

Historial del Documento

Versión	Fecha Entrega	Descripción o Actualización	Elaborado Por	Revisado por
0	04/08/2022	Elaboración de Informe	Edisson Díaz	Gina Viera
1	08/11/2022	Respuesta a observaciones Pluspetrol	Gina Viera	
2	20/01/2023	Inclusión información	Maribel Molina	Adriana Jaramillo
3	26/01/2023	Edición	Andrea Meza	
4	20/03/2023	Respuesta a observaciones del MAATE	Maribel Molina	
5	17/05/2023	Actualización del documento	Maribel Molina	
6	01/09/2023	Respuestas a observaciones del MAATE	Felipe Herrera	

© Entrix. El derecho de autor en su totalidad y en cada parte de este documento pertenece a Entrix y no puede ser usado, vendido, transferido, copiado o reproducido en su totalidad o en parte de cualquier manera o forma o en cualquier medio a cualquier persona que no sea por acuerdo con Entrix

Este documento es producido por Entrix únicamente para el beneficio y uso por parte del cliente de acuerdo con los términos del contrato. Entrix no asume y no asumirá ninguna responsabilidad u obligación de ningún tercero derivada de cualquier uso o confianza por parte de terceros en el contenido de este documento.

Página en blanco

Tabla de Contenido

5	Diagnóstico Ambiental Línea Base	5-1
5.1	Componente Físico	5-1
5.1.1	Climatología	5-1
5.1.2	Ruido Ambiental.....	5-19
5.1.3	Geología.....	5-32
5.1.4	Vulcanismo.....	5-44
5.1.5	Geotecnia.....	5-45
5.1.6	Sismicidad.....	5-59
5.1.7	Geomorfología	5-67
5.1.8	Estabilidad Geomorfológica	5-75
5.1.9	Conclusiones del Componente Geológico.....	5-77
5.1.10	Suelos	5-78
5.1.11	Calidad de Aire.....	5-117
5.1.12	Hidrología y Calidad de Agua	5-123
5.1.13	Paisaje Natural.....	5-167

Tablas

Tabla 5-1	Estaciones Meteorológicas Cercanas al Área Geográfica del Proyecto	5-2
Tabla 5-2	Ubicación de la Estación Meteorológica El Coca - Aeropuerto	5-5
Tabla 5-3	Caracterización Climática-Estación Meteorológica Aeropuerto El Coca Periodo 1981-2022	5-9
Tabla 5-4	Velocidad del Viento Estación Meteorológica EAL (1981 – 2022)	5-14
Tabla 5-5	Ubicación de Puntos de Muestreo de Ruido Ambiental	5-21
Tabla 5-6	Resultados de Monitoreo de Ruido Ambiental	5-27
Tabla 5-7	Leq Diurno Promedio del Área Geográfica	5-31
Tabla 5-8	Leq Nocturno Promedio del Área Geográfica.....	5-31
Tabla 5-9	Calidad Geotécnica y Valoración	5-47
Tabla 5-10	Descripción de las Zonas Geotécnicas.....	5-47
Tabla 5-11	Ubicación de los Puntos de Muestreo Geotécnico	5-49
Tabla 5-12	Características Físicas de los Suelos	5-51
Tabla 5-13	Características Físicas de los Suelos en el Área de la Plataforma Siccha	5-54
Tabla 5-14	Resultados de ensayos triaxial UU	5-57
Tabla 5-15	Características de la sismicidad en cada fuente sísmica: número de eventos, magnitud máxima y magnitud promedio. (Año 2021)	5-62
Tabla 5-16	Características de la falla más cercana al área del proyecto	5-64
Tabla 5-17	Rangos de Pendientes.....	5-67
Tabla 5-18	Unidades del Paisaje Geomorfológico.....	5-69

Tabla 5-19	Estabilidad Geomorfológica y Riesgo Físico	5-76
Tabla 5-20	Parámetros Analizados para Calidad de Suelo	5-82
Tabla 5-21	Ubicación de Puntos de Muestreo de Calidad de Suelo	5-85
Tabla 5-22	Resultados de Calidad de Suelo.....	5-91
Tabla 5-23	Parámetros Analizados para Calidad de Suelo	5-103
Tabla 5-24	Ubicación de Puntos de Muestreo de Edafología.....	5-105
Tabla 5-25	Resultados de Edafología.....	5-109
Tabla 5-26	Matriz de Interpretación del Conflicto de Uso del Suelo.....	5-116
Tabla 5-27	Detalle de Parámetros de Medición, Horas de Monitoreo y Límites Permisibles según el Anexo 4, Acuerdo Ministerial 097 A	5-118
Tabla 5-28	Equipos Utilizados para la Medición	5-118
Tabla 5-29	Parámetros Analizados y Criterios de Calidad de Aire.....	5-120
Tabla 5-30	Ubicación de Puntos de Monitoreo de Calidad de Aire	5-121
Tabla 5-31	Resultados del Monitoreo de Calidad de Aire	5-123
Tabla 5-32	Unidades Hidrográficas del Proyecto.....	5-125
Tabla 5-33	Características de las Unidades Hidrográficas del área geográfica	5-127
Tabla 5-34	Rangos Aproximados del Factor de Forma	5-129
Tabla 5-35	Rangos Aproximados de la Densidad del Drenaje	5-131
Tabla 5-36	Coefficientes a partir de los Parámetros Fisiográficos de las Unidades Hidrográficas Analizadas	5-131
Tabla 5-37	Análisis de Resultados del Coeficiente de Forma (kt)	5-132
Tabla 5-38	Análisis de Resultados del Coeficiente de Compacidad (kc)	5-132
Tabla 5-39	Análisis de Resultados de la Densidad de Drenaje (Dd).....	5-133
Tabla 5-40	Análisis de Resultados de Sinuosidad (Si)	5-133
Tabla 5-41	Cálculo de Caudales de los Cuerpos Hídricos Muestreados	5-135
Tabla 5-42	Unidades Litológicas por Permeabilidad Intergranular y por Fracturamiento.....	5-138
Tabla 5-43	Inventario de Puntos de Agua Subterránea.....	5-139
Tabla 5-44	Definición Práctica de Clases de Vulnerabilidad a la Contaminación de Acuíferos	5-140
Tabla 5-45	Análisis de la Vulnerabilidad de Acuíferos a la Contaminación.....	5-141
Tabla 5-46	Características del Equipo de Medición de Parámetros In Situ	5-143
Tabla 5-47	Parámetros a ser Analizados.....	5-143
Tabla 5-48	Ubicación de Puntos de Muestreo de Calidad de Agua	5-147
Tabla 5-49	Parámetros In Situ de los Cuerpos de Agua Muestreados.....	5-155
Tabla 5-50	Resultados de Calidad de Agua	5-159
Tabla 5-51	Valoración del Paisaje	5-170

Figuras

Figura 5-1	Rol de los Estudios de Línea Base en los Estudios de Impacto Ambiental	5-1
Figura 5-2	Tipos de Clima de las Estaciones Cercanas al Proyecto	5-4
Figura 5-3	Isoyetas de las Estaciones más Cercanas al Área Geográfica del Proyecto	5-5
Figura 5-4	Isotermas de las Estaciones más Cercanas al Área Geográfica del Proyecto	5-6
Figura 5-5	Precipitación Media Estación Meteorológica (1981-2022)	5-11
Figura 5-6	Temperatura Media Estación Meteorológica (1981-2022)	5-12
Figura 5-7	Humedad Relativa Estación Meteorológica EAL (1981-2022)	5-13
Figura 5-8	Nubosidad Estación Meteorológica (1981-2022).....	5-14
Figura 5-9	Velocidad del Viento Estación Meteorológica (1981-2022).....	5-15
Figura 5-10	Rosa de los Vientos Estación Meteorológica (1981-2022).....	5-16
Figura 5-11	Evapotranspiración Potencial Estación Meteorológica EAL (1981-2022)	5-17
Figura 5-12	Balance Hídrico Estación Meteorológica (1981-2022)	5-18
Figura 5-13	Diagrama Ombrotérmico Estación Meteorológica (1981-2022)	5-18
Figura 5-14	Análisis de Resultados de Ruido Ambiental Diurno (dB).....	5-29
Figura 5-15	Análisis de Resultados de Ruido Ambiental Nocturno (dB).....	5-30
Figura 5-16	Corredores Estructurales de la Cuenca Oriente	5-34
Figura 5-17	Sección Estructural de los Corredores	5-34
Figura 5-18	Columna Litoestratigráfica de la Cuenca Oriente	5-35
Figura 5-19	Esquema del Bloque Nor-Andino.....	5-36
Figura 5-20	Mapa estructural de la Cuenca Oriente, mostrando la depresión y el mega abanico Pastaza (Pastaza megafan).	5-37
Figura 5-21	Ubicación del proyecto respecto al Mapa Geológico de la República del Ecuador	5-38
Figura 5-22	Afloramiento de la formación Mera en posición Subhorizontal – Margen Izquierdo del Río Villano.	5-39
Figura 5-23	Depósitos aluviales en la margen izquierda del río Villano	5-40
Figura 5-24	Línea Sísmica Arbitraria Sobre los Campos Villano y el Prospecto Siccha Mostrando la Interpretación en Tiempo de los Horizontes Sísmicos Principales.	5-41
Figura 5-25	Esquemas de pozo correlacionados a la columna litoestratigráfica de la cuenca Oriente	5-42
Figura 5-26	Ubicación de las Perforaciones Geotécnicas	5-54
Figura 5-27	Número mensual de eventos en las fuentes de interfaz. La profundidad de los eventos es de hasta 40 km excepto la fuente de Esmeraldas que va hasta los 50 km.....	5-60
Figura 5-28	Número mensual de los eventos en las fuentes corticales (Beauval et al. 2018). La profundidad de los eventos es de hasta 35 km	5-61
Figura 5-29	Número mensual de los eventos en las fuentes profundas que incluyen el slab. En esta figura no se considera la fuente Loreto.	5-62
Figura 5-30	Fallas Cuaternarias en las Cercanías al Campo Siccha	5-65

Figura 5-31	Mapa de zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z (Norma ecuatoriana de la construcción -NEC 2011)	5-66
Figura 5-32	Superficies de cono de esparcimiento muy disectado. Sector Calicata MS-03	5-72
Figura 5-33	Valle Fluvial del río Villano.....	5-73
Figura 5-34	Vertiente Rectilínea, Sector Calicata MS-01.	5-74
Figura 5-35	Áreas y Porcentajes de las Geoformas en el Área Geográfica	5-75
Figura 5-36	Unidades de Muestreo en la Plataforma Siccha y vía de acceso	5-80
Figura 5-37	Unidades de Muestreo en Línea de Flujo y sus accesos	5-81
Figura 5-38	Análisis de Resultados de pH	5-96
Figura 5-39	Análisis de Resultados de Cromo.....	5-97
Figura 5-40	Análisis de Resultados de Bario	5-98
Figura 5-41	Análisis de Resultados de Cobalto	5-99
Figura 5-42	Análisis de Resultados de Cobre	5-100
Figura 5-43	Análisis de Resultados de Níquel	5-101
Figura 5-44	Análisis de Resultados de Vanadio	5-102
Figura 5-45	Análisis de Resultados de Zinc	5-102
Figura 5-46	Cobertura Vegetal en Áreas (ha) y Porcentajes	5-114
Figura 5-47	Comparación de la Forma de Unidades Hidrográficas según Kc.....	5-130
Figura 5-48	Valoración GOD para Vulnerabilidad de Acuíferos	5-140
Figura 5-49	Análisis de Resultados de Calidad de Agua [Oxígeno de Saturación (%)]	5-162
Figura 5-50	Análisis de Resultados de Calidad de Agua [Cromo (mg/l)].....	5-163
Figura 5-51	Análisis de Resultados de Calidad de Agua [Hierro (mg/l)].....	5-164
Figura 5-52	Análisis de Resultados de Calidad de Agua [Níquel (mg/l)]	5-165
Figura 5-53	Análisis de Resultados de Calidad de Agua [Plomo (mg/l)]	5-166
Figura 5-54	Paisajes del Área de Estudio	5-168

5 Diagnóstico Ambiental Línea Base

Hirsch (1980) define al diagnóstico ambiental de línea base como una descripción de condiciones existentes en un punto en el tiempo contra los subsecuentes cambios que se presentan por la ejecución de un proyecto, los cuales se pueden detectar a través del monitoreo. En otras palabras, el objetivo del Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) es predecir los posibles cambios sociales y ambientales como resultado de la ejecución del proyecto analizado partiendo de los estudios de línea base que proveen la visión del entorno, previa ejecución del proyecto, y terminando con la definición de un plan de monitoreo como parte del PMA, cuya ejecución da la visión posterior del proyecto con el objetivo de medir los cambios de los componentes ambientales y sociales a lo largo del tiempo.

La siguiente figura explica el rol del estudio de línea base en los EsIA y su relación con la fase de muestreo. Como se puede observar, la primera etapa es la descripción de los parámetros ambientales y sociales a evaluar previo al inicio del proyecto; para ello, es necesario definir el alcance del estudio de línea base. En el caso del presente EsIA, los parámetros a evaluarse son: clima, ruido, geología, geomorfología, sismicidad, edafología y calidad del suelo, calidad del aire, hidrología, flora, fauna y componentes socioeconómico y arqueológico. La descripción de estos componentes ayuda a prever los posibles impactos socioambientales que podrán suceder por la ejecución del presente proyecto.

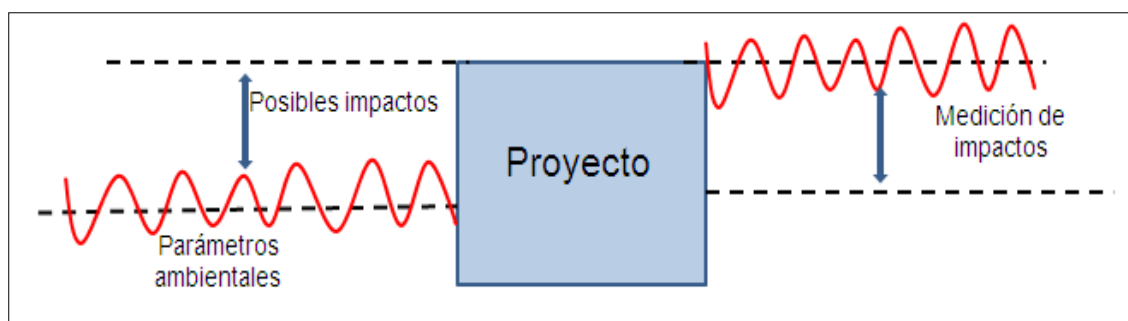


Figura 5-1 Rol de los Estudios de Línea Base en los Estudios de Impacto Ambiental

Fuente: Wathem, 2001

5.1 Componente Físico

5.1.1 Climatología

El clima se suele definir en sentido restringido como el estado promedio del tiempo y, más rigurosamente, como una descripción estadística del tiempo atmosférico en términos de los valores medios y de la variabilidad de las magnitudes correspondientes durante períodos que pueden abarcar desde meses hasta millares o millones de años. En un sentido más amplio, el clima es el estado del sistema climático en términos tanto clásicos como estadísticos (UC, 2017).

5.1.1.1 Metodología

Conforme el Mapa del INAMHI, Tipos de Clima del Ecuador, escala 1:100000 de 2017, el área geográfica del proyecto se ubica en un tipo de clima superhúmedo sin déficit de agua, megatérmico o cálido (Anexo D. Cartografía, 5.1-3 Clima).

En base al Mapa del INAMHI, Isotermas de Ecuador, escala 1:1000000 de 2008, el área geográfica se ubica en una temperatura media de 24-26 C (Anexo D. Cartografía, 5.1-4 Isotermas) y respecto a Isoyetas

el área geográfica se ubica entre 3000 – 4000 mm conforme el INAMHI, Mapa de Isoyetas de Ecuador, escala 1:1 000000 de 2008 (Anexo D. Cartografía, 5.1-5 Isoyetas).

Para el análisis de los parámetros meteorológicos y climatológicos se recopiló la información de fuentes oficiales de la estación meteorológica más próxima al área de estudio recolectados durante un lapso de al menos 10 años. De esta manera, la información recolectada permite realizar la caracterización de los parámetros climáticos de la zona.

Las estaciones analizadas son operadas por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) y la Dirección General de Aviación Civil (DGAC). Adicionalmente, en el presente análisis se considera el criterio aplicado en el presente estudio, en el cual se realizó el análisis de clima en base a los datos de las estaciones meteorológicas cercanas. A continuación, la Tabla 5-1 y Figura 5-2 muestran las estaciones meteorológicas más cercanas al área del proyecto.

Tabla 5-1 Estaciones Meteorológicas Cercanas al Área Geográfica del Proyecto

Nombre de la Estación	Tipo de Estación	Código	Activa/ Inactiva	Coordenadas UTM WGS 84 Zona 18 Sur		Operador	Distancia (km)
				Este (m)	Norte (m)		
Puyo	Meteorológica	M008	Activa	838765,07	9833337,90	INAMHI	65,25
Epoch 32	CO	M0048	Inactiva	842895,00	98822525,00	INAMHI	62,45
Km 20 Vía Puyo Arajuno	Pluviométrica	M0494	Inactiva	852200,00	9837271,00	INAMHI	51,86
Teniente Hugo Ortiz	Pluviométrica	M0495	Inactiva	842928,00	9846509,00	INAMHI	62,04
Payamino	Pluviométrica	M0709	Inactiva	893053,00	9833519,00	INAMHI	11,03
Aeropuerto Lago Agrio (Nueva Loja)	Meteorológica	M061	Activa	290162,34	10010692,03	DGAC	182,11
El Coca-Aeropuerto	Meteorológica	M-052	Activa	278895,91	9950231,35	DGAC	121,37
Macas San Isidro-PNS	CO	M1040	Activa	148297.76	9755395.00	INAMHI	112,34

Fuente: INAMHI, 2023
 Elaboración: Entrix., mayo 2023

Una vez identificadas las estaciones más cercanas al área del proyecto se verificó la disponibilidad de información climatológica en los anuarios meteorológicos del INAMHI y en la DGAC ya que es necesario que se cuente con series continuas de información de al menos 10 años para que sea estadísticamente representativo, así como de los parámetros a ser analizados, dado que son necesarios para realizar un análisis climatológico completo y adecuado. Las estaciones que no cumplen con este criterio fueron descartadas del análisis climatológico.

Según la información disponible del INAMHI las estaciones Puyo (M008) y Epoch 32 (M0048) localizadas a 65,25 km y 62,45 km del área geográfica del proyecto respectivamente, se ubican en un tipo de clima Mesotérmico templado cálido, isoyetas de 4000 a 5000 mm, isotermas de 20-22 °C, diferente al tipo de clima, isoyeta e isoterma identificado en el área geográfica del proyecto, por lo tanto, mencionadas estaciones son descartadas para el análisis de climatología.

Las estaciones Km 20 Vía Puyo Arajuno (M0494), Teniente Hugo Ortiz (M0495), Payamino (M0709) localizadas a 51,86 Km, 62,04 km y 11, 03 km del área geográfica del proyecto respectivamente, operadas

por el INAMHI, se encuentran en el mismo piso climático que el área geográfica del proyecto que corresponde a clima superhúmedo sin déficit de agua, megatérmico o cálido, sin embargo, estas estaciones son únicamente pluviométricas y no cuentan con series continuas de información de al menos 10 años, es decir, no cuenta con la información meteorológica completa y necesaria para el desarrollo y análisis de la información climatológica del proyecto, por lo cual son descartadas para el análisis climatológico.

La estación meteorológica M061 (Aeropuerto Lago Agrio), operada por la Dirección General de Aviación Civil (DGAC), se ubica a 182 km del área geográfica, se encuentra en el mismo piso climático correspondiente a superhúmedo sin déficit de agua, megatérmico o cálido, isoyeta e isoterma que el área geográfica del proyecto.

La estación meteorológica M-052 (El Coca - Aeropuerto) operada por la Dirección General de Aviación Civil (DGAC), ubicada a 121,37 km se encuentra en el mismo piso climático, isoterma e isoyeta que el área geográfica del proyecto.

La estación meteorológica M1040 (Macas San Isidro-PNS), operada por el INAMHI, se ubica a 112.34 km del área geográfica, se encuentra en un piso climático distinto al área geográfica del proyecto, es decir, clima cálido húmedo con pequeño déficit de agua, mesotérmico templado cálido; así como, distinta isoyeta e isoterma que el área geográfica del proyecto.

En la Figura 5-2 se presenta las distancias de las estaciones meteorológicas al área geográfica del proyecto:

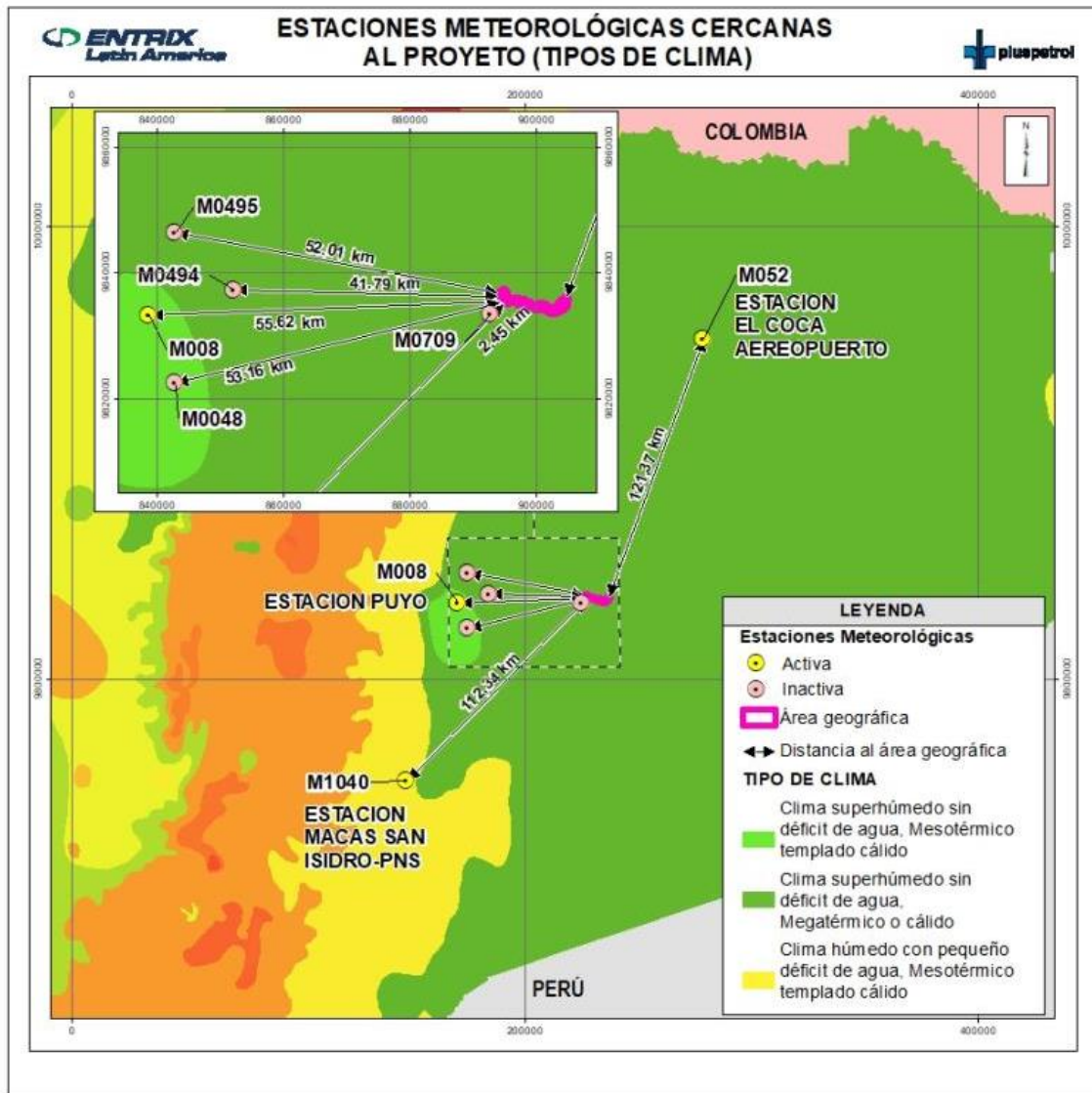


Figura 5-2 Tipos de Clima de las Estaciones Cercanas al Proyecto

Fuente: INAMHI, Escala 1:100 000, 2017
 Elaboración: Entrix., mayo 2023

En base a lo antes expuesto para el análisis climatológico se ha considerado la información de la estación meteorológica M-052 (El Coca-Aeropuerto) de la Dirección de Aviación Civil (DAC), al ser la estación más cercana al área geográfica del proyecto con una distancia de 121,37 km, ubicada en el mismo tipo de clima correspondiente a Clima superhúmedo sin déficit de agua, Megatérmico o cálido, misma isoyeta con una precipitación de 3000-4000 mm (Figura 5-3), así como misma isoterma que se encuentra a una temperatura de 24-26 °C (Figura 5-4) respecto a la ubicación del área geográfica y cuenta con recopilación histórica del período comprendido entre 1981 y 2022 (42 años) dando una fiabilidad a los resultados obtenidos del análisis de los parámetros climatológicos. (Anexo B. Documentos de Respaldo, B.1. Físico, B.1.1. Climatología).

