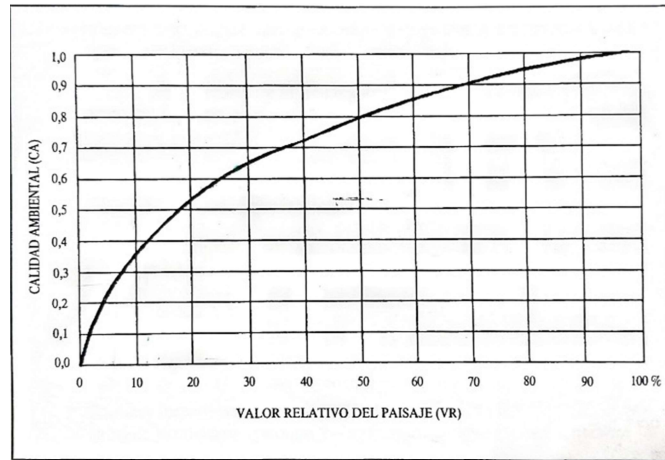


Figura 7-71 Función de transformación Valor relativo paisaje vs. Calidad Ambiental (Paisajística)

Fuente: Conesa, 2003

Elaborado por: Ecuambiente Consulting Group, mayo 2021

7.1.11.3 Interpretación

De acuerdo con la función de transformación presentada en Conesa (2003), el valor de CA aproximado corresponde a 0,55 puntos, el cual cae dentro del rango de Áreas de calidad media.