Tabla 5-2 Ubicación de la Estación Meteorológica El Coca - Aeropuerto

Nombre de la Estación	Tipo de Estación	Código	Coordenadas UTM WGS 84 Zona 18 Sur		Altitud	Operador	Distancia (km)
			Este (m)	Norte (m)			
El Coca-Aeropuerto	Meteorológica	M052	278895,91	9950231,35	249	DGAC	121,37

Fuente: Pluspetrol, mayo 2023
Elaborado por: Entrix, mayo 2023

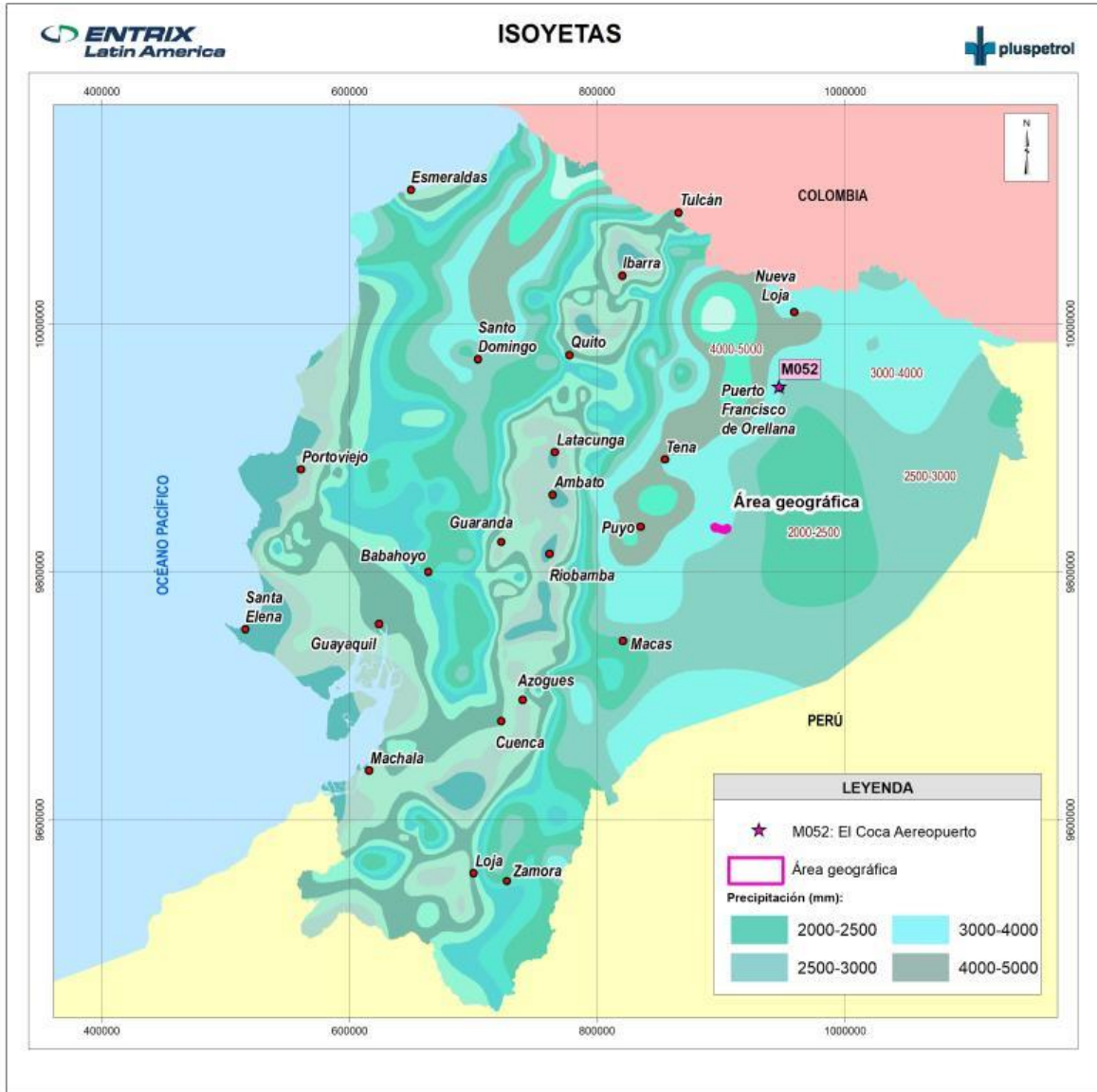


Figura 5-3 Isoyetas de las Estaciones más Cercanas al Área Geográfica del Proyecto

Fuente: INAMHI, Escala 1:100 000, 2017
Elaboración: Entrix., mayo 2023

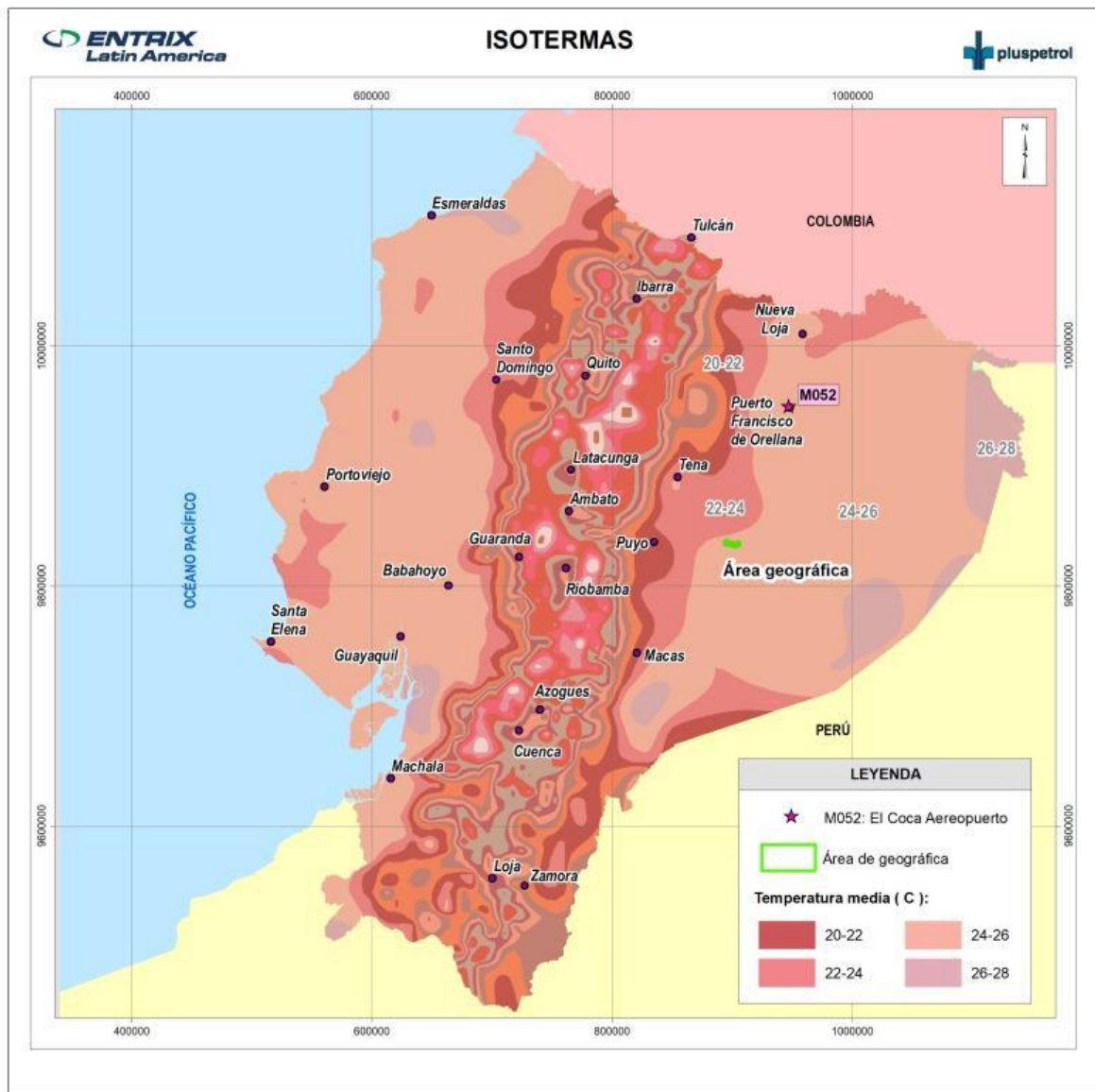


Figura 5-4 Isotermas de las Estaciones más Cercanas al Área Geográfica del Proyecto

Fuente: INAMHI, Escala 1:100 000, 2017
Elaboración: Entrix., mayo 2023

El clima de la región amazónica ecuatoriana está determinado por la incidencia de factores meteorológicos, cuya variación depende de la ubicación geográfica, la topografía, el tipo de cobertura vegetal y la época del año, variables que caracterizan la climatología de la región (INAMHI, 2010).

La Amazonía ecuatoriana está ubicada dentro de la faja ecuatorial (dentro de los 5° de latitud norte y sur), lo que hace que los parámetros meteorológicos a nivel global estén influenciados también por el desplazamiento anual de la zona de convergencia intertropical del Ecuador térmico, la vaguada del sur y el desplazamiento anual del ciclón térmico de la Amazonía (INAMHI, 2010).

En la Tabla 5-3 se presentan los valores de los diferentes parámetros climatológicos analizados, con base en la información obtenida de la estación meteorológica Aeropuerto El Coca. El análisis estadístico se realizó sobre la base de los registros mensuales y el periodo de datos manejados fue de 42 años, comprendido entre el 1981 y 2022. Estos datos corresponden a los promedios mensuales multianuales. (Anexo B. Documentos de Respaldo, B.1. Físico, B.1.1. Climatología).

Página en Blanco

Tabla 5-3 Caracterización Climática-Estación Meteorológica Aeropuerto El Coca Periodo 1981-2022

Parámetro (valores medios)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media	Total
Precipitación (mm)	202,3	238,3	308,0	304,5	345,2	305,2	250,0	166,4	210,7	259,3	292,4	263,6	262,2	3145,9
Humedad Relativa (%)	78,0	80,0	82,0	82,0	82,0	82,0	81,0	77,0	76,0	77,0	79,0	78,0	79,5	954,0
Nubosidad (octas)	6,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,5	78,0
Temperatura Media (°C)	27,1	26,8	26,4	26,4	26,2	25,6	25,5	26,5	27,2	27,3	27,2	27,2	26,6	319,4
Temperatura Máxima (°C)	34,6	35,0	34,6	34,1	33,6	32,9	33,2	34,5	35,1	35,4	34,6	34,3	34,3	411,9
Temperatura Mínima (°C)	20,4	20,4	20,4	20,5	20,4	19,8	19,1	19,3	19,5	20,2	20,4	20,3	20,1	240,7
Velocidad del Viento (kt)	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	48,0
ETP Thornthwaite (mm)	149,5	129,5	135,4	131,1	131,6	120,6	115,1	137,4	146,7	153,6	146,7	151,5	137,4	1648,7
Balance Hídrico (mm)	52,8	108,8	172,6	173,4	213,6	184,6	134,9	29,0	64,0	105,7	145,7	112,1	124,8	1497,2

Fuente: Estación meteorológica Aeropuerto Coca, Dirección de Aviación Civil (DAC), mayo 2023
 Elaborado por: Entrix, mayo 2023

Página en blanco

5.1.1.2 Precipitación

El régimen pluviométrico en la zona se mantiene con variaciones milimétricas durante todo el año. La distribución temporal es bimodal, registrando dos períodos con mayor precipitación en la zona, que van de marzo a junio, el primero, y de octubre a diciembre, el segundo, de acuerdo con los registros de la estación meteorológica Aeropuerto El Coca (Anexo B. Documentos de Respaldo, B.1. Físico, B.1.1. Climatología).

Mayo tiene la pluviosidad media más alta (345,2 mm) y agosto tiene la pluviosidad media más baja (166,4 mm). La precipitación media mensual anual es de 262,2 mm y total anual es 3145,9 mm.

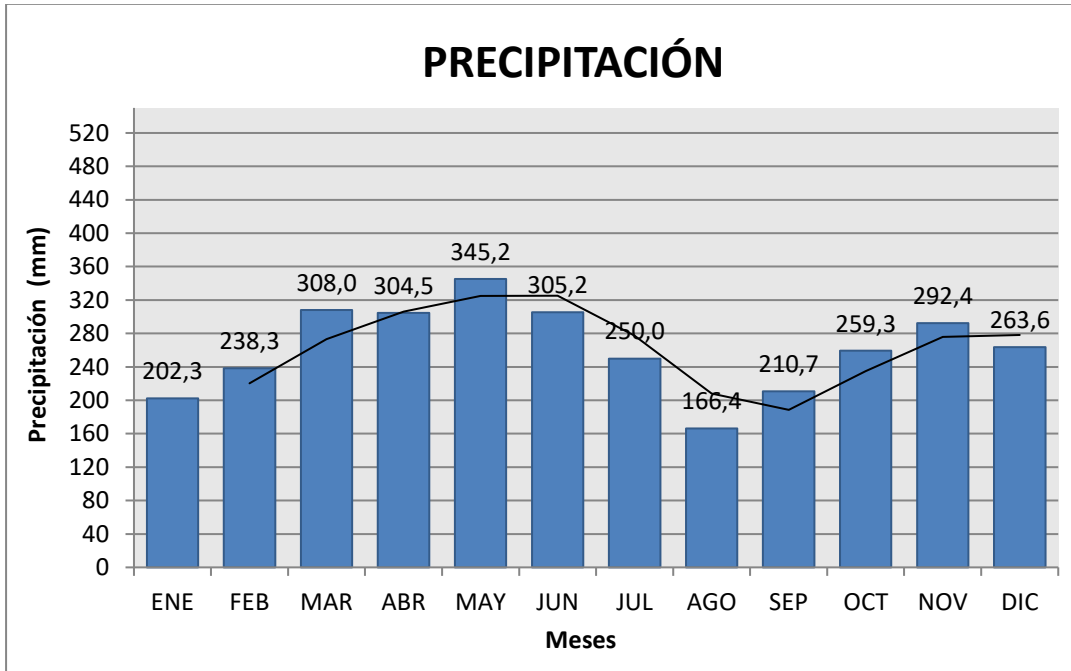


Figura 5-5 Precipitación Media Estación Meteorológica (1981-2022)

Fuente: Estación meteorológica Aeropuerto El Coca, Dirección de Aviación Civil (DAC), mayo 2023
Elaborado por: Entrix, mayo 2023

5.1.1.3 Temperatura

La temperatura es una magnitud relacionada con la rapidez del movimiento de las partículas que constituyen la materia: cuanto mayor agitación presente esta, mayor será la temperatura (Rodríguez et al., 2004). La temperatura forma parte de las características climáticas y es señalada en un termómetro expuesto al aire y protegido de la radiación solar directa. Se mide en grados Celsius y décimas de grado (INAMHI, 2017).

La temperatura media anual del período considerado es 26,6 °C, con una oscilación térmica (diferencia entre la temperatura máxima (34,3°C) y mínima registrada (20,1°C) de 14 °C en el período analizado (1981-2022).

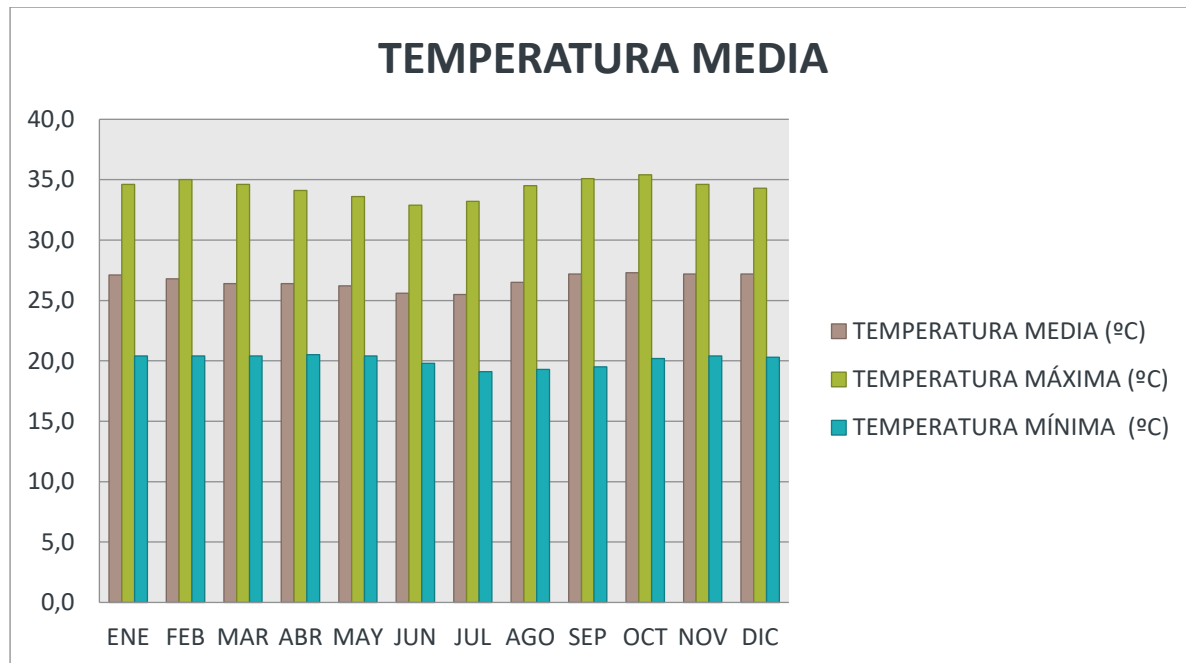


Figura 5-6 Temperatura Media Estación Meteorológica (1981-2022)

Fuente: Estación meteorológica Aeropuerto El Coca, Dirección de Aviación Civil (DAC), mayo 2023
Elaborado por: Entrix, mayo, 2023

5.1.1.4 Humedad Relativa

La humedad relativa es un parámetro que determina el grado de saturación de la atmósfera. La humedad relativa del aire húmedo con respecto al agua es la relación entre la fracción molar del vapor de agua en el aire y la fracción molar correspondiente si el aire estuviese saturado con respecto al agua a una presión y una temperatura dadas. Su unidad de medida es el porcentaje: mientras más alto sea el porcentaje, mayor es el grado de saturación de vapor de agua en la atmósfera (INAMHI, 2017).

La humedad es un parámetro importante en la información de los fenómenos meteorológicos, ya que juntamente con la temperatura caracteriza 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 anual en el área de estudio corresponde al 79,5 %. Los valores máximos se observan de marzo a julio, los cuales se concentran en la época invernal. Se estima que en el área de estudio la humedad relativa media alcanza valores superiores debido a la mayor presencia de vegetación.

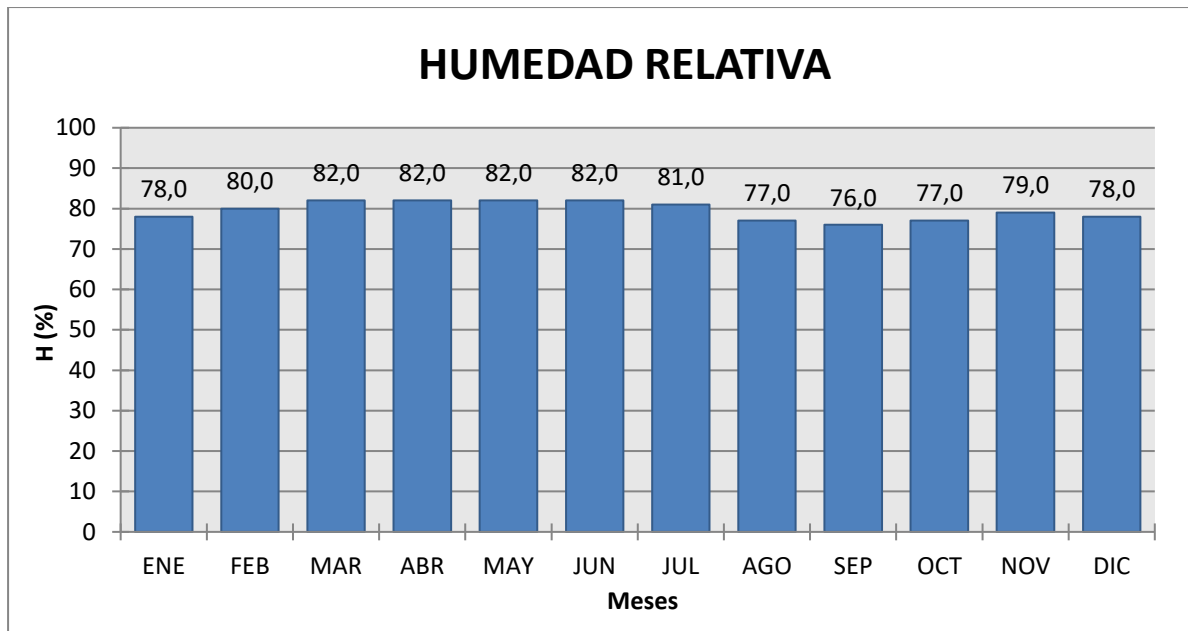


Figura 5-7 Humedad Relativa Estación Meteorológica EAL (1981-2022)

Fuente: Estación meteorológica Aeropuerto El Coca, Dirección de Aviación Civil (DAC), mayo 2023
Elaborado por: Entrix, mayo 2023

5.1.1.5 Nubosidad

La nubosidad hace referencia a la fracción de la bóveda celeste cubierta por la totalidad de nubes visibles. Se divide a la bóveda celeste en octavos, llamados octas, que es la unidad de medida de la nubosidad. Este parámetro es estimado en forma visual sin el uso de instrumentos (INAMHI, 2017).

La nubosidad funciona como filtro para que la radiación que es emitida por el sol no pase directamente; además, permite que el agua que se evapora sea contenida. El valor de nubosidad se expresa en octas, es decir, de ocho fracciones del cielo, cuántas están cubiertas de nubes.

La Figura 5-8 muestra que a lo largo del año la cubierta de nubes se encuentra entre 6,0 y 7,0 octas, con un promedio de 6,5, siendo enero, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre los meses con menos cobertura nubosa, con un mínimo de 6,0 octas; mientras que febrero, marzo a julio son los meses más nubosos, con un máximo de 7,0 octas.

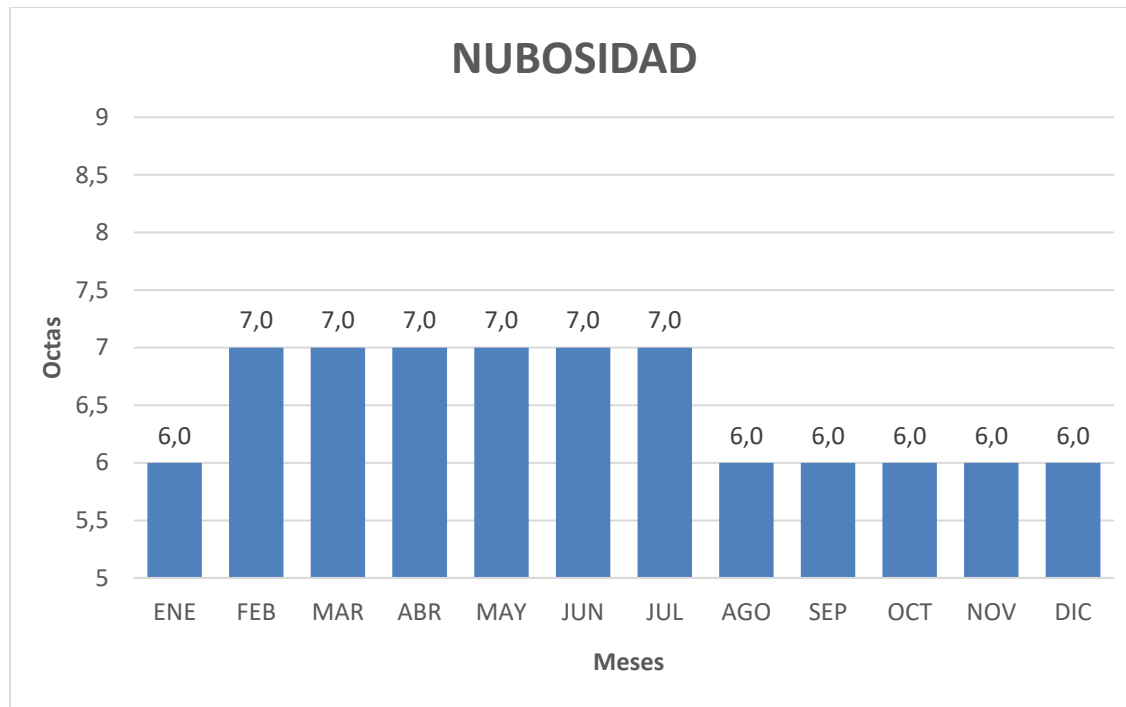


Figura 5-8 Nubosidad Estación Meteorológica (1981-2022)

Fuente: Estación meteorológica Aeropuerto Coca, Dirección de Aviación Civil (DAC), mayo 2023
 Elaborado por: Entrix, mayo 2023

5.1.1.6 Velocidad y Dirección del Viento

El viento consiste en el movimiento de aire desde una zona hasta otra. Existen diversas causas que pueden provocar la existencia del viento, pero normalmente se origina cuando entre dos puntos se establece una cierta diferencia de presión o de temperatura (Rodríguez et al., 2004).

El viento, al considerarse como el movimiento del aire a la superficie de la Tierra, contempla su velocidad y dirección. Las direcciones se toman de donde viene o procede el viento y las velocidades en metros por segundo (INAMHI, 2017).

La velocidad del viento, en promedio, a lo largo de los meses del año durante el periodo de tiempo considerado no presenta variaciones, considerando que 1 kt equivale a 1,852 Km/h se obtiene un valor constante de 7,41 km/h, como se puede observar en la Tabla 5-4 y Figura 5-9.

Tabla 5-4 Velocidad del Viento Estación Meteorológica EAL (1981 – 2022)

Parámetro	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Media
Velocidad del Viento (kt)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Velocidad del Viento Km/h	7,41	7,41	7,41	7,41	7,41	7,41	7,41	7,41	7,41	7,41	7,41	7,41	7,41

Elaborado por: Entrix, mayo 2023



Figura 5-9 Velocidad del Viento Estación Meteorológica (1981-2022)

Fuente: Estación meteorológica Aeropuerto El Coca, Dirección de Aviación Civil (DAC), mayo 2023
 Elaborado por: Entrix, mayo 2023

La dirección predominante del viento en rumbos permite el análisis de la dirección del viento en un período determinado de tiempo en relación con la velocidad del viento. Una vez realizado el análisis de velocidad y dirección del viento en un período de tiempo establecido, de manera porcentual se estima la dirección del viento, dando como resultado la denominada rosa de los vientos (Figura 5-10), la cual de manera gráfica permite visualizar el comportamiento del viento en función de su dirección y velocidad, lo cual admite el análisis de dispersión de contaminantes atmosféricos, entre otros análisis de comportamiento climatológico. Es importante mencionar que esta información es proporcionada por el INAMHI, que realiza las mediciones de estos parámetros de manera diaria, mensual y anual (Anexo B. Documentos de Respaldo, B.1. Físico, B.1.1. Climatología).

En la estación meteorológica Aeropuerto El Coca, en promedio, se establece como dirección predominante al este (E), con un porcentaje de 40,46 %; seguida de la dirección este (S), con un porcentaje de 20,48 %; a continuación, la dirección norte (N), con un porcentaje de 8,95 %. La siguiente figura detalla gráficamente las direcciones del viento, junto con los porcentajes antes mencionados.

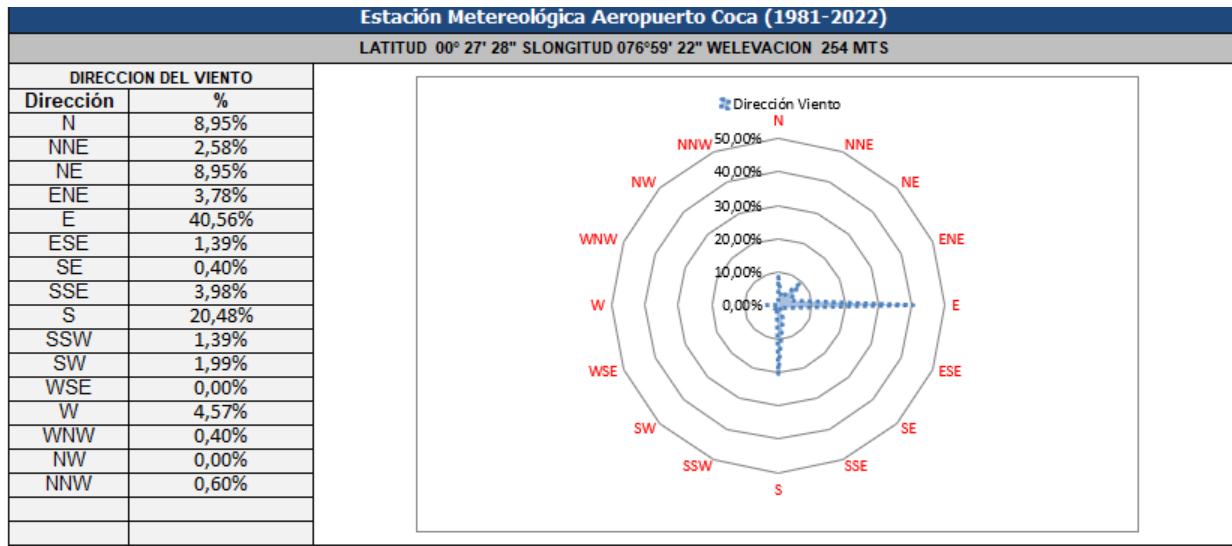


Figura 5-10 Rosa de los Vientos Estación Meteorológica (1981-2022)

Fuente: Estación meteorológica Aeropuerto El Coca, Dirección de Aviación Civil (DAC), mayo 2023
 Elaborado por: Enrix, mayo 2023

5.1.1.7 Evapotranspiración Potencial (ETP)

Los valores de ETP son requeridos para el cálculo del balance hídrico y para la clasificación climática. Para la obtención de este parámetro se utilizó la fórmula de J. García Benavides y J. López Díaz (1970), que es una ecuación empleada para las condiciones geográficas de este país (para los trópicos entre 15° N y 15° S).

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

Donde:

- t = temperatura media mensual, en °C
- HR = humedad relativa media mensual, en %
- D = número de días del mes

Mediante el cálculo de interrelación de las variables de temperatura y humedad relativa para cada mes durante el período de tiempo estudiado, se obtuvo la variación de la ETP en mm.

Durante el período de 1981 al 2022; los valores más altos se registran en enero y entre octubre y diciembre, mientras que el valor más bajo se presenta en julio debido a una disminución de la temperatura en comparación con la registrada en otros meses. La media mensual de evapotranspiración en la zona con la valoración de los datos es de 137,4 mm.

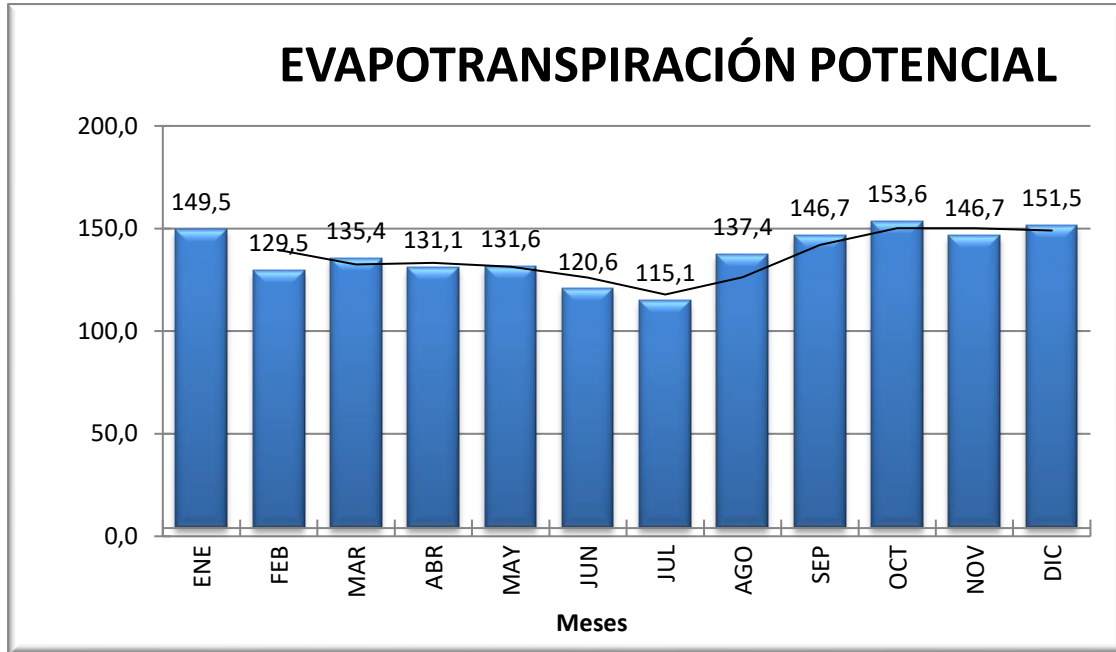


Figura 5-11 Evapotranspiración Potencial Estación Meteorológica EAL (1981-2022)

Fuente: Estación meteorológica Aeropuerto El Coca, Dirección de Aviación Civil (DAC), mayo 2023
 Elaborado por: Entrix, mayo 2023

5.1.1.8 Balance Hídrico

A partir de la comparación entre la precipitación media y la ETP, se obtiene que en la zona existe un marcado superávit hídrico durante el período evaluado (1981-2022), donde el valor total anual es de 1497,2 mm (la media corresponde a 124,8 mm). Estas condiciones implican que no existe un reposo del ciclo vegetal y la característica principal de la vegetación es siempreverde y abundante con un ciclo de crecimiento rápido.

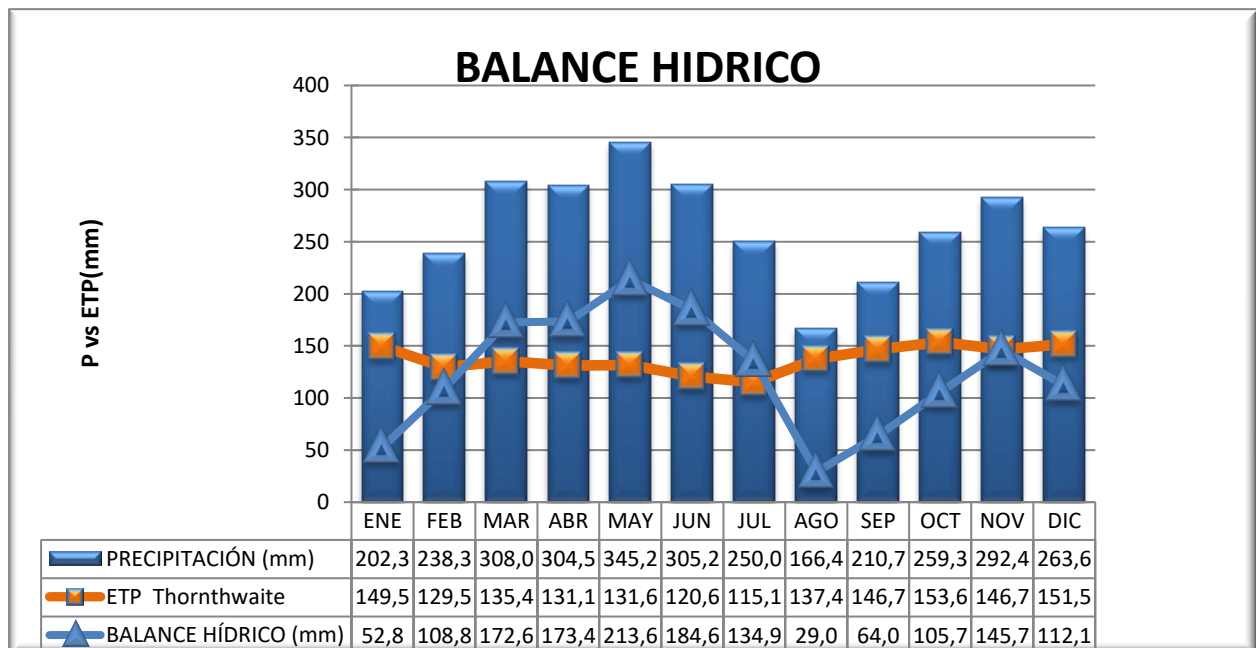


Figura 5-12 Balance Hídrico Estación Meteorológica (1981-2022)

Fuente: Estación meteorológica Aeropuerto El Coca, Dirección de Aviación Civil (DAC), mayo 2023
Elaborado por: Enrix, mayo 2023

5.1.1.9 Clasificación Climática

La clasificación climática se realiza mediante el método de Gaussen (1957), que se basa en el ritmo de la temperatura media y precipitación mensual a lo largo de un año para realizar una clasificación de climas biológicos o bioclimas tomando en cuenta los períodos que son favorables y desfavorables para la vegetación; por ejemplo, los períodos calientes, frío, seco y húmedo.

Para la elaboración del diagrama ombrotérmico de Gaussen, en el eje de las abscisas (X) se ponen los meses del año, y en un doble eje de ordenadas (Y) se pone, en un lado, las precipitaciones medias mensuales (mm), y en el otro, las temperaturas medias mensuales (°C). La escala de precipitaciones debe ser el doble que la de temperaturas; esto es: por cada °C en temperatura se toman 2 mm en precipitación. Por ejemplo, a un valor de 20 °C le corresponde, en la misma línea, el valor de 40 mm de precipitación.

Si la precipitación mensual media es inferior o igual a la temperatura mensual media ($P \leq 2 T_m$), la curva de precipitaciones estará por debajo de la curva de temperatura y el área comprendida entre las dos curvas indicará la duración e intensidad del período de sequía.

A continuación, se presenta el diagrama ombrotérmico de Gaussen, en el que se muestran los datos de temperatura y pluviosidad del período evaluado de la estación meteorológica Aeropuerto El Coca.

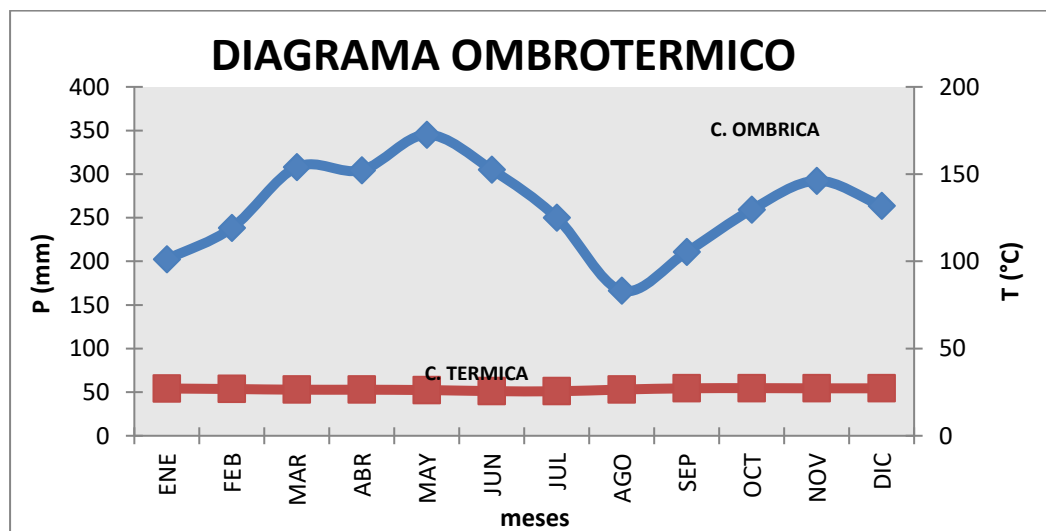


Figura 5-13 Diagrama Ombrotérmico Estación Meteorológica (1981-2022)

Fuente: Estación meteorológica Aeropuerto El Coca, Dirección de Aviación Civil (DAC), mayo 2023
Elaborado por: Enrix, mayo 2023

Como se observa en la Figura 5-13, la curva de precipitaciones (C. ómbrica) en ningún caso, a lo largo del año, está por debajo de la curva de temperatura (C. térmica), lo que indica que la zona donde se ubica el proyecto no se caracteriza por presentar períodos de sequía. La clasificación climática, conforme los datos disponibles, corresponde a superhúmedo sin déficit de agua, megatérmico o cálido (Anexo D. Cartografía, 5.1-3 Mapa Climático, 5.1-4 Mapa de Isotermas, 5.1-5 Mapa de Isoyetas, 5.1-6 Mapa de Déficit hídrico, 5.1-7-Mapa Bioclimático).

5.1.1.10 Conclusiones

- > El área geográfica del proyecto Siccha, se encuentra en el mismo tipo de clima, isoyetas e isotermas que la estación Aeropuerto El Coca, con una precipitación de 3000-4000 mm y una temperatura de 24-26 °C, ubicándose en el tipo de clima superhúmedo sin déficit de agua, megatérmico o cálido, permitiendo de esta forma caracterizar la climatología existente en el área geográfica del proyecto Siccha.
- > En base al Mapa del INAMHI, Isotermas de Ecuador, escala 1:1000000 de 2008, el área geográfica se ubica en una temperatura media de 24-26 C (Anexo D. Cartografía, 5.1-4 Isotermas) y respecto a Isoyetas el área geográfica se ubica entre 3000 – 4000 mm conforme el INAMHI, Mapa de Isoyetas de Ecuador, escala 1:1 000000 de 2008 (Anexo D. Cartografía, 5.1-5 Isoyetas).
- > La estación meteorológica Aeropuerto El Coca dispone de registros completos y permite realizar un análisis histórico de la climatología relacionada al área geográfica del proyecto.
- > La precipitación media mensual anual en la zona del proyecto está en el orden de los 262,2 mm, valor característico de la región amazónica; la temperatura media anual corresponde a 26,6 °C, con una humedad relativa de 79,5%. La evapotranspiración calculada es 137,4 mm con un superávit hídrico durante todo el año. La clasificación climática, conforme los datos disponibles, corresponde a superhúmedo sin déficit de agua, megatérmico o cálido (Anexo D. Cartografía, 5.1-3 Mapa Climático, 5.1-4 Mapa de Isotermas, 5.1-5 Mapa de Isoyetas, 5.1-6 Mapa de Déficit hídrico, 5.1-7-Mapa Bioclimático).
- > La nubosidad en el área geográfica del proyecto indica que a lo largo del año la cubierta de nubes se encuentra entre 6,0 y 7,0 octas, con un promedio de 6,5 siendo enero, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre los meses con menos cobertura nubosa, con un mínimo de 6,0 octas; mientras que febrero, marzo y julio son los meses más nubosos, con un máximo de 7,0 octas.
- > En el área geográfica del proyecto la velocidad del viento, en promedio, a lo largo de los meses no presenta variaciones, indicando un valor constante de 7,41 km/h; respecto a la dirección del viento en promedio, se establece como dirección predominante al este (E), con un porcentaje de 40,56 %.

5.1.2 Ruido Ambiental

Se llama contaminación acústica (o ruido) al exceso de sonido que altera las condiciones normales del ambiente en una determinada zona. Se entiende como sonido excesivo y molesto, provocado por las actividades humanas, en este caso externas al ambiente natural donde se efectuará el proyecto.

5.1.2.1 Metodología

La medición de los niveles de ruido ambiente fue realizada por el Laboratorio Ambiental Gruentec acreditado ante el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (en adelante SAE) (Anexo B. Documentos de Respaldo, B.1.- Físico; B.1.3.- Acreditación Laboratorio / Gruentec). La metodología utilizada por el laboratorio fue mediante el método interno MM-RU-01, basado en la NTE INEN-ISO 1996-1: 2014-01 y NTE INEN-ISO 1996-2:2014-01 y el Anexo 5 Niveles Máximos de Emisión de Ruido y Metodología de Medición para Fuentes Fijas y Fuentes Móviles y Niveles de Vibración y Metodología de Medición del A. M. 097-A.

La medición de los niveles de ruido se efectuó con el sonómetro previamente calibrado obteniendo los niveles de presión sonora (NPS). Se realizaron las correcciones del sonómetro antes y después de cada medición, cuyos valores fueron colocados en el informe de mediciones. Ver Anexo B. Documentos de Respaldo, B.1. Físico, B.1.4 Resultados de laboratorio, B.1.4.6 ruido

La metodología utilizada para la toma de muestras de ruido fue el 'Método de 15 segundos' (Leq 15 s), el cual indica que se debe tomar y reportar un mínimo de cinco muestras de quince segundos cada una.

El sonómetro fue colocado sobre un trípode a una altura igual o superior a 1,5 m desde el suelo y direccionado el micrófono hacia la fuente con una inclinación de 45 a 90° sobre su plano horizontal.

Para caracterizar el ruido ambiente se realizaron mediciones diurnas y nocturnas en los puntos críticos de afectación identificados en el área geográfica del proyecto. Cada medición se documentó en una ficha (Anexo B. Documentos de Respaldos; B.1.- Físico; B.1.5.-Hojas de campo, Ruido) con la metodología utilizada, horario del monitoreo de ruido, condiciones de la medición, marco legal aplicable, parámetros de medición y diagramas (Anexo D. Cartografía, 5.1-19 Mapa de Ubicación de Puntos de Medición de Ruido Ambiente).

5.1.2.2 Ubicación de Puntos de Monitoreo

Los criterios de selección de los puntos de muestreo de ruido ambiente consideran los receptores sensibles tales como los asentamientos humanos de Paparawa y Pandanuque; los diferentes tipos de bosque que se encuentran en el área del proyecto; uso de suelo identificado y el área en donde se va a implementar la infraestructura, además, de lo establecido en el numeral 5.2 del Anexo 5 del Acuerdo Ministerial 097-A.

La definición de cercano en esta norma no se refiere a una distancia en metros, sino se refiere a los sitios o lugares en los cuales se escucha el ruido proveniente de una FFR.”

Bajo los criterios antes mencionados se tienen 11 puntos de muestreo de ruido ambiental. En la siguiente tabla se presentan las coordenadas de ubicación de los puntos de muestreo ejecutados (Anexo D. Cartografía, Mapa 5.1-19 Ruido).


Para la definición de uso de suelo en el área geográfica es importante considerar lo siguiente:




- > Solicitud al Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Arajuno del certificado de uso de suelo sobre el área del proyecto, a la presente fecha no se cuenta con el pronunciamiento oficial por parte del GADM. (Ver Anexo A. Documentos Oficiales, A.5. Uso de Suelo).
- > El Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Arajuno indica que el 98,59% del territorio actualmente se ocupan con bosques distribuidas en todo el territorio, seguidos por áreas de pastos con un 0,85%; superficies de agua con 0,48%. La tierra destinada a la zona antrópica representa el 0,04%; con esta información se evidencia una alta potencialidad de la aptitud productiva para la conservación del bosque y una baja vulnerabilidad de uso del suelo por presencia de asentamientos humanos. (Ver Anexo B. Documento de Respaldo, B.3 Social, B.3.3 Documentación Respaldo, B.3.3.1 PDOT).

Por lo antes mencionado se evidencia que el uso de suelo actual del proyecto corresponde a uso de Recursos Naturales RN. El A.M. 097-A determina que los niveles máximos de emisión de ruido (L_{Keq}) para FFR ubicados en este uso de suelo serán establecidos, para cada caso, por la Autoridad Ambiental Nacional en función del nivel de ruido ambiental natural existente en la zona donde se ubicará la FFR.

Tabla 5-5 Ubicación de Puntos de Muestreo de Ruido Ambiental

Código de la Muestra	Facilidad Asociada	Coordenadas WGS 84 Zona 18 Sur		Fecha de Medición	Descripción del Sitio de Muestreo	Fotografía
		Este (m)	Norte (m)			
PR-01	Línea de flujo y accesos	232443,00	9834634,00	03/08/2022	Punto de monitoreo localizado en la comunidad Paparawa.	
PR-02	Línea de flujo y accesos	231082,00	9835097,00	04/08/2022	Punto de monitoreo localizado cerca de la vivienda del señor Francisco Chimbo.	
PR-03	Vía de acceso	236148,00	9835451,00	29/07/2022	Sitio rodeado de abundante vegetación	
PR-04	PAD SICCHA	237976,00	9835727,00	31/07/2022	Punto de monitoreo localizado a 200 metros del Río Lliquino.	

Código de la Muestra	Facilidad Asociada	Coordenadas WGS 84 Zona 18 Sur		Fecha de Medición	Descripción del Sitio de Muestreo	Fotografía
		Este (m)	Norte (m)			
PR-05	PAD SICCHA	236446,00	9835488,00	29/07/2022	Sitio rodeado de abundante vegetación.	
PR-06	Línea de flujo y accesos	234767,00	9834103,00	03/08/2022	Punto de monitoreo localizado en la vivienda del Sr. Hugo Mayancha.	
PR-07	Línea de flujo y accesos	230188,00	9835390,00	04/08/2022	Punto de monitoreo localizado cerca de la vivienda del Sr. Francisco Chimbo.	
PR-08	Línea de flujo y accesos	226312,00	9835615,00	26/07/2022	Punto de monitoreo localizado en la cancha de la comunidad Pandanuque	

Código de la Muestra	Facilidad Asociada	Coordenadas WGS 84 Zona 18 Sur		Fecha de Medición	Descripción del Sitio de Muestreo	Fotografía
		Este (m)	Norte (m)			
PR-09	PAD VILLANO A	226915,00	9836967,00	26/07/2022	Punto de monitoreo localizado en la vía de acceso a la Plataforma Villano A	
PR-10	Vía de acceso	236503,00	9834902,00	29/07/2022	Sitio de medición rodeado de vegetación.	
PR-11	PAD SICCHA	236667,00	9835388,00	29/07/2022	Sitio de medición rodeado de vegetación.	

Fuente: Levantamiento de campo, Entrix, julio-agosto 2022
 Elaborado por: Entrix, octubre 2022

Página en blanco

5.1.2.3 *Análisis de Resultados*

Adicionalmente, con la finalidad de validar los niveles de ruido durante las mediciones y facilitar el análisis y comparación de las muestras, se reportó el NPS mínimo (Lamin) y el NPS máximo (Lamax) medidos de cada muestra. Para caracterizar el ruido ambiente se realizaron mediciones diurnas y nocturnas en áreas donde se encuentra el proyecto (Anexo B. Documentos de Respaldo, B.1. Físico, B.1.4. Resultados de Laboratorio, B.1.4.6. Ruido). A continuación, se presentan los resultados de laboratorio obtenidos de las muestras levantadas en campo:

Página en blanco

Tabla 5-6 Resultados de Monitoreo de Ruido Ambiental

Código de la Muestra	Coordenadas WGS 84 Zona 18 Sur		Fecha de Medición	*D	*N	Hora	Lmax (dB)	Lmin (dB)	Leq (dB)	Observaciones
	Este (m)	Norte (m)								
PR-01	232443,00	9834634,00	03/08/2022	X		11:30	58	55	56	Ruido emitido por botes, Río Villano y fauna silvestre
PR-02	231082,00	9835097,00	04/08/2022	X		11:35	48	46	47	Ruido emitido por canoa en el río y fauna silvestre.
PR-03	236148,00	9835451,00	29/07/2022	x		18:00	54	51	53	Ruido emitido por estero y fauna silvestre.
PR-04	237976,00	9835727,00	31/07/2022	X		10:15	57	53	56	Ruido emitido por fauna silvestre
PR-05	236446,00	9835488,00	29/07/2022	X		18:30	61	60	61	Ruido emitido por fauna silvestre
PR-06	234767,00	9834103,00	03/08/2022	X		09:20	44	42	43	Ruido emitido por animales domésticos, fauna silvestre, personas en viviendas-
PR-07	230188,00	9835390,00	04/08/2022	X		12:40	49	46	48	Ruido emitido por motores de canoa y fauna silvestre
PR-08	226312,00	9835615,00	26/07/2022	X		10:10	43	41	42	Ruido emitido por fauna silvestre
PR-09	226915,00	9836967,00	26/07/2022	X		08:50	51	50	50	Ruido emitido por paso de vehículos y fauna silvestre
PR-10	236503,00	9834902,00	29/07/2022	X		16:40	54	52	53	Ruido emitido por fauna silvestre
PR-11	236667,00	9835388,00	26/07/2022	X		12:15	57	53	54	Ruido emitido por fauna silvestre
PR-01	232443,00	9834634,00	03/08/2022		X	21:10	58	58	58	Ruido emitido por botes, Río Villano y fauna silvestre
PR-02	231082,00	9835097,00	04/08/2022		X	22:00	54	53	53	Ruido emitido por motores de canoa y fauna silvestre.
PR-03	236148,00	9835451,00	29/07/2022		X	22:30	60	58	59	Ruido emitido por estero y fauna silvestre
PR-04	237976,00	9835727,00	31/07/2022		X	21:30	59	58	59	Ruido emitido por fauna silvestre
PR-05	236446,00	9835488,00	29/07/2022		X	21:10	62	61	62	Ruido emitido por fauna silvestre
PR-06	234767,00	9834103,00	03/08/2022		X	21:35	57	56	57	Ruido emitido por animales domésticos, fauna silvestre, personas en viviendas-
PR-07	230188,00	9835390,00	04/08/2022		X	21:18	57	55	56	Ruido emitido por fauna silvestre nocturna, leve ruido de casas en el sector

Estudio de Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental para la Fase de Exploración y de Avanzada y Fase de Explotación del Campo Siccha, localizado en el Bloque 10, operado por Pluspetrol Ecuador B.V.
 Proyecto: 10490409

Código de la Muestra	Coordenadas WGS 84 Zona 18 Sur		Fecha de Medición	*D	*N	Hora	Lmax (dB)	Lmin (dB)	Leq (dB)	Observaciones
	Este (m)	Norte (m)								
PR-08	226312,00	9835615,00	26/07/2022		X	22:30	54	53	53	Ruido emitido por fauna silvestre
PR-09	226915,00	9836967,00	26/07/2022		X	21:45	59	55	57	Ruido emitido por paso de vehículos y fauna silvestre
PR-10	236503,00	9834902,00	29/07/2022		X	23:10	60	59	60	Ruido emitido por fauna silvestre.
PR-11	236667,00	9835388,00	26/07/2022		X	21:45	62	61	62	Ruido emitido por fauna silvestre

Fuente: GRUENTEC, agosto 2022; Levantamiento de campo, Entrix, julio-agosto 2022
 Elaboración por: Entrix, octubre 2022

5.1.2.3.1 Análisis de Resultados de Ruido Diurno

Las mediciones de ruido diurno en el área geográfica del proyecto se presentan en la Figura 5-14. De acuerdo con el Anexo 5 del Acuerdo Ministerial 097-A, en las áreas con un uso de suelo de Recursos Naturales RN la Autoridad Ambiental Nacional determinará los niveles máximos de emisión de ruido, por lo tanto, los niveles de emisión de ruido diurno medidos en el área geográfica del proyecto no se comparan con un nivel máximo de emisión.

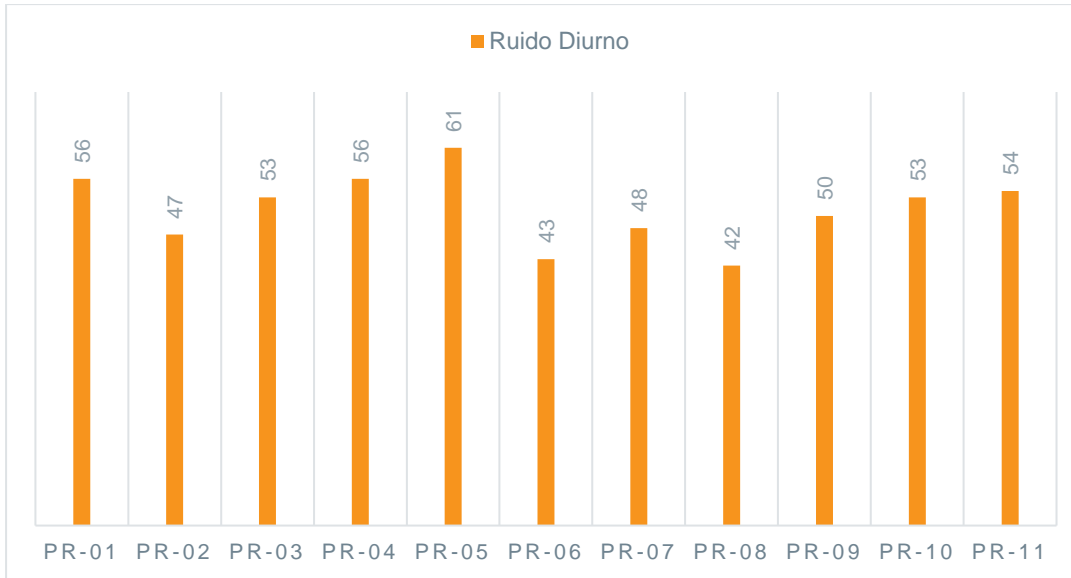


Figura 5-14 Análisis de Resultados de Ruido Ambiental Diurno (dB)

Fuente: GRUENTEC, agosto 2022; Levantamiento de campo, Entrix, julio-agosto 2022
Elaboración por: Entrix, octubre 2022

5.1.2.3.2 Análisis de Resultados de Ruido Nocturno

Las mediciones de ruido nocturno en el área geográfica del proyecto se presentan en la Figura 5-15. De acuerdo con lo establecido en Anexo 5 del Acuerdo Ministerial 097-A, en las áreas con un uso de suelo de Recursos Naturales RN la Autoridad Ambiental Nacional determinará los niveles máximos de emisión de ruido, por lo tanto, los niveles de emisión de ruido nocturno medidos en el área geográfica del proyecto no se comparan con un nivel máximo de emisión.

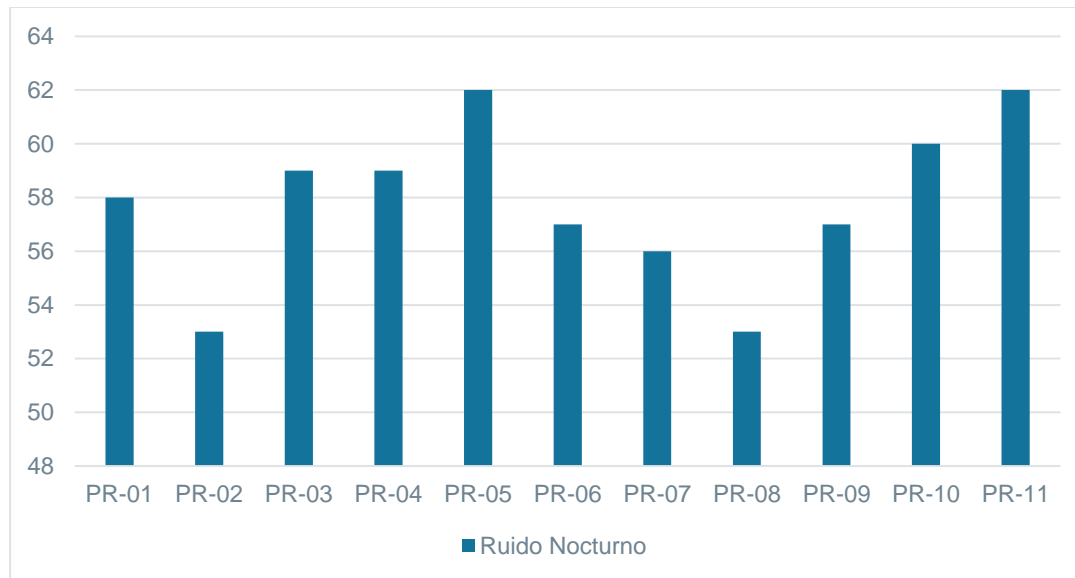


Figura 5-15 Análisis de Resultados de Ruido Ambiental Nocturno (dB)

Fuente: GURENTEC, agosto 2022; Levantamiento de campo, Entrix, julio-agosto 2022
Elaboración por: Entrix, octubre 2022

En la Tabla 5-7 se presenta el Leq diurno promedio para cada una de las facilidades del proyecto, y el Leq diurno promedio del área geográfica del proyecto. Y en la Tabla 5-8 se presenta el Leq nocturno promedio para cada una de las facilidades del proyecto, y el Leq nocturno promedio del área geográfica del proyecto.

Tabla 5-7 Leq Diurno Promedio del Área Geográfica

Facilidad	Cobertura vegetal (Interpretación a partir de la imagen SPOT 6/7 agosto 2020-octubre2021)	Código de la Muestra	Diurno				
			Lmax (dB)	Lmin (dB)	Leq (dB)	Leq diurno promedio por facilidad (dB)	Leq diurno promedio del área geográfica (dB)
Plataforma Siccha	Bosque natural poco intervenido (B1)	PR-05	61	60	61	57	51.8
		PR-11	57	53	54		
		PR-04	57	53	56		
Vía de acceso a Siccha	Bosque natural poco intervenido (B1)	PR-10	54	52	53	53	
		PR-03	54	51	53		
Línea de flujo y sus accesos	Bosque natural poco intervenido (B1)	PR-06	44	42	43	47.2	
	Erial	PR-07	49	46	48		
	Erial	PR-08	43	41	42		
	Bosque natural poco intervenido (B1)	PR-01	58	55	56		
	Vegetación arbustiva	PR-02	48	46	47		
Villano A	Erial	PR-09	51	50	50		

Fuente: GURENTEC, agosto 2022; Levantamiento de campo, Entrix, julio-agosto 2022
 Elaboración por: Entrix, 2022

Tabla 5-8 Leq Nocturno Promedio del Área Geográfica

Facilidad	Cobertura vegetal (Interpretación a partir de la imagen SPOT 6/7 2020-2021)	Código de la Muestra	Nocturno				
			Lmax (dB)	Lmin (dB)	Leq (dB)	Leq nocturno promedio por facilidad (dB)	Leq nocturno promedio del área geográfica (dB)
Plataforma Siccha	Bosque natural poco intervenido (B1)	PR-05	62	61	62	61	58.2
		PR-11	62	61	62		
		PR-04	59	58	59		
Vía de acceso a Siccha	Bosque natural poco intervenido (B1)	PR-10	60	59	60	59.5	
		PR-03	60	58	59		
Línea de flujo y sus accesos	Bosque natural poco intervenido (B1)	PR-06	57	56	57	55.4	
	Erial	PR-07	57	55	56		
	Erial	PR-08	54	53	53		
	Bosque natural poco intervenido (B1)	PR-01	58	58	58		
	Vegetación arbustiva	PR-02	54	53	53		

Facilidad	Cobertura vegetal (Interpretación a partir de la imagen SPOT 6/7 2020-2021)	Código de la Muestra	Nocturno				
			Lmax (dB)	Lmin (dB)	Leq (dB)	Leq nocturno promedio por facilidad (dB)	Leq nocturno promedio del área geográfica (dB)
Villano A	Erial	PR-09	59	55	57	57	

Fuente: GURENTEC, agosto 2022; Levantamiento de campo, Entrix, julio-agosto 2022
 Elaboración por: Entrix, 2022

5.1.2.3.3 Conclusiones

- > Los resultados de las mediciones de ruido diurno realizadas en el proyecto cuentan con un Leq diurno promedio por facilidad de: 57 dB para la plataforma Siccha, 53 dB para la vía de acceso a la plataforma Siccha, 47,2 dB para la línea de flujo y sus accesos y 50 dB para la plataforma Villano A. El Leq diurno promedio para el área geográfica es de 51,8 dB.
- > Los resultados de las mediciones de ruido nocturno realizadas en el proyecto cuentan con un Leq nocturno promedio por facilidad de: 61 dB para la plataforma Siccha, 59,5 dB para la vía de acceso a la plataforma Siccha, 55,4 dB para la línea de flujo y sus accesos y 57 dB para la plataforma Villano A. El Leq nocturno promedio para el área geográfica es de 58,2 dB.
- > Las mediciones de ruido ambiental (diurno y nocturno) ejecutadas en el área geográfica del proyecto, con un uso de suelo de Recursos Naturales RN, no se comparan con un nivel máximo de emisión, porque de acuerdo con lo establecido en Anexo 5 del Acuerdo Ministerial 097-A, la Autoridad Ambiental Nacional es quien determinará los niveles máximos de emisión de ruido en este tipo de uso de suelo (RN).
- > Se realizó 11 puntos de mediciones de ruido en diferentes horarios diurnos y nocturnos en el área geográfica del proyecto, la metodología utilizada para la toma de muestras de ruido fue el 'Método de 15 segundos' (Leq 15 s), el cual indica que se debe tomar y reportar un mínimo de cinco muestras de quince segundos cada una, conforme establece el Anexo 5, del Acuerdo ministerial 097 A, Niveles Máximos de Emisión de Ruido y Metodología de Medición para Fuentes Fijas y Fuentes Móviles, publicado el Registro Oficial Nro. 387 del 4 de noviembre de 2015 (Anexo B. Documentos de Respaldo, B.1. Físico, B.1.5. Hojas de campo Ruido); cuya metodología permitió determinar el ruido ambiente natural presente en el área geográfica del proyecto.
- > Conforme lo establece el numeral 4.1.5 del Anexo 5 del AM 097-A, al no contar con un parámetro comparativo y al ubicarse el proyecto en uso de suelo Recursos Naturales (RN) según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Arajuno (Ver Anexo B. Documento de Respaldo, B.3 Social, B.3.3 Documentación Respaldo, B.3.3.1 PDOT), es obligación de Pluspetrol Ecuador B.V. realizar un estudio del nivel de ruido ambiental existente en la zona, de acuerdo con el procedimiento descrito en el Anexo 4 del Anexo 5 del AM 097-A, conforme lo definido en el numeral ID 11 del Plan de Manejo Ambiental de la Fase de Exploración del presente estudio.

5.1.3 Geología

5.1.3.1 Metodología

Para la caracterización geológica se tomó de base especialmente la siguiente información: el Mapa Geológico de las Provincias Orientales, editado por el INEMIN en 1987, escala 1 : 250 000; el Mapa Geológico de la Cuenca Oriente, IRD, PETROPRODUCCIÓN, 2001 escala 1 : 1'000 000, y el Mapa

Geológico de la República de Ecuador, Instituto de Investigación Geológicas, Mineras y Metalúrgicas, 2017.

5.1.3.2 Geología Regional

El Campo Siccha forma parte de la Cuenca Oriental Ecuatoriana, que se encuentra constituida por una potente serie de rocas sedimentarias marino-continuales. En profundidad, depósitos sedimentarios del Paleozoico Mesozoico Inferior (formaciones Pumbuiza, Macuma y Santiago) yacen sobre las rocas cristalinas del Escudo Guayanés (Baldock, 1982; Canfield et al., 1982). En el Mesozoico Superior los sedimentos continentales de la formación Chapiza, luego de un importante hiato sedimentario, fueron cubiertos por una transgresión marina cretácica durante la cual se depositaron los sedimentos de las formaciones Hollín, Napo y Tena sobre una amplia cuenca Pericratónica. Los sedimentos del Cenozoico alcanzan un espesor de hasta 4 000 m. en la cuenca alargada Tras-Arco con rumbo Norte-Sur, que se profundiza hacia el Norte.

La Cuenca Oriental Ecuatoriana se encuentra entre la placa continental Sudamericana en su extremo noroccidental y las placas oceánicas de Cocos y Nazca. Está limitada al Oeste por el piedemonte andino de la Cordillera Real, el cual constituye una zona de fallas por sobrecorrimiento regional que determina el cambio morfológico y fisiográfico más importante del país. Al Este está limitada por el Escudo Guayanés con rocas antiguas y estables del basamento. Dentro de este contexto se destaca la zona Subandina con los Levantamiento Napo al Norte y Cutucú al Sur. La cuenca tiene una disposición asimétrica con un eje aproximado N-S, con buzamientos fuertes al Oeste y suaves en los flancos al Este. La profundidad de la cuenca aumenta estratigráficamente de E a O y de N a SSW.

Estructuralmente, la Cuenca Oriental es el resultado de esfuerzos transpresivos a partir del Cretácico, los cuales provocaron la emersión de la Cordillera Real y la formación de la cuenca tras-arco (Baldock, 1982; Daswood & Abbot, 1990). Existe una etapa anterior de importancia petrolífera que se inicia en Turoniano con esfuerzos compresivos. Dichos esfuerzos marcan la inversión tectónica de un sistema extensivo desarrollado en el Permo-Triásico y en el Jurásico, con la que se inicia el desarrollo de las estructuras petrolíferas de la cuenca (Baby et al., 1999) y la configuración de los tres corredores estructurales que, luego de estudios realizados por el "Institut de Recherch pour le Developpement IRD", los han delimitado. Estas estructuras petrolíferas son: el Sistema Subandino, el Corredor Sacha-Shushufindi y el Sistema Capirón-Tiputini, las cuales se encuentran controladas por mega fallas de rumbo NNE-SSW, la plataforma Siccha y las facilidades a ser implementadas se localizan en el Corredor Sacha-Shushufindi, controlada por fallas normales de gran profundidad y asociadas con un sistema de "Rift" previamente desarrollado durante el triásico y Jurásico inferior.

En las siguientes figuras se puede apreciar la configuración de la cuenca sedimentaria Oriente:

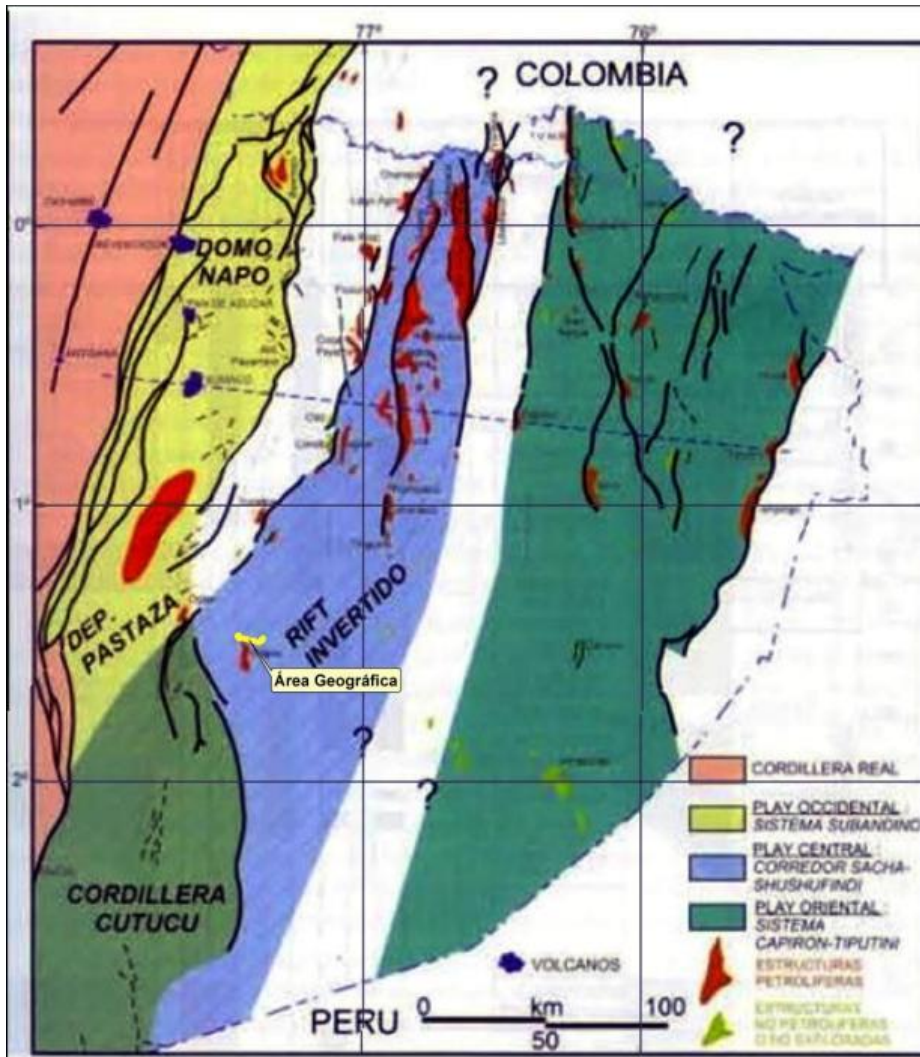


Figura 5-16 Corredores Estructurales de la Cuenca Oriente

Fuente: Baby et Al., 2004

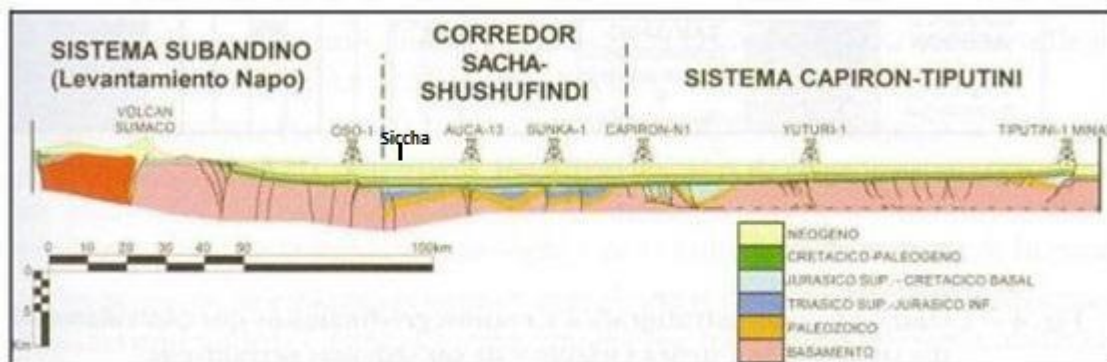


Figura 5-17 Sección Estructural de los Corredores

Fuente: Baby et Al., 2004

Los procesos de erosión ligados a la dinámica fluvial local y los consecuentes procesos de sedimentación han contribuido a la actual configuración geológica y geomorfológica del área en estudio y su área de influencia.

En la Figura 5-18 se sintetiza en forma generalizada la estratigrafía de la Cuenca Oriente, seguidamente se analiza la estratigrafía aflorante en el área geográfica:

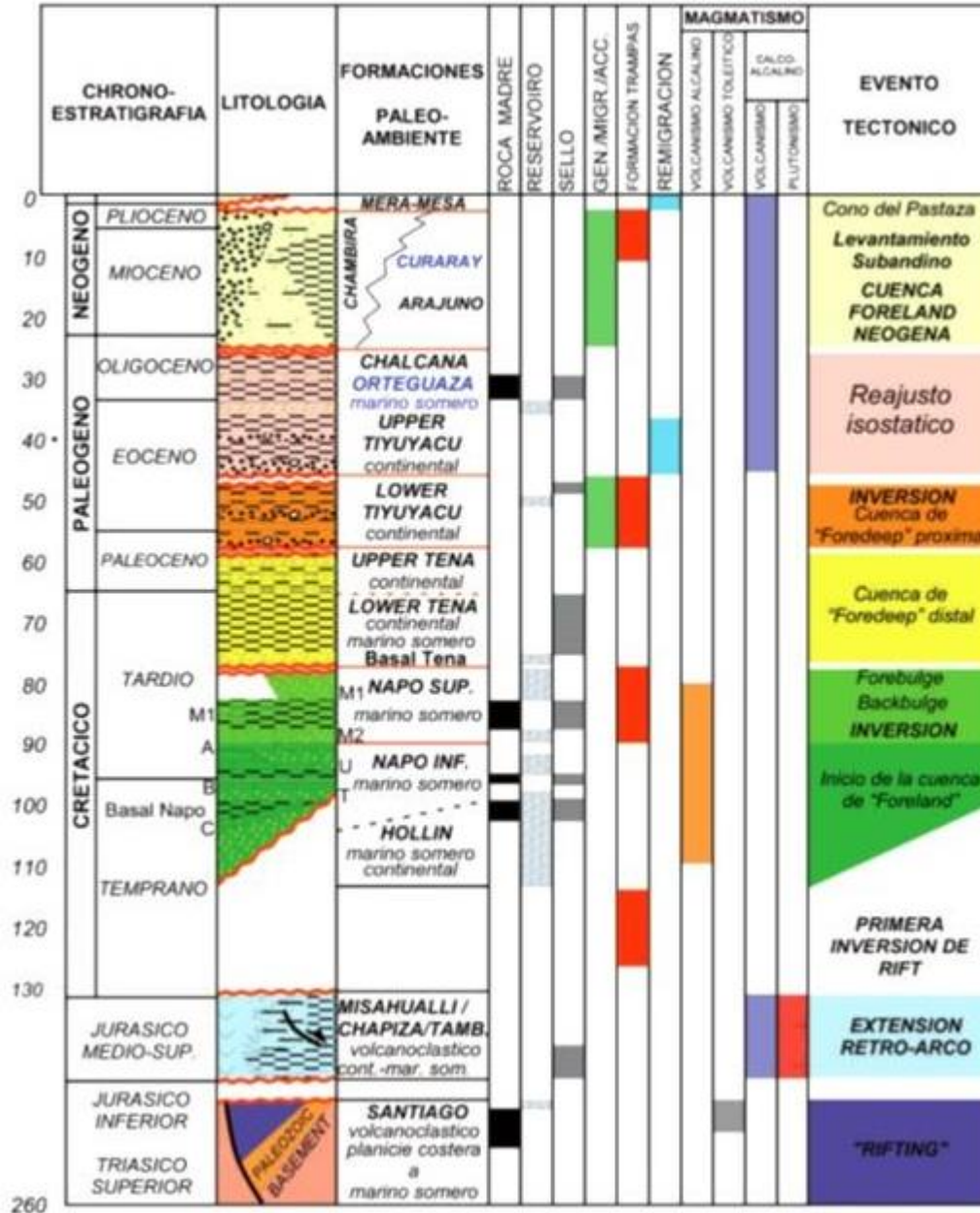


Figura 5-18 Columna Litoestratigráfica de la Cuenca Oriente

Fuente: Baby et Al., 2004

Dentro de la Figura 5-18 se encuentra la correlación de la columna litoestratigráfica de la cuenca Oriente con la prognosis litoestratigráfica del pozo Siccha.

5.1.3.3 Tectónica

La división tectónica del sector oriental ecuatoriano se basa originalmente en la expresión topográfica de las estructuras y se divide en dos dominios: Subandino y Oriental o de Plataforma (Tschopp, 1953).

La mayor parte de la zona Subandina consiste en cadenas montañosas de dirección norte-sur, en las cuales afloran estratos de rocas del Paleozoico superior y otras más jóvenes, cortadas por fallas inversas con alto grado de buzamiento.

En la zona extrema oriental, se observa un terreno de bajo relieve, en el cual las estructuras del subsuelo se manifiestan localmente por pendientes superficiales de muy bajo grado y por suaves alineamientos del drenaje.

Estas estructuras tectónicas se encuadran dentro de un marco regional denominado bloque Nor-andino (Figura 5-19), que está limitado por un sistema de fallas NNE transcurrentes activas con tendencia dextral (Egües et al., 2003). Los principales sistemas de fallas que limitan al bloque Nor-andino son oblicuas a los Andes ecuatorianos, empezando con el Golfo de Guayaquil (falla Puná-Santa Clara), siguiendo a través de la cordillera occidental (falla Pallatanga) y en el borde oriental de la Cordillera Real (falla Chigual). Estas fallas principales NE-SW, muestran morfología y rasgos cinemáticos transcurrentes dextrales, posiblemente son responsables de los terremotos más importantes e históricos producidos en el Ecuador (Bauval et al., 2010).



Figura 5-19 Esquema del Bloque Nor-Andino

Fuente: Villagómez, 2003

En la Figura 5-30 se ha graficado las fallas cuaternarias cercanas al proyecto.

5.1.3.4 Geología Local

La zona de estudio se encuentra en la depresión Pastaza o Puyo, por lo que, el rasgo más importante que se evidenció es la presencia del relleno continental producto de la erosión de los Andes. Dichos materiales de relleno producto de la erosión se han depositado en forma de grandes abanicos (Bès de Berc y otros, 2005). Este material de relleno de carácter sedimentario se encuentra visible o aflorante y se lo ha agrupado dentro de las Formaciones Arajuno, Chambira, Mesa y Mera. De éstas, la que más afecta la morfología de la zona es la extensa depositación de la Formación Cuaternaria Mera, como se puede ver en las figuras mostradas a continuación (Anexo B. Documento de Respaldo, B.1 Físico, B.1.8 Geología).

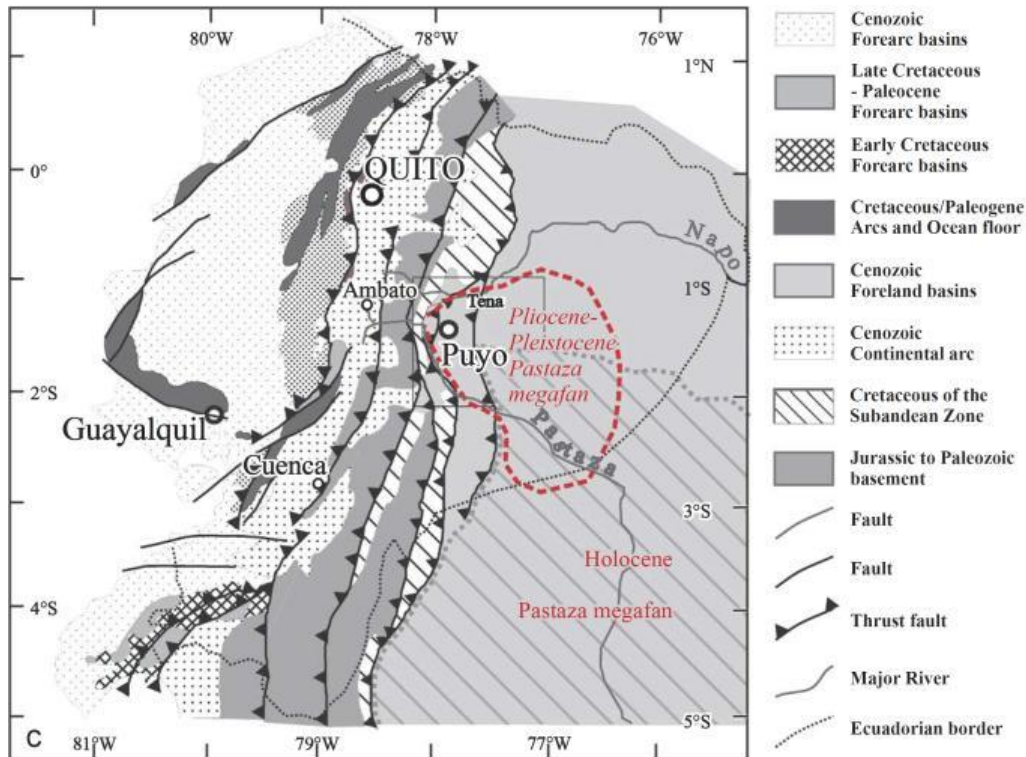


Figura 5-20 Mapa estructural de la Cuenca Oriente, mostrando la depresión y el mega abanico Pastaza (Pastaza megafan).

Fuente: Bés de Berc y Otros., 2005

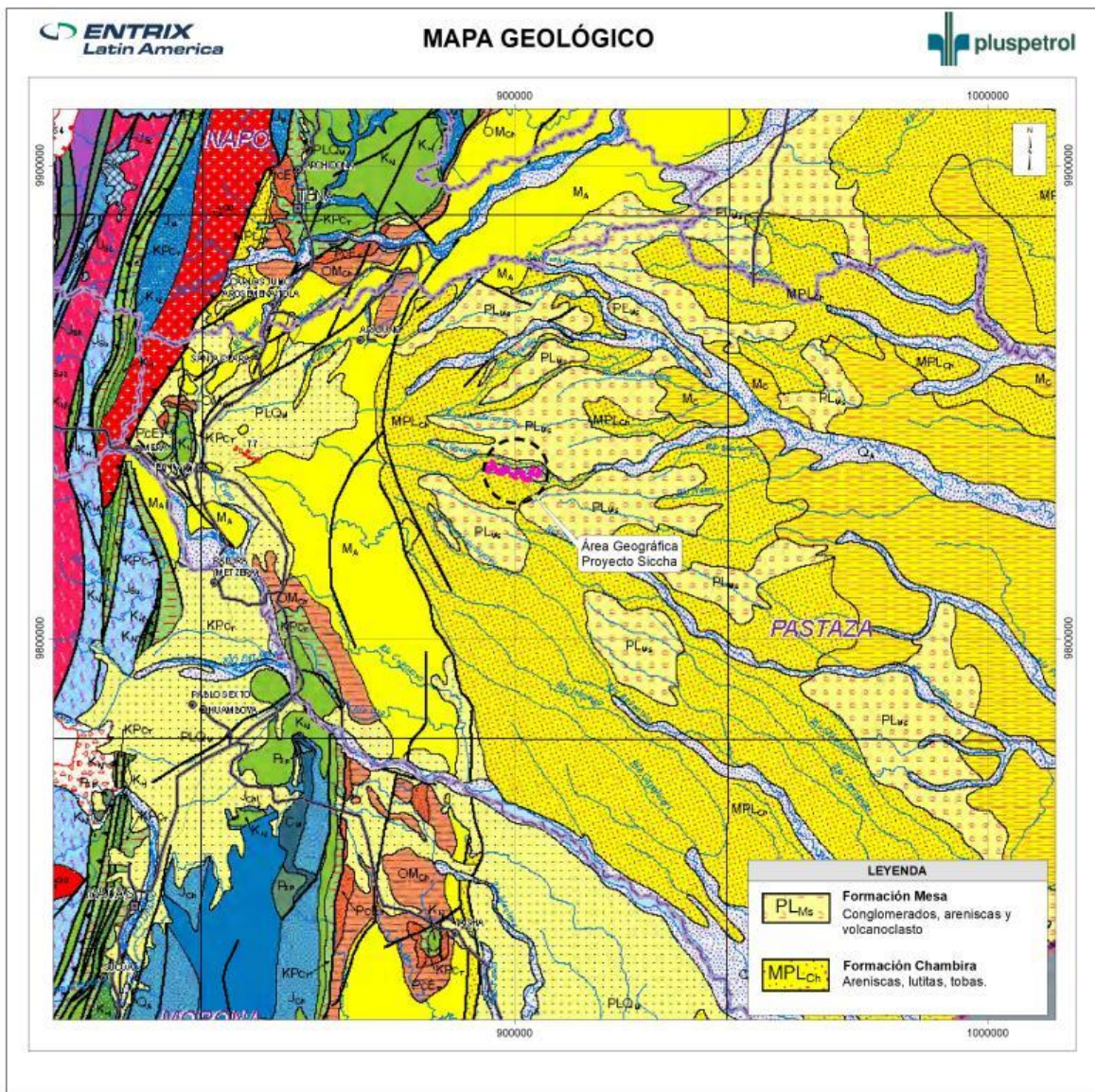


Figura 5-21 Ubicación del proyecto respecto al Mapa Geológico de la República del Ecuador

Fuente: Instituto Nacional de Investigación Geológica, Minero y Metalúrgico (INIGEMM), hoy Instituto de Investigación Geológica y Energético (IIGE), 2017

La cuenca Oriente desde finales del Oligoceno fue llenada por depósitos fluviales. En el área geográfica afloran sedimentos de las formaciones: Chambira y Mera, (o "Mesa de Mera", Tschopp, 1953), Depósitos Aluviales y Terrazas Aluviales. Las características litológicas locales se describen a continuación: (Anexo D. Cartografía, 5.1-8 Mapa Geológico).

En el área geográfica afloran las formaciones: Chambira, Mera y Depósitos Aluviales graficadas en el mapa geológico (Anexo D. Cartografía, 5.1-8 Mapa Geológico). A continuación, se realiza la descripción de las formaciones litológicas que afloran en el corredor de estudio:

5.1.3.4.1 Litoestratigrafía

Formación Chambira (Mplch - Plioceno)

(Tschopp, 1948), La localidad tipo se localiza en el arroyo Chalcana, afluente del Tiyuyacu, pocos kilómetros al SE del pueblo de Napo (Bristow y Hoffstetter, 1977) Está conformada por arcillas rojas más o menos arenosas y arcillas abigarradas características de paleosuelos, con intercalaciones arenosas de tipo canal fluvial. Su espesor es de 500 m y su edad es considerada del Oligoceno al Mioceno. Estos depósitos corresponden a los primeros sedimentos continentales después de la transgresión de Tiyuyacu (Baby, Bernal, Christophoul, y Valdez, 1998). (Mapa 5.1-8 Mapa Geológico)

Formación Mera (PLQm, Cuaternario).

Aflora en un alto porcentaje del área estudiada. La plataforma Siccha y su vía de acceso, la línea de flujo y sus accesos se localizarían en esta unidad litológica; forma una amplia llanura muy disectada, donde generalmente está cubierta por depósitos aluviales recientes. (Tschopp, 1945 en INEMIN, 1989) Los mejores afloramientos se ubican en la depresión de Santa Inés y al nivel de Shell y Mera (Baby, Ribadeneira, y Barragán, 2004). Consiste en conglomerados de clastos centimétricos a plurimétricos (granito o gneis) con intercalaciones de niveles piroclásticos en la parte proximal del abanico. Sus depósitos más recientes están asociados a los productos volcánicos del Sumaco y El Reventador. La Formación Mera descansa en discordancia sobre la Formación Mesa (Baby, Bernal, Christophoul, y Valdez, 1998).



Figura 5-22 Afloramiento de la formación Mera en posición Subhorizontal – Margen Izquierdo del Río Villano.

UTM WGS 84 X: 234850, Y: 9834080
Fuente: Entrix., 2022

Depósitos Aluviales y Terrazas Aluviales (Holoceno-Qa-QT)

Los drenajes superficiales del área geográfica arrastran materiales detríticos, los cuales se han depositado formando terrazas y depósitos aluviales, constituidos principalmente por cantos rodados mal seleccionados de diverso origen. Cubren a sedimentos antiguos de las formaciones Chambira y Mera, y

se presentan en formas de relieves planos. En los cursos de los ríos Villano y Lliquino se pueden observar varios tramos de paleocausas y meandros abandonados.



Figura 5-23 Depósitos aluviales en la margen izquierda del río Villano

UTM WGS 84 X: 233108, Y: 9834720
Fuente: Entrix., 2022

5.1.3.4.2 Prospecto Siccha

El objetivo de la perforación del prospecto Siccha es explorar la posible acumulación de petróleo en niveles cretácicos de la Fm. Hollín. El objetivo secundario es la arenisca T de la Fm. Napo, de edad cretácica. Ambas formaciones son productivas en el campo vecino Villano y han presentado manifestaciones de hidrocarburos en otros pozos exploratorios del Bloque 10.

a. Estructura del prospecto:

El prospecto Siccha, se localiza en el corredor estructural Sacha - Shushufindi, caracterizado por la inversión de estructuras extensionales del Triásico-Jurásico inferior, durante la deformación Andina del Eoceno- Plioceno. El prospecto ha sido identificado mediante sísmica 2D post- stack de calidad regular. En la misma se han interpretado de manera confiable los horizontes principales cenozoicos (Chalcana, Ortegua, Tiyuyacu, Tena), cretácicos (Napo, Hollín) y pré - cretácicos (Chapiza).

La trampa se caracteriza por un suave anticlinal, elongado en sentido NE-SE, con cierre en cuatro direcciones para los volúmenes evaluados y relacionado a una falla inversa de poco rechazo, que posee alto ángulo de inclinación al SE y rumbo NNE, similar a otras estructuras del dominio estructural Sacha – Shushufindi, Pluspetrol, 2022.

La secuencia cretácica, constituida por las Formaciones Hollín, Napo, y Tena Basal se identifica sísmicamente por sus reflectores continuos y altas amplitudes Figura 5-24. La Formación Hollín sobreyace en discordancia a la Formación Chapiza, del Jurásico Superior – Cretácico inferior, alcanzada en su parte superior por los pozos off-set del Bloque 10 y caracterizada por presentar rocas volcanoclásticas y capas rojas continentales. Sísmicamente sus reflectores son continuos, sin embargo, su base no ha podido ser identificada sísmicamente y no se han reconocido de manera confiable las secuencias más antiguas que yacen sobre el basamento Precámbrico. Cubriendo a la secuencia cretácica y en discordancia, se identifica a las secuencias cenozoicas correspondientes a las Formaciones Tena Superior, Chalcana, Ortegua y

Arajuno que representan la sedimentación principalmente continental del estadio de cuenca de antepaís, Pluspetrol, 2022 (Figura 5-24).

De las unidades litológicas aflorantes en el sector, la Formación Mera es por lo general masiva, en posición subhorizontal con inclinación por lo generalmente al Este. La Formación Chambira se presenta en potentes estratos que sobrepasa los 1 000 metros de espesor, mismos que están levemente plegados, con ángulos de buzamientos no mayor a los 10° SE. Los depósitos aluviales y coluviales son masivos sobrepuestos sobre las formaciones antes descritas.

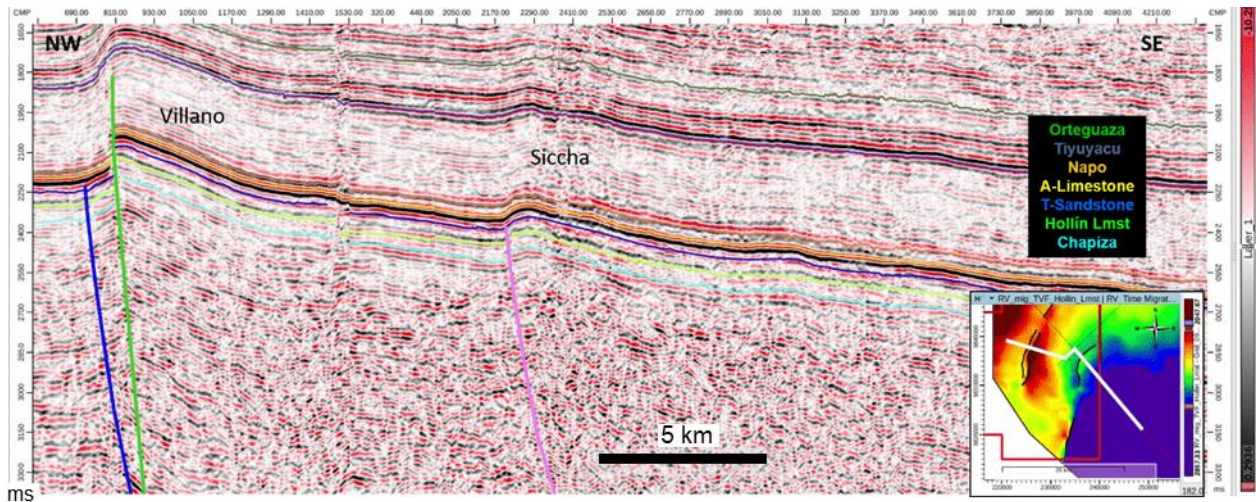


Figura 5-24 Línea Sísmica Arbitraria Sobre los Campos Villano y el Prospecto Siccha Mostrando la Interpretación en Tiempo de los Horizontes Sísmicos Principales.

Fuente: Pluspetrol Ecuador, 2022

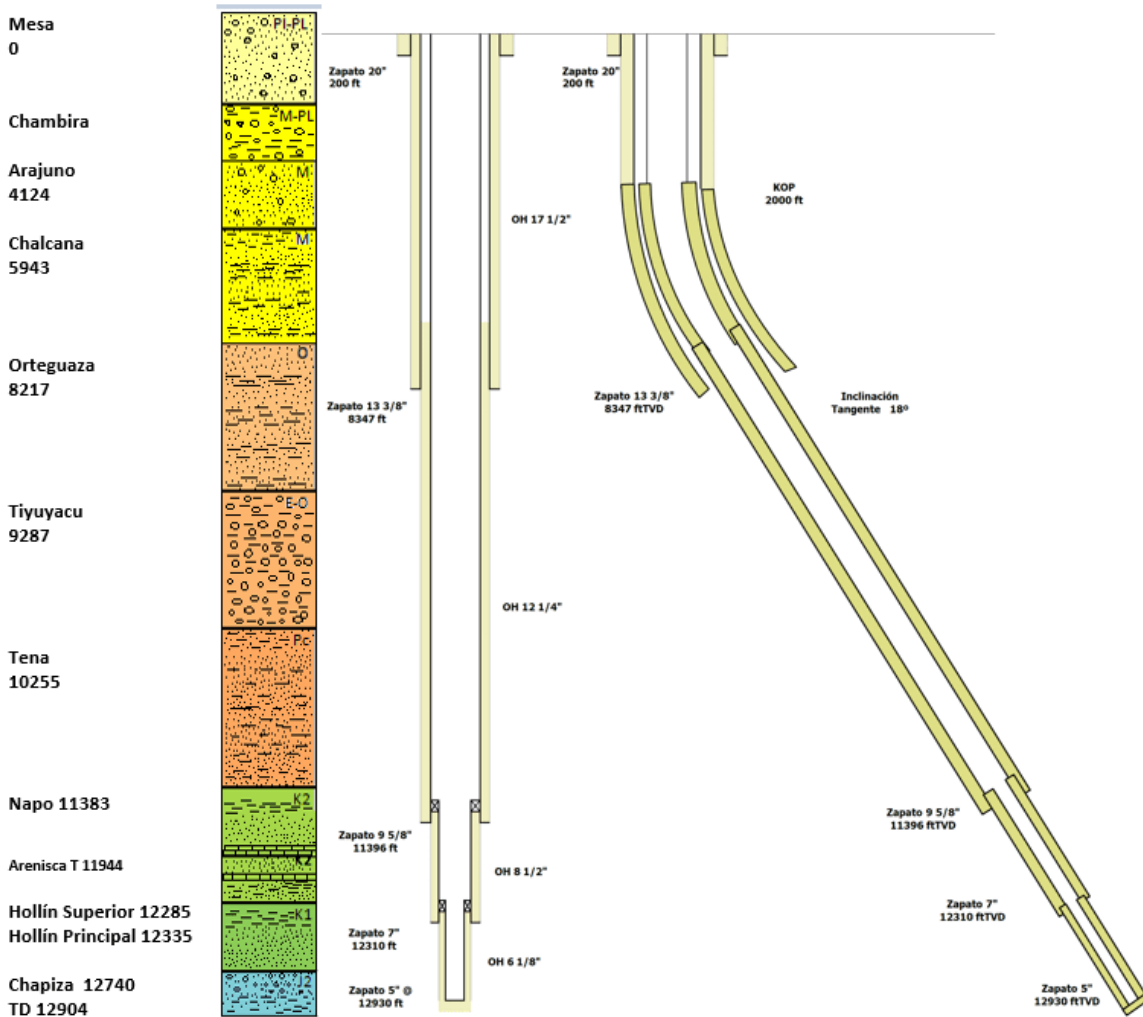


Figura 5-25 Esquemas de pozo correlacionados a la columna litoestratigráfica de la cuenca Oriente

Como se presenta en la Figura 5-25 la profundidad total alcanzada por los pozos estará a 12930 ft, en TVD dentro de la formación Chapiza.

b. Características litológicas del prospecto:

A continuación, se describe la columna estratigráfica de subsuelo esperada (desde la más joven a la más antigua) para el prospecto exploratorio Siccha y las características litológicas de cada formación.

Formación Arajuno (Mioceno)

Se dispone en subsuelo por debajo de las formaciones aflorantes Mera y Chambira. Está compuesta por areniscas color gris claro intercaladas con arcillitas y limolitas. Los niveles arenosos son más comunes en la parte superior y se hacen más delgados y menos frecuentes hacia la base. Las arcillitas son de color marrón o gris y no-calcáreas. La descripción de facies en afloramientos demuestra que el estilo fluvial de la Formación Arajuno correspondía a un sistema de tipo divagante de baja sinuosidad con carga sedimentaria gruesa y con carga arenosa, Pluspetrol, 2022.

Fm Chalcana (Oligoceno Superior- Mioceno)

Predominan las arcillitas, intercaladas con delgadas lentes de areniscas finas a muy finas que se hacen más significativas hacia la base. Las arcillitas son típicamente rojizas, no-calcáreas y suelen tener inclusiones nodulares o láminas de anhidrita. En afloramientos, esta asociación de facies es interpretada clásicamente como característica de ambientes de llanura de inundación correspondientes a ríos meandriformes de baja sinuosidad con carga sedimentaria fina o como ríos anastomosados, comparables a los ríos de la llanura amazónica actual, Pluspetrol, 2022.

Formación Orteguaza (Oligoceno Inferior)

En términos de ambientes deposicionales, la Formación Orteguaza muestra en afloramientos una mezcla de ambientes partiendo de una plataforma abierta (lutitas y lutitas bioturbadas), pasando por zonas bajo influencia de mareas (caracterizada por flaser y wavy bedding), hasta una llanura aluvial (canales conglomeráticos al tope). En subsuelo, predominan las lutitas rojizas a violáceas, masivas y no-calcáreas. Se observa la presencia de lutitas con bioturbación y moldes de bivalvos. En la parte superior hay delgadas intercalaciones de areniscas cuarzosas que hacia la base desaparecen, Pluspetrol, 2022.

Formación Tiyuyacu (Eoceno)

Su base corresponde a una superficie de erosión regional (Baby et al., 1999) identificada, tanto en afloramientos como en sísmica. Se compone de conglomerados y areniscas conglomeráticas cuarzosas intercaladas con espesos intervalos arcillosos. Los conglomerados contienen un 90% de cherts rojizos y angulosos, 10% de cuarzos lechosos y rocas metamórficas. Dichos depósitos están organizados en rellenos de canales que se repiten mostrando una evolución granodecreciente.

Formación Tena (Maastrichtiano- Paleoceno)

Se la divide en dos miembros. El miembro inferior corresponde a la arenisca Tena Basal, que se deposita en progradación sobre la arenisca M1 en la parte este de la Cuenca Oriente, y sobre las lutitas Napo Superior en la parte oeste. Se caracteriza por presentar facies fluvio-marinas de canales de marea, como también facies de playa y de plataforma marina clástica somera. Se compone de arcillas calcáreas de color anaranjado a marrón con intercalación de areniscas y, en menor medida, limolitas. Hacia el límite con la Formación Napo hay un delgado intervalo arenoso basal. Después de la progradación de la arenisca Basal Tena, las condiciones marinas de la cuenca fueron sustituidas por condiciones continentales que corresponden al inicio de cuenca de antepaís, en donde predomina la depositación de capas rojas continentales que caracterizan al miembro superior de la Formación Tena.

Formación Napo (Albiano Superior – Campaniano inferior)

En la Formación Napo, se reconocen múltiples ciclos caracterizados por una serie repetitiva de areniscas, calizas y lutitas, asociados posiblemente a las fluctuaciones del nivel eustático ocurridas durante el Cretácico (White et al., 1995; Barragán, 1999). Dichos ciclos, testifican variaciones bruscas de la línea de costa en la plataforma marina-somera de la Cuenca Oriente en el Cretácico. La correlación de las caídas del nivel de base con la progradación de cuerpos arenosos a través de la Cuenca Oriente es evidente. Litológicamente, la Formación Napo está caracterizada por la predominancia de lutitas grises a negras calcáreas que constituyen la roca madre y el sello, con intercalaciones de calizas argiláceas (conocidas de base a techo como calizas C, B, U, A, M1 y M2) e intervalos clásticos constituidos por intercalaciones de areniscas cuarzosas (conocidas como arenisca T, U y M2 y M1), de color gris verdoso, de grano muy fino a fino, glauconíticas; con intercalaciones de limolitas, lutitas de gris oscuro a negro y pequeños niveles de caliza de color gris claro. La arenisca M2 solo se presenta en el sector Este de la cuenca.

Formación Hollín (Aptiano Superior – Albiano medio)

Es el objetivo principal del pozo y alcanza los 400 pies de espesor. Se la puede dividir en dos miembros. Hollín inferior o principal y Hollín Superior. Litológicamente se caracteriza por presentar areniscas

cuarzosas, bien seleccionadas, friables a moderadamente consolidadas. Su tamaño de grano varía de medio a grueso en la parte inferior y se va haciendo fino a muy fino en la parte superior. Corresponde a la depositación de un sistema fluvial donde se puede diferenciar tres ambientes depositacionales distintos (White et al., 1995; Jordan et al., 1997). La parte basal es interpretada como depósitos fluviales de relleno de valles sobre la superficie erosiva pre-Hollín. Seguido, se da la depositación de una sucesión de depósitos de ríos entrelazados progradantes y diacrónicos de planicies aluviales que desarrollan posiblemente durante condiciones de caída del nivel eustático desde el Aptiano (112.5 Ma) (Haq et al., 1987). Este sistema pasa progresivamente a ambientes distales de planicie aluvial costera tipo llanura de inundación influenciadas por la acción de mareas. Progresivamente, se observa un cambio hacia un sistema detrítico de baja energía, donde se evidencian los efectos de una transgresión marina que caracteriza a la Formación Hollín Superior. Dos ambientes depositacionales son observados. La parte inferior es de tipo clástico, estuarino, cubierto por facies de plataforma marina somera, donde la depositación de sedimentos transgresivos ocurrió de oeste a este. Por lo tanto, la Formación Hollín Superior representa los depósitos del sistema transgresivo, caracterizado por presentar limolitas y lutitas intercaladas en la parte inferior y areniscas cuarzosas finas a muy finas y limolitas arcillosas intercaladas en la parte superior.

Formación Chapiza (Jurásico)

Comprende una sucesión de sedimentos clásticos continentales (capas rojas) que se depositaron en un clima seco o desértico e intercalaciones de tobas y vulcanitas que forman parte del potente arco magmático que corre desde el norte de Perú hasta el norte de Colombia (Romeuf et al., 1995). Este ciclo tectono-sedimentario comienza con una fuerte superficie erosional a la base de la Formación Chapiza. Esta discordancia angular y la reducida acomodación de la sedimentación reflejan un levantamiento y emersión de la zona estudiada, y por consiguiente el fin del rifting. Este fenómeno está relacionado con un cambio en el marco geodinámico.

5.1.4 Vulcanismo

La actividad volcánica está relacionada a los cinturones móviles de los Andes ecuatorianos. La mayoría de los volcanes activos del Ecuador se encuentran en las cordilleras Occidental y Real, normalmente entre los 110 y 150 km de la zona de Benioff, con excepción del eje: Cerro Hermoso-Sumaco-Pan de Azúcar-Reventador, que se encuentran entre 170 y 180 kilómetros de esta zona (Woodward-Clyde, 1980); este eje se emplaza en el sector subandino.

Los volcanes: Tungurahua, Reventador y Sumaco son los más cercanos a la zona de estudio.

El Tungurahua es un estrato-volcán andesítico compuesto, ubicado en la Cordillera Real del Ecuador, 120 km al sur de Quito, 33 km al SE de Ambato y tan sólo a 8 km al Norte de la ciudad de Baños. Es un edificio volcánico de 5020 m de altura con un diámetro basal de 16 km. Hall et al. (1999) dividen a este volcán en tres edificios sucesivos, Tungurahua I, II y III, siendo el tercero el edificio actual. Los dos edificios anteriores sufrieron colapsos sectoriales hace 30 y 3 ka, cuyos depósitos de avalancha afloran en los valles de los ríos Chambo y Patate. La actividad del Tungurahua III habría comenzado con la emisión del gran flujo de lava de las Juntas hace aproximadamente 2300 años (Hall et al., 1999). Desde el año 1300 AD el Tungurahua ha producido erupciones con flujos piroclásticos, caídas de ceniza, flujos de lava y lahares, al menos una vez por siglo (LePennec et al., 2008).

El periodo eruptivo actual se inició en 1999 y persiste hasta el momento. Al inicio la erupción actual fue subcontinua caracterizada por explosiones estrombolianas y vulcanianas; y emisiones de gases y ceniza. En Julio y Agosto del 2006, por primera vez en este periodo el volcán produjo dos grandes erupciones explosivas con formación de flujos piroclásticos que afectaron principalmente al flanco y sur occidentales. La caída de ceniza asociada a estos eventos fue de carácter regional afectando incluso a la ciudad de Guayaquil. Desde entonces el volcán ha mantenido episodios de actividad intermitentes con duraciones de pocos días a semanas y pausas en la actividad de hasta 3 meses. La actividad puede iniciarse con

fuertes explosiones vulcanianas, como en Mayo 2010, Diciembre 2012 y Julio 2013; o con explosiones de carácter estromboliano y emisión continua de gases y ceniza, IGPN, 2022.

El Reventador, se tiene registros de su actividad desde 1541, hasta la última, que fue registrada en el presente año; es un cono simétrico en actividad semipermanente, la composición de los materiales es predominantemente basáltica. Según el registro histórico de las erupciones existentes, los flujos de lava solamente se circunscriben al área de influencia del cráter, y, en algún caso especial, flujos de lodo y lava alcanzaron al río Quijos. Hay referencia de la presencia de cenizas en un radio de hasta 180 km.

El volcán Sumaco tiene un cono simétrico que indica actividad reciente, y se lo considera como activo. Su edificio se levanta sobre rocas mesozoicas del levantamiento Napo y sus lavas tienen una composición alcalina (Colony & Sinclair, 1928). Almeida (1991) lo describe como un complejo de aparatos, similar al Reventador, que ha pasado por varias etapas de reactivación, crecimiento y destrucción, como el actual proceso eruptivo de los últimos meses. El volcán está constituido por un edificio antiguo que ha sufrido un gran deslizamiento y un cono nuevo que ha crecido al interior del anfiteatro dejado tras el deslizamiento, (Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional, 2019).

Las misiones de campo realizadas para estudiar este volcán Sumaco han revelado que la parte superior del cono se habría construido por una continua e intensa actividad stromboliana, su forma cónica da indicios de una actividad reciente. Así, Según Simkin y Siebert (1994), indican que 1895 y 1933, se habrían observado signos de actividad en el volcán, sin embargo, no existe confirmación de esta afirmación. Las lavas del Sumaco son porfíricas masivas de composición básica con un elevado contenido de potasio. Globalmente, éstas se pueden clasificarse como tefritas y absarokitas cuyos componentes minerales son plagioclasa, clinopiroxeno, titano-magnetita y hauyna. En el Ecuador son las únicas lavas que presentan estas características (Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional, 2022).

Por la lejanía de los complejos volcánicos al área de la plataforma Siccha y sus facilidades, no existen riesgos relacionados a estos fenómenos naturales; eventualmente, a pequeñas caídas de cenizas en dependencia de la dirección del viento en una ocasional erupción.

5.1.5 Geotecnia

La evaluación geotécnica de los terrenos que conforman las distintas facilidades del Campo Siccha fue realizada en base a la interacción que existe entre los parámetros de geología, geomorfología, suelos, hidrogeología y los trabajos antrópicos realizados por la intervención de los terrenos colonizados y aquellas afectaciones que se realizarán a futuro como consecuencia de la implementación del proyecto.

5.1.5.1 *Geotecnia Regional*

5.1.5.1.1 Metodología

Para el desarrollo del tema de geotecnia se procedió primeramente a realizar un análisis geotécnico regional de toda el área de influencia del Campo Siccha, de acuerdo con la metodología que este acápite describe.

5.1.5.1.2 Parámetros Geotécnicos Analizados para Zonificación

Con la finalidad de establecer zonas y tramos geotécnicamente homogéneos y suministrar en cada uno de ellos la información básica preliminar para la proyección y construcción de obras civiles, se analizaron los rasgos geológicos, geomorfológicos, hidrogeológicos y geotécnicos, estimando los factores problemáticos de cada uno de estos aspectos para de esta manera cartografiar mapas geotécnicos regionales, que es una adaptación de la metodología de la Commission on Geological Maps of the International Association of Engineering Geology (1976), para elaborar el Mapa Geotécnico Regional, sobre la base de los parámetros que en los párrafos siguientes se detallan.

Se ha optado por valorar cada parámetro, con la finalidad de enmarcar a cada zona geotécnica dentro de un rango de calidad valorado sobre 20 puntos, para lo cual se distribuyó dicho puntaje entre los diferentes aspectos analizados. A continuación, se hace una descripción muy resumida de la valoración de cada uno de los parámetros analizados en las Fichas Geotécnicas para la zonificación geotécnica.

- > Litología: Clasificación de materiales pétreos y suelos, su consistencia y/o capacidad y estructura. Valoración total 4:
 - > Clasificación de materiales pétreos y suelos. Es una valoración de 0 a 2 de los suelos en función de su clasificación de acuerdo con la clasificación SUCS.
 - > Compacidad y consistencia: Es una valoración de 0 a 1 de los suelos, desde sueltos (0), semisueltos (0,5) a compactos (1).
 - > Estructura: Es una valoración de 1 a 0 de los suelos en función de: masivos (1), medianamente fracturados a estratificados (0,5) y fracturados y estratificados (0).
- > Geomorfología: Valoración de las formas del relieve y sus características. Valoración total 5.
 - > Morfología: Valoración de 1 a 0 de la forma del relieve, desde explanada (1), colina y ladera (0,5) a montaña (0).
 - > Pendiente: Valoración de 1 a 0 de la pendiente del terreno, desde suave (1), moderado y abrupto (0,5) a muy abrupto (0).
 - > Meteorización: Valoración de 1 a 0 del grado de la meteorización del macizo rocoso, desde moderado (1), fuerte (0,5) a muy fuerte (0).
 - > Erosión: Valoración de 1 a 0 del grado de la erosión del macizo rocoso, desde inicial (1), moderado (0,5) a antiguo (0).
 - > Drenaje: Valoración de 1 a 0 de la escorrentía superficial, desde alta (1), media (0,5) a baja (0).
- > Hidrogeología: Valoración de las características hidrogeológicas principales. Valoración total 3.
 - > Humedad: Valoración de 1 a 0 de la saturación de la unidad litológica, desde seca (1), húmeda (0,5) a saturada (0).
 - > Escorrentía: Valoración de 1 a 0 de la escorrentía subterránea, desde alta (1), media (0,5) a baja (0).
 - > Permeabilidad: Valoración de 1 a 0 de la permeabilidad estimada de la unidad litológica, desde permeable (1), semipermeable (0,5) a impermeable (0).
- > Geotecnia: Valoración de las características geotécnicas del macizo rocoso principales: Valoración total 8.
 - > Capacidad portante: Valoración de 2 a 0 de la capacidad portante, desde alta (2), media (1) a baja (0).
 - > Estabilidad de taludes: Valoración de 2 a 0 de la estabilidad de los taludes del tramo o sector analizado, desde estable (2), medianamente estable (1) a inestable (0).
 - > Escarificación: Permite evaluar, en forma inicial, los volúmenes de excavación, valoración de 2 a 0, desde suelos (2), suelos duros y roca suave (1) a roca (0).
 - > Fuentes de materiales: Permite evaluar en forma inicial los usos que se pueden asignar a los materiales pétreos o suelos, valoración de 2 a 0, desde base y subbase (2) a ninguna (0).
 - > Clasificación geotécnica: Con la sumatoria de la valoración de cada parámetro analizado se llega a la clasificación geotécnica del tramo o área analizada.

Tabla 5-9 Calidad Geotécnica y Valoración

Zona Geotécnica (Símbolo*)	Valoración	Zonificación Geotécnica
I	20 a 16	Excelente o muy favorable
II	16 a 12	Buena o favorable
II	12 a 8	Regular o aceptable
IV	8 a 4	Mala o problemática
V	4 a 0	Muy mala o pésima

* Los subíndices que se agregan al símbolo se refieren a la morfología y a la pendiente.

Fuente y Elaboración: Entrix, octubre 2022

5.1.5.1.3 Categorías

De acuerdo con los resultados obtenidos, se elabora el Mapa Geotécnico (Anexo D. Cartografía, 5.1-9 Mapa Geotécnico) y la identificación de las zonas geotécnicas existentes y sus características.

Se realizó la diferenciación geotécnica del área de influencia directa e indirecta del área en estudio, dividiéndola en zonas. En la siguiente Tabla 5-10 se resume este análisis:

Tabla 5-10 Descripción de las Zonas Geotécnicas

Ficha No.	Formación	Calidad Geotécnica		Morfología	Pendiente	Zona Geotécnica
4	Terrazas aluviales	II	Buena	Explanada	Suave	II – E.s Explanas de pendientes suaves, estables, niveles freáticos altos, deficiente drenaje. Depósitos y terrazas aluviales, medianamente consolidados, suelos MH.
3	Formación Mera	II	Buena	Explanada	Moderada	II – E.m* Llanuras onduladas a planas de origen sedimentario, superficial y fácilmente ripables, de pendiente moderada (0-10 %) y aceptable estabilidad. Drenaje aceptable. Suelos aluvio-residuales profundos, limo-arcillosos MH.
2	Formación Mera	II	Buena	Ladera	Moderada	II – L.m* Laderas de pendientes de moderada, sobre rocas sedimentarias fácilmente ripables, buen drenaje, de modera estabilidad. Suelos MH
1	Formación Mera	II	Buena	Colina	Moderada	II – C.m Colinas medias a bajas, sobre rocas sedimentarias, de pendiente moderada (5-25 %). Aceptable estabilidad y drenaje. Potentes suelos residuales de alta plasticidad MH.

Ficha No.	Formación	Calidad Geotécnica		Morfología	Pendiente	Zona Geotécnica
5	Formación Mera	III	Regular	Ladera	Abrupta	III – L.a* Laderas de pendiente abruptas (15-25 %), sobre rocas sedimentarias. Aceptable estabilidad. Drenaje aceptable, niveles freáticos poco superficiales. Potentes suelos residuales de alta plasticidad MH.
6	Formación Mera	III	Regular	Ladera	Muy abrupta	III – L.ma* Laderas de pendientes muy abruptas (>25%), sobre rocas sedimentarias, de muy baja estabilidad. Suelos MH
7	Paleocauces (Depósitos aluviales)	IV	Buena	Explanada	Suave	IV – E.s* Explanas de pendientes suaves, estables, niveles freáticos altos, deficiente drenaje. Depósitos aluviales, no consolidados, zonas inundadas, suelos MH.

*El símbolo de la Zonificación Geotécnica está representada por: el número romano la clasificación geotécnica, la letra mayúscula por la morfología y la minúscula la pendiente.

Elaboración: Entrix, octubre 2022

5.1.5.2 Geotécnica Particular

5.1.5.2.1 Metodología

En vista de que la presente investigación tiene como objeto caracterizar geotécnicamente las áreas del Campo Siccha, su vía de acceso así como la construcción de línea de flujo y sus accesos dentro del Estudio de Impacto Ambiental, las investigaciones geotécnicas realizadas para tal propósito consistieron en la perforación y muestreo de calicatas de hasta 1,00 m de profundidad y la elaboración del Mapa Geotécnico Regional, por lo que las caracterizaciones geotécnicas del área geográfica son muy generales y se describen a continuación:

Características Físicas de los Suelos

Es importante citar que este tipo de análisis no es requerido por parte del marco legal vigente; sin embargo, se lo ha incluido como un insumo para el presente estudio; por lo tanto, no se presenta el certificado de acreditación del laboratorio utilizado, por lo que dichos resultados son referenciales y no serán utilizados para futuros monitoreos.

En julio y agosto de 2022, se realizaron seis perforaciones manuales (calicatas) de hasta 1,00 m de profundidad dentro del área operativa de la plataforma, el trazado de la línea de flujo y sus acceso y vía de acceso al PAD Siccha para los análisis químico, edafológico y geotécnico.

En cada punto de muestreo (calicata) el procedimiento para la toma de muestras fue el siguiente:

- > Excavación de calicatas de un metro de ancho por un metro de profundidad.
- > Determinación de los horizontes en el perfil del suelo.
- > Toma de la muestra homogenizada para el análisis químico ambiental de los horizontes A, B1 y B2.
- > Análisis de las muestras agronómicas en cada horizonte del suelo determinado.
- > Toma de la muestra geotécnica del fondo del perfil de la calicata.

- > Todas las muestras fueron recolectadas en funda ziploc, embaladas, rotuladas y transportadas en neveras portátiles hasta el laboratorio Geoconsult de la ciudad de Quito para su respectivo análisis.

Tabla 5-11 Ubicación de los Puntos de Muestreo Geotécnico

Número de Muestra	Código de la Muestra	Profundidad (m)	Coordenadas WGS 84 Zona 18 Sur		Fecha de Muestreo	Descripción del Sitio de Muestreo	Infraestructura Asociada
			Este (m)	Norte (m)			
1	MS-01-G	1,00	236381,00	9835716,00	02/08/2022	Área plana presencia de arbustos y vegetación	Área PAD Siccha
2	MS-02-Siccha-G	1,00	236692,00	9835388,00	31/07/2022	Área plana presencia de arbustos y vegetación	Área PAD Siccha
3	MS-03-Siccha-G	1,00	236497,00	9834911,00	01/08/2022	Área plana presencia de arbustos y vegetación	Vía de acceso
4	MS-04-Paparawa-G	1,00	233763,00	9834763,00	03/08/2022	Área plana presencia de arbustos y vegetación	Línea de flujo y sus accesos
5	MS-05-Paparawa-G	1,00	229189,00	9835563,00	04/08/2022	Área plana presencia de arbustos y vegetación	Línea de flujo y sus accesos
6	MS6-Villano-G	1,00	227110,00	9837288,00	26/07/2022	Área plana presencia de arbustos y vegetación	PAD Villano A

Fuente: Levantamiento de campo, Entrix, julio-agosto 2022
 Elaborado por: Entrix, agosto 2022

Página en Blanco

Tabla 5-12 Características Físicas de los Suelos

Código	Área	Coordenadas WGS 84 18 Sur		Profundidad (m)	Humedad (%)	Granulometría					L.L. (%)	L.P. (%)	I.P. (%)	SUCS	Densidad (T/m3)
		Este (m)	Norte (m)			Pasa # 4	Pasa # 10	Pasa # 40	Pasa # 100	Pasa # 200					
MS-01-G	Área PAD Siccha	236381,00	9835716,00	1,00	297,80	100,00	100,00	100,00	97,93	95,00	93,90	84,12	9,78	MH	3,71
MS-02-Siccha-G	Área PAD Siccha	236692,00	9835388,00	1,00	64,75	100,00	100,00	99,36	96,96	92,97	84,70	51,04	33,66	MH	3,55
MS-03-Siccha-G	Vía de acceso	236497,00	9834911,00	1,00	64,50	100,00	100,00	99,61	98,80	97,57	119,40	57,56	61,84	MH	3,40
MS-04-Paparawa-G	Línea de flujo y sus accesos	233763,00	9834763,00	1,00	67,82	100,00	100,00	99,63	98,68	97,71	91,50	61,60	30,44	MH	3,41
MS-05-Paparawa-G	Línea de flujo y sus accesos	229189,00	9835563,00	1,0	68,74	100,00	100,00	100,00	99,23	98,13	89,20	53,45	35,75	MH	3,53
MS6-Villano-G	PAD Villano A	227110,00	9837288,00	1,0	77,93	100,00	100,00	99,78	95,95	89,13	76,70	43,72	32,98	MH	3,46

LL = Límite líquido; LP = Límite plástico; IP = Índice de plasticidad; SUCS = Sistema unificado de clasificación de suelos; MH = Limo-arcilloso de alta plasticidad; CL = Arcilla arenosa de baja plasticidad; ML = Limos arenosos; SM = Arena limosa.

Fuente: Laboratorio GEOCONSULT, agosto 2022
 Elaborado por: Entrix, agosto 2022

Página en blanco

Los análisis de las muestras se realizaron en el laboratorio Geoconsult. Los informes de resultados constan en el Anexo B. Documentos de Respaldo, B.1. Físico, B.1.4. Resultados de Laboratorio, B.1.4.2. Geotécnica. Con base en los resultados presentados se efectúa el siguiente análisis:

Índice de Plasticidad

El índice de plasticidad (IP) es la diferencia entre los límites líquidos y plásticos de los suelos (es conocido como el Límite de Atterberg). Este índice tiene una relación inversa con la permeabilidad y compresibilidad del suelo; mientras más bajo es el valor del IP, más alto son los valores de permeabilidad y compresibilidad o viceversa. Un suelo con un IP entre 0-3 % no es plástico; entre 4-15 % ligeramente plástico, entre 15-30 % moderadamente plástico y superior de 30 % es altamente plástico.

Las muestras tomadas en el área de estudio presentan un IP altamente plástico entre 30,44 a 61,84 %, a la profundidad de 1,00 m, a excepción de la muestra MS-01-G que presenta un IP de ligeramente plástico con un valor de 9,78 %, lo que indica que por lo general los suelos residuales son susceptibles a la expansión, pero presenta baja permeabilidad.

Densidad por Volumen

La densidad por volumen se define como la masa (peso) de un volumen de suelo seco. En la zona de estudio, la densidad del subsuelo (horizonte B2) de las muestras evaluadas varía entre 3,40 y 3,71 T/m³; desde el punto de vista geotécnico, son suelos con densidades naturales altas.

Clasificación Unificada de los Suelos (SUCS)

La clasificación está basada principalmente en los límites de Atterberg, tamaño de las partículas y el contenido de la materia orgánica. Los suelos del área de estudio corresponden, en un alto porcentaje, al tipo MH, de alta plasticidad.

De las perforaciones someras realizadas, se puede generalizar su estratigrafía y las propiedades físico-mecánicas de los suelos del área de investigación, de la siguiente manera:

- > De 0,00 a 0,15 m: Suelo vegetal, gris oscuro, suelto. Baja resistencia a la erosión y al corte, vulnerables a la erosión laminar y fácilmente removible por acción antrópica.
- > De 0,15 a 2,00 m: Suelos residuales, limos inorgánicos de alta plasticidad, del tipo MH, castaño amarillento, de consistencia blando, plástico, con alto contenido de humedad, permeabilidad baja. Vulnerables a la erosión laminar con desarrollo de surcos y cárcavas. Pueden presentar pequeños deslizamientos en taludes artificiales en condiciones de alta saturación. Pueden ser excavados con facilidad.

5.1.5.3 Geotécnica Local

5.1.5.3.1 Plataforma Siccha

El sector en donde se ha proyectado construir la plataforma Siccha son laderas de pendientes entre 5 al 12%, en que se inician tres pequeños esteros, donde afloran sedimentos de la formación Mera que son consolidadas y en posición estructural sub horizontal (ángulos de buzamientos menor a los 10°). Es un sector de buenas características geotécnicas clasificado como una zona II – L.m, en la cual no se han observado sectores inestables geotécnicamente.

5.1.5.3.2 Investigaciones Geotécnicas

Para el diseño y construcción de la plataforma, la empresa AOC Ingeniería realizó diferentes investigaciones de campo y laboratorio. Se realizaron once perforaciones manuales de entre 6.50 m y 20.50 m de profundidad y ocho calicatas de hasta 1.50 m. Sólo en el sondeo P1, localizado en el centro de la plataforma Siccha, se detectó niveles freáticos a los 16.00 metros de profundidad. En la siguiente

figura se detalla la ubicación y características de las perforaciones geotécnicas (sondeos mecánicos y calicatas), la figura presentada se encuentra Anexo B. Documento de Respaldo, B.1 Físico, B.1.9 Estudio diseño plataforma, Anexos, 01_Ubicación de sondeos.

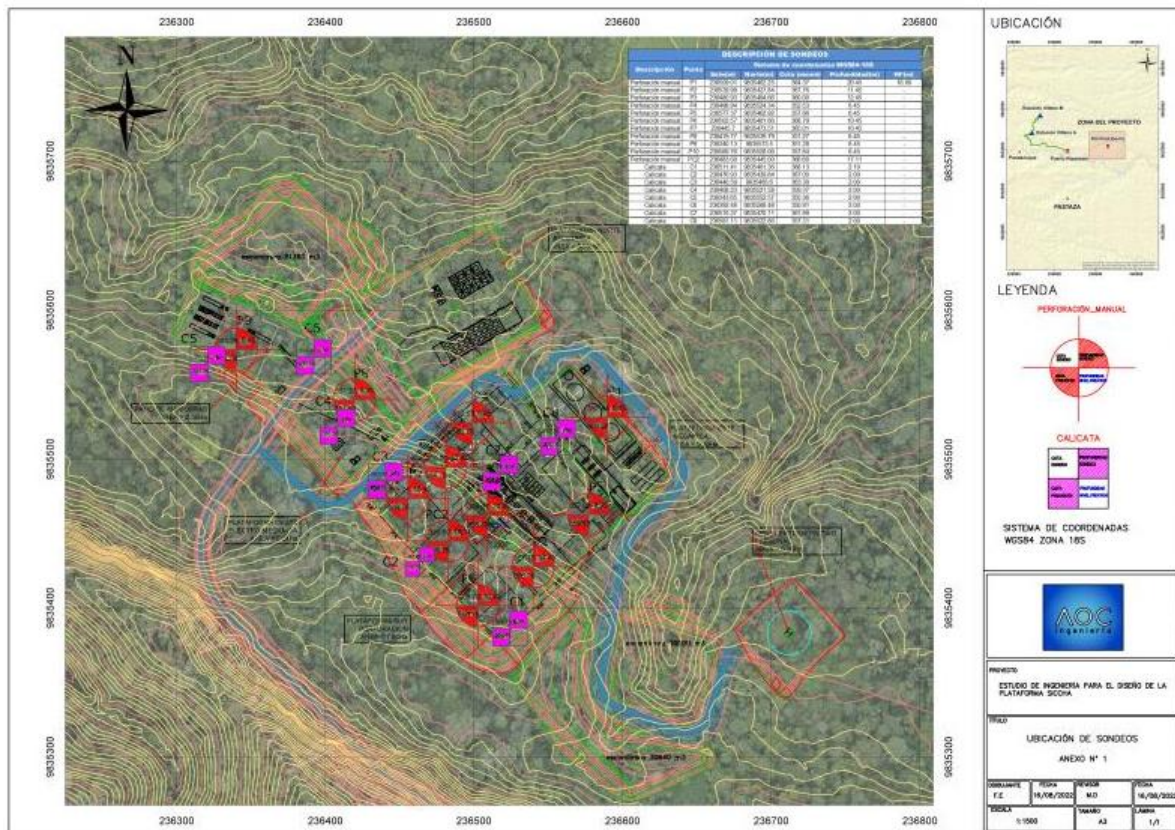


Figura 5-26 Ubicación de las Perforaciones Geotécnicas

Fuente: AOC Ingeniería, 2022

Se realizaron un total de 56 ensayos de clasificación SUCS, en la tabla siguiente se detallan los ensayos de clasificación realizados, la documentación de respaldo de esta información la podemos encontrar en el Anexo B. Documento de Respaldo, B.1 Físico, B.1.9 Estudio diseño plataforma.

Tabla 5-13 Características Físicas de los Suelos en el Área de la Plataforma Siccha

CLASIFICACION SUCS											
ID	COTA SONDEO (msnm)	PROF. MUESTRA (m)	COTA MUESTRA (msnm)	HUMEDAD (%)	LÍMITES DE ATTERBERG			GRANULOMETRÍA			SUCS
					LL	LP	IP	% Grava	% Arena	% Finos	
P1	364	2,00	362,37	55,8	55	39	16	6	28	66	MH
		3,00	361,37	60,8	47	47	0	0	29	71	ML
		5,00	359,37	44,1	37	34	3	0	37	63	ML
		9,00	355,37	18,4	NP	NP	NP	0	79	21	SM
		11,00	353,37	16,2	NP	NP	NP	1	78	21	SM

CLASIFICACION SUCS											
ID	COTA SONDEO (msnm)	PROF. MUESTRA (m)	COTA MUESTRA (msnm)	HUMEDAD (%)	LÍMITES DE ATTERBERG			GRANULOMETRÍA			SUCS
					LL	LP	IP	% Grava	% Arena	% Finos	
		14,00	350,37	40,0	44	38	6	59	18	23	GM
		16,00	348,37	38,6	NP	NP	NP	4	13	83	ML
		18,00	346,37	35,0	NP	NP	NP	19	28	53	ML
		19,00	345,37	12,1	NP	NP	NP	0	89	11	SW/S P-SM
		2,00	375,00	52,8	41	34	7	0	24	76	ML
P2	377	3,00	374,00	33,8	31	27	4	0	41	59	ML
		5,00	372,00	62,2	46	42	4	0	6	94	ML
		7,00	370,00	48,4	39	35	4	0	7	93	ML
		10,00	367,00	17,0	NP	NP	NP	8	77	15	SM
		11,00	366,00	15,0	NP	NP	NP	0	90	10	SW/S P-SM
		2,00	384,00	31,3	35	27	8	2	64	34	SM
P3	386	5,00	381,00	12,2	NP	NP	NP	1	89	10	SW/S P-SM
		9,00	377,00	12,5	NP	NP	NP	3	77	20	SM
		9,15	376,85	37,7	42	35	7	36	34	30	GM
		10,00	376,00	22,2	23	21	2	2	68	30	SM
		11,00	375,00	40,8	32	30	2	9	32	59	ML
		12,00	374,00	36,8	41	36	5	8	13	79	ML
P4	377	2,00	375,00	57,0	67	52	15	0	4	96	MH
		4,00	373,00	67,3	60	52	8	6	11	83	MH
P5	324	2,00	322,00	62,0	64	54	10	0	10	90	MH
		4,00	320,00	64,2	69	54	15	0	4	96	MH
		5,00	319,00	59,6	68	51	17	0	13	87	MH
P6	381	2,00	379,00	57,4	78	50	28	0	6	94	MH
		6,00	375,00	77,3	61	48	13	0	7	93	MH
		8,00	373,00	56,6	NP	NP	NP	0	50	50	ML
		10,00	371,00	31,8	NP	NP	NP	0	57	43	SM
P7	391	2,00	389,00	70,1	79	55	24	0	6	94	MH
		7,00	384,00	43,4	NP	NP	NP	0	48	52	ML
		8,00	383,00	31,0	NP	NP	NP	0	56	44	SM
		9,00	382,00	30,4	35	30	5	0	67	33	SM
		10,00	381,00	27,8	NP	NP	NP	0	58	42	SM

CLASIFICACION SUCS											
ID	COTA SONDEO (msnm)	PROF. MUESTRA (m)	COTA MUESTRA (msnm)	HUMEDAD (%)	LÍMITES DE ATTERBERG			GRANULOMETRÍA			SUCS
					LL	LP	IP	% Grava	% Arena	% Finos	
P8	382	2,00	380,00	55,6	70	52	18	0	6	94	MH
		4,00	378,00	75,0	75	58	17	0	4	96	MH
		6,00	376,00	81,3	77	56	21	0	3	97	MH
P9	325	2,00	323,00	53,3	51	41	10	0	23	77	MH
		5,00	320,00	23,6	NP	NP	NP	0	77	23	SM
		6,00	319,00	23,6	NP	NP	NP	0	75	25	SM
P10	325	2,00	323,00	64,5	73	55	18	0	8	92	MH
		5,00	320,00	63,1	61	50	11	0	6	94	MH
PC2	388	3,00	385,00	56,5	69	48	21	0	5	95	MH
		9,00	379,00	49,7	NP	NP	NP	0	53	47	SM
		13,00	375,00	32,7	37	31	6	2	65	33	SM
		15,00	373,00	19,0	NP	NP	NP	0	69	31	SM
C1	380	2,00	378,00	50,8	57	46	11	0	12	88	MH
C2	381	2,00	378,00	56,8	73	51	22	0	6	94	MH
C3	390	2,00	378,00	54,2	71	53	18	0	7	93	MH
C4	327	2,00	378,00	62,7	57	42	15	0	26	74	MH
C5	234	2,00	378,00	58,8	73	49	24	0	8	92	MH
C6	335	2,00	378,00	62,6	74	50	24	0	13	87	MH
C7	328	2,00	378,00	58,0	74	50	24	0	7	93	MH
C8	328	2,00	378,00	55,5	69	53	16	0	6	94	MH

LL = Límite líquido; LP = Límite plástico; IP = Índice de plasticidad; SUCS = Sistema unificado de clasificación de suelos; MH = Limo arcilloso; MI = Limos arenosos; SM = Arenas limosas; SW = Arena fina a gruesa; SP = Arena pobremente graduada; GM = Grava limosa

Fuente: AOC Ingeniería, 2022
 Elaborado por: Entrix, 2022

Índice de Plasticidad

Las muestras tomadas en el área de estudio hasta los 2.00 metros de profundidad presentan un IP de ligeramente plásticos (7%) a moderadamente plásticos (28%) estos últimos son los dominantes, lo que indica que por lo general los suelos residuales son susceptibles a la expansión, pero presenta baja permeabilidad.

Los suelos investigados a profundidades de 2.000 a 19.00 metros su índice de plasticidad van entre no plásticos a moderadamente plásticos (21%)

Contenido de Humedad

Los ensayos de contenido de humedad indica valores de entre 12% y 81%, con un valor promedio de 45%. Se pudo observar que los valores mayores de humedad se registran en los primeros 8 m de exploración con valores entre 30% y 80%, a partir de lo cual la humedad se ubica entre 14% y 35%.

Clasificación Unificada de los Suelos (SUCS)

Los suelos del área de la plataforma, hasta los 2,00 metros de profundidad, corresponden en un alto porcentaje, al tipo MH, limos arcillosos de mediana plasticidad, existen suelos ML y SM en menor proporción .

Los suelos investigados a profundidades de 2,00 a 19 metros son muy heterogéneos y se tiene suelos MH (limo arcilloso); MI (limos arenosos); SM (arenas limosas); SW (arena fina a gruesa); SP (arena pobremente graduada) y GM (grava limosa).

Parámetros Geomecánicos

Los valores registrados del SPT varían desde un registro de 1 golpes hasta el rechazo, con un promedio de 13 golpes, donde se puede observar que en los sondeos P1, P2, P3, P6 y PC2 aumenta el número de golpes con respecto a la profundidad, llegando al rechazo, mientras que el resto de los sondeos presentan valores de entre 1 y 15 golpes.

La empresa AOC Ingeniería realizó ocho ensayos Triaxial UU, en muestras inalteradas tomadas en 6 calicatas y en los sondeos P6 y P7. Los resultados obtenidos se incluyen en la Tabla siguiente:

Tabla 5-14 Resultados de ensayos triaxial UU

ENSAYO TRIAXIAL UU (ASTM D2850)				
ID	PROF. (m)	c' (kg/cm2)	c' (kPa)	ϕ (°)
C1	2,00	0,20	19,6	9,00
C2	2,00	0,22	21,6	4,00
C3	2,00	0,19	18,6	6,00
C4	2,00	0,62	60,8	7,00
C7	2,00	0,26	25,5	15,00
C8	2,00	0,26	25,5	3,00
P6	1.50-2.00	0,25	24,5	5
P7	2.50-3.00	0,23	22,6	5

c' = Cohesión; ϕ = Ángulo de fricción

Fuente: AOC Ingeniería, 2022
 Elaborado por: Entrix, 2022

De las muestras inalteradas recuperadas en los sondeos y en las calicatas se realizaron ensayos de determinación de parámetros de corte del suelo, obteniéndose un valor promedio de cohesión no drenada de 22 kPa, con un valor extraordinario de 61 kPa en la muestra tomada en la calicata C4.

Los valores del ángulo de fricción, tomado de los ensayos triaxiales, registraron valores de entre 3 y 8 grados, con un valor promedio de 7 grados.

La densidad natural de los suelos ensayados tiene un valor promedio de 16.43 kN/m³, mientras que la densidad seca presenta un promedio de 10.32 kN/m³.

Para la conformación de la Subrasante se lo efectuará mediante cortes y rellenos, sobre suelos residuales profundos y roca sedimentaria alterada fácilmente ripable; de acuerdo con las características geomecánicas de estos materiales aceptan taludes estables hasta los 5 metros de alto, a altura mayores a lo señalado se requiere conformar dichos taludes mediante bermas, actividad que se enmarcarán a lo dispuesto en el artículo 58 del Reglamento Ambiental de Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador (RAOHE)¹, referente a las normas operativas para las obras civiles, relacionados a las áreas que no forman parte del área útil del proyecto, obra o actividad. Los excesos resultados de los cortes se los dispondrá en dos escombreras debidamente diseñadas. Para el control de la erosión y la estabilidad de los indicados taludes se implementará un buen sistema de cunetas de drenaje y una inmediata revegetación.

Vía de acceso a la plataforma Siccha

La vía se desarrolla desde el empate con la vía Paparawa - Kallana hasta los primeros 1700 metros sobre una divisoria de aguas, de los drenajes del sector, lo cual permite tener pendientes menores al 25% y evitar el cruce de algunos esteros, como disminuir los cortes para la conformación de la subrasante, éste tramo se implantaría en una zona geotécnica de calidad Buena II – E.m, de buena estabilidad, donde predominan suelos residuales profundos limo arcillosos MH, sobre rocas sedimentarias fácilmente ripables de la formación Mera.

Los últimos tramos atravesarán un sector de pendientes abruptas a moderadas entre 25 al 40 %, por lo cual hay que realizar algunos cortes y rellenos para conformar la subrasante, es una zona geotécnica de Regular a Buena (III – L.ma, II – E.m) de aceptable estabilidad.

5.1.5.4 Conclusiones

- > Un alto porcentaje del área geográfica analizada corresponde a son zonas de Buena Calidad Geotécnica: II - E.m, II – L.a y II _E.s, correspondientes a llanura ondulada, laderas y explanadas de pendientes entre 0 y 25 %, de aceptable estabilidad; sobre esta zona geotécnica se implantará la totalidad de la plataforma Siccha y su vía de acceso. Pequeñas áreas de calidad Mala IV – E.s fueron demarcadas en los sectores de los paleocauces y meandros abandonados de los ríos Villano y Lliquino, que no comprometen a las obras civiles proyectadas.
- > El basamento rocoso está constituido por sedimentos de consolidados a medianamente consolidados, de calidad geotécnica Buena, de las formaciones: Chambira, Mera y depósitos aluviales. Su capacidad portante es aceptable. Superficialmente, son ripables. Soportan taludes artificiales de hasta 45 %, con protección; sin protección vegetal, se fracturan y disgregan haciéndose vulnerables a la erosión en forma de cárcavas.
- > La erosión es inicial. Los suelos son sensibles a la erosión laminar y carcavamiento, debido especialmente a su granulometría fina y baja densidad natural.
- > En los sectores colinados y de laderas, bajo las condiciones geotécnicas actuales, los sectores tienen una peligrosidad baja, que significa que existe una baja probabilidad de que espontáneamente se produzcan deslizamientos y que si estos se produjesen serían de baja intensidad, esto es, de dimensiones inferiores a pocas decenas de metros cuadrados y de carácter superficial, afectando únicamente a la capa suelo orgánico y la parte superficial del suelo residual.
- > Si se afectan las condiciones actuales que desequilibren las márgenes de los drenajes (ríos y/o quebradas), pueden desencadenar procesos de inestabilidad de peligrosidad media, que significa que

¹ Acuerdo Ministerial 100 – A, publicado en el Registro Oficial Año I – No. 174 del 01 de abril de 2020

podría generarse deslizamientos profundos (varios metros bajo la superficie y un área de afectación del orden del centenar de metros cuadrados).

- > La permeabilidad de las unidades litológicas consolidadas (Formaciones Chambira y Mera) varía de impermeable a semipermeable, no poseen acuíferos generalizados. Sus niveles piezométricos se localizan a profundidades entre los 5 y 10 m.
- > De acuerdo con el inventario de puntos de agua, descrito en la sección hidrogeología, los niveles piezométricos varían desde 2,60 a 16,00 metros de profundidad.
- > Sobre este basamento rocoso se han desarrollado potentes suelos residuales y coluvio-aluviales. De acuerdo con los análisis realizados en alto porcentaje, hasta la profundidad de 2,50 m, corresponde a limos y arcillas de alta plasticidad, del tipo MH Tabla 5-14.
- > Las actividades antes indicadas no implican alteraciones importantes de las condiciones geomorfológico o geotécnicas.

5.1.6 Sismicidad

Se denomina sismicidad al análisis del número de sismos que se suceden en una región geográfica determinada. Tal estudio registra en un mapa a los diversos epicentros existentes, además de tomar en cuenta la frecuencia con que se suceden estos fenómenos. (Definición, 2019)

5.1.6.1 Metodología

La ejecución del presente estudio se basó principalmente en la revisión y análisis de algunos de los estudios de peligrosidad sísmica realizados anteriormente para otros proyectos, así como a las publicaciones de diversos autores sobre la sismicidad y tectónica del Ecuador y de la parte noroccidental de Sudamérica. Este análisis no pretende ser un estudio completo y exhaustivo, sino, más bien, a la luz de la información disponible, se intenta aportar datos sobre el peligro sísmico que tiene relación con el campo Siccha. (Anexo D Cartografía, 5.1-10 Mapa Sísmico).

Para el análisis del presente estudio, es necesario tener un enfoque regional, por tal motivo, a continuación, se describen los principales sistemas de fallamiento activo que afectan al Ecuador. Estos se encuentran ampliamente descritos en diferentes trabajos bien conocidos dentro de la literatura especializada.

5.1.6.2 Categorías

5.1.6.2.1 Neotectónica

El contexto geodinámico del Ecuador ha permitido definir tres tipos de fuentes sísmicas: fuentes de interfase, corticales y profundas. (Alvarado et al., 2016)

La interface corresponde a la zona donde la placa de Nazca choca y se subduce debajo de los bloques Andino e Inca, conformando cuatro fuentes sísmicas: Talara, Golfo de Guayaquil, la Plata y Esmeraldas, que se extienden desde la fosa hasta una profundidad que varía entre 40 a 50 km.

Las fuentes corticales comprenden el sistema principal de fallas que delimitan el Sliver Nor Andino (NAS) de la zona estable de Sudamérica: segmentos Puná, Pallatanga, Cosanga y Chingual (Alvarado., 2012; Alvarado et al., 2016), los sistemas de fallas inversas Quito-Latacunga, el sistema de fallas de rumbo de El Ángel y las fallas que definen la zona subandina: Napo y Cutucú; además, dos fuentes que engloban la sismicidad dispersa fuera de las fallas principales: BGN que comprende la zona de las cuencas de la costa y BGS, al sur del país (Yepes et al., 2016, Beauval et al.).

Las fuentes profundas engloban la placa oceánica en subducción bajo el continente. 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.).

En las siguientes figuras y siguiente tabla se ha graficado y resumidos las características de las sismicidad en cada una de las fuentes sísmicas observadas para el año 2021. (Instituto Geofísico EPN, 2021).

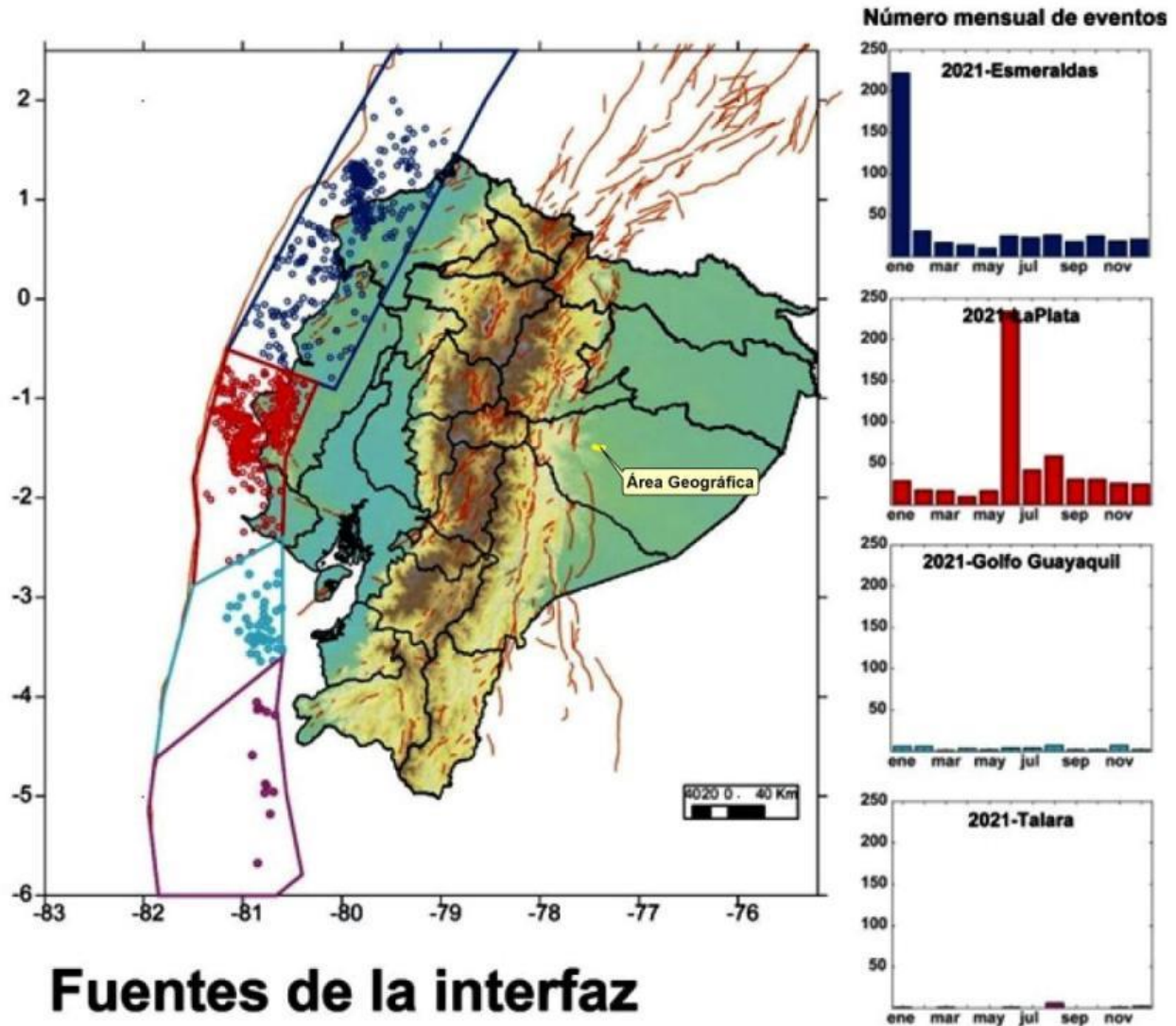


Figura 5-27 Número mensual de eventos en las fuentes de interfaz. La profundidad de los eventos es de hasta 40 km excepto la fuente de Esmeraldas que va hasta los 50 km

Fuente: Instituto Geofísico EPN, 2021

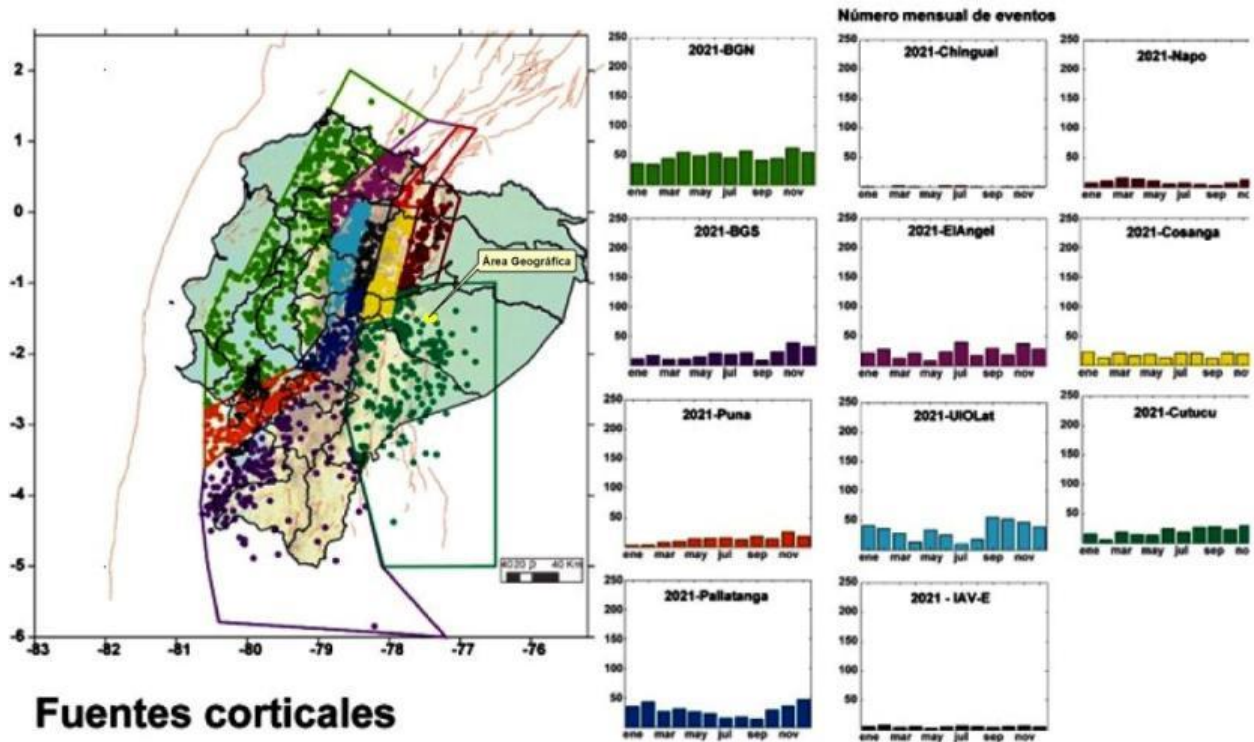
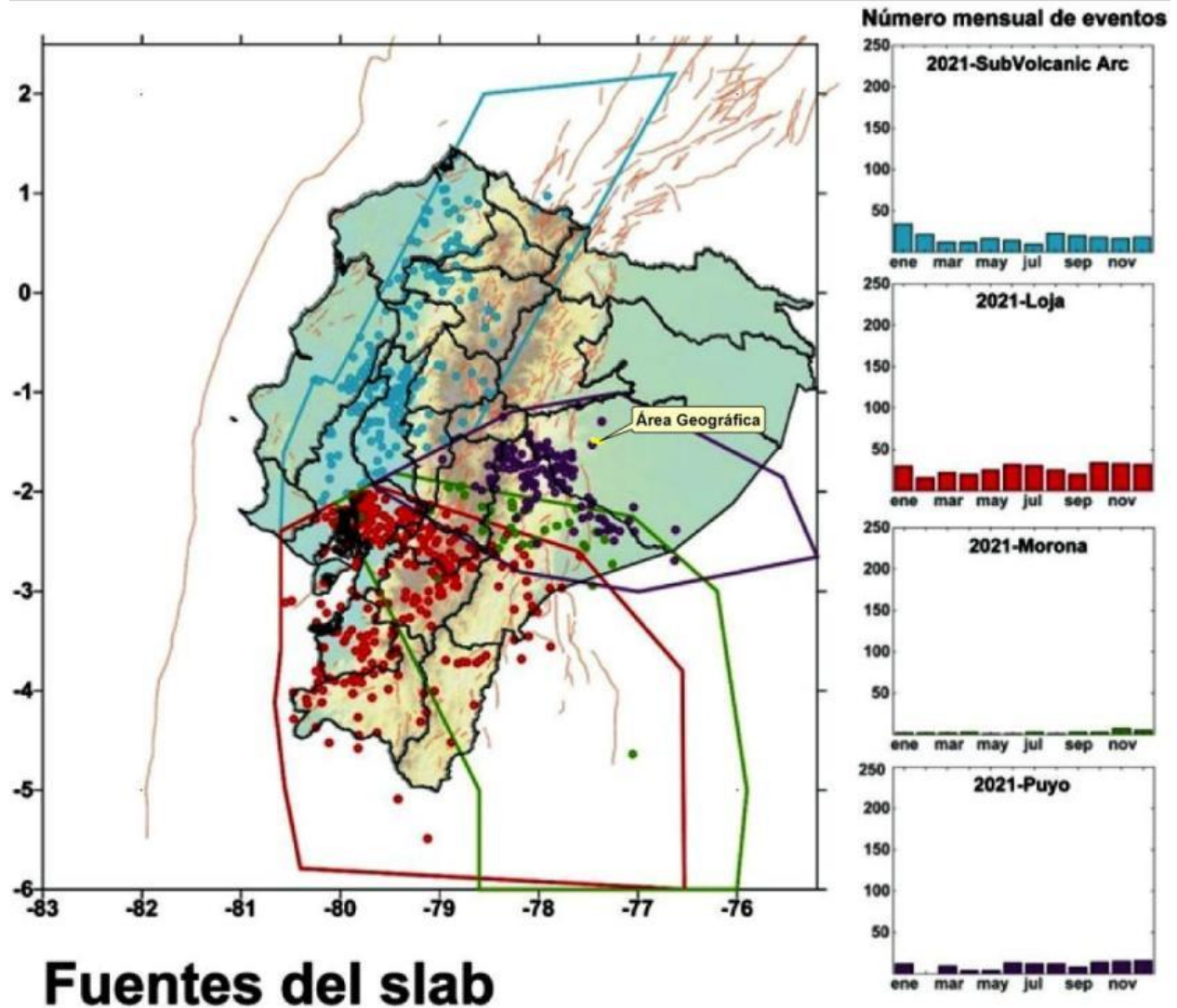


Figura 5-28 Número mensual de los eventos en las fuentes corticales (Beauval et al. 2018). La profundidad de los eventos es de hasta 35 km

Fuente: Instituto Geofísico EPN, 2021



Fuentes del slab

Figura 5-29 Número mensual de los eventos en las fuentes profundas que incluyen el slab. En esta figura no se considera la fuente Loreto.

Fuente: Instituto Geofísico EPN, 2021

Tabla 5-15 Características de la sismicidad en cada fuente sísmica: número de eventos, magnitud máxima y magnitud promedio. (Año 2021)

Tipo de fuente	Nombre de la fuente	Magnitud Máxima	Magnitud Promedio	Número de eventos
Fuentes de la interfaz o de la subducción	Esmeraldas	4.75	2.67	450
	La Plata	5.43	2.68	539
	Golfo Guayaquil	4.36	2.91	46
	Talara	3.43	2.87	12
Fuentes corticales	BGN	4.91	2.12	585
	BGS	5.60	2.27	2.30

Tipo de fuente	Nombre de la fuente	Magnitud Máxima	Magnitud Promedio	Número de eventos
	Puná	4.53	2.47	159
	Pallatanga	4.03	1.53	342
	Cosanga	3.81	1.71	218
	Chingual	2.63	1.79	12
	El Ángel	3.12	1.00	294
	UIO-Lat	4.57	1.28	398
	Napo	4.56	2.22	130
	Cutucú	5.2	2.50	256
	IAV-E	2.79	1.07	67
Fuentes del slab	Subvolcanic Arc	2.58	2.17	215
	Loja	5.21	2.50	320
	Morona	3.21	2.49	33
	Puyo	4.03	2.64	119

Elaboración: Entrix, marzo 2023
 Fuente: Instituto Geofísico EPN, 2021

El área del proyecto está ubicada dentro del sistema de fuentes corticales (2021 Cutucu) cuya magnitud máxima es de 5.2 y la promedio 2.5, como se muestra en la Figura 5-28.

En cuanto a las fuentes del Slab el área del proyecto está dentro de la fuente Puyo cuya magnitud máxima es de 4.03 y la promedio 2.64, como se muestra en la Figura 5-29.

Esta configuración ha originado la ocurrencia de alrededor de 125 sismos con magnitud $M_s > 4$ entre 1901 y 1981 (Catálogo CERESIS., 1995). En el ambiente continental, los sismos más importantes se ubican en la región interandina, entre los que se tiene al terremoto del 6 de marzo de 1987 en el Reventador con magnitud $M_s = 6,8$; el terremoto de Ibarra del 16 de agosto de 1868 cuya magnitud M_s probable fue de 7,8 que produjo entre 15 000 y 20000 víctimas (Catálogo CERESIS., 1995).

Estos terremotos pueden ser excedidos por los sismos de la plataforma submarina, como el ocurrido el 31 de enero de 1906, con magnitud $M_s = 8,7$, frente a las costas de Esmeraldas; este sismo está considerado como uno de los más fuertes del mundo; el sismo del 12 de diciembre de 1979, con magnitud $M_s = 7,8$ en la misma región, frente a la frontera Ecuador-Colombia; ambos originaron tsunamis que afectaron las costas cercanas y fueron registrados en muchos otros lugares de la cuenca del Pacífico (Catálogo CERESIS., 1995). También el sismo frente de las costas de Manabí, el 16 de abril de 2016, a las 18h58 hora local, con una magnitud de 7,8 escala Richter, cuyo epicentro se localizó frente a la ciudad de Pedernales (Manabí) a una profundidad de 20 km (Dávila et al., 2016).

Los principales sistemas de fallamiento activos que afectan al área geográfica están presentados en el Mapa de Fallas y Pliegues del Ecuador, U. S. Geological Survey, Escuela Politécnica Nacional, 2003, entre ellas la fallas: Huacamayos (59), Pisayambo (60), Hollín (67), Tena (68), Arajuno (70), Anzu (71), Mera (72), Puyo (73), Pastaza (74) y Macuma , de las cuales las más cercanas al Campo Siccha son las cinco últimas, y específicamente la falla Arajuno (70) tiene las siguientes características:

Tabla 5-16 Características de la falla más cercana al área del proyecto

Geometría de la falla	Arajuno
Tipo de falla/Sentido del movimiento	Inversa
Rumbo	N30°E±13
Tasa de deslizamiento	<1 mm/año
Tiempo del movimiento más reciente	< 1.6 Ma Cuaternario
Recurrencia del intervalo	Desconocida
Expresión geomorfológica	Forma escarpes y controla el drenaje Movimiento continuo o acelerado en la falla, probablemente cambiará a la dirección del drenaje del río Arajuno

Elaboración: Entrix, agosto 2023

Fuente: <https://pubs.usgs.gov/of/2003/ofr-03-289/OFR-03-289-text.pdf> 2003

En el Mapa Intensidad Sísmica del Ecuador, (Fig. 4.3.4), se observa que el área geográfica está dentro de la zona "VII" donde ocurren sismos profundos por subducción de placas, cuyos efectos apenas se manifiestan en superficie. La sismicidad en el área es muy alta ya que se encuentra dentro de lo que se denomina Nido Sísmico del Puyo, con sismos que por lo general no sobrepasan la intensidad IV. Los epicentros de los grandes sismos históricos se encuentran hacia el occidente de la región del estudio, en el Sistema de fallamiento del Frente Subandino, el campo Siccha se encuentra en una de las zonas de alta actividad sísmica del País.

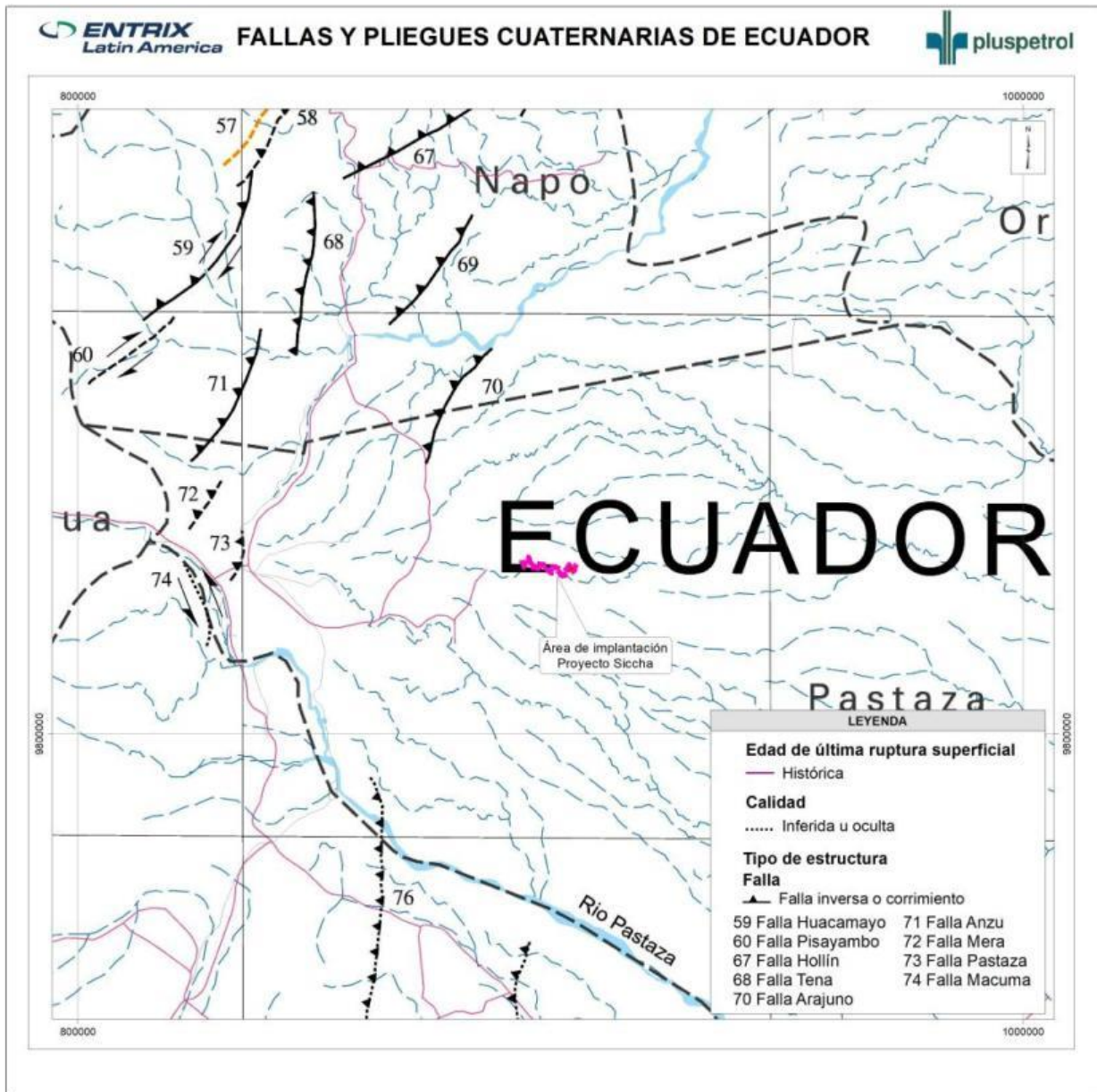


Figura 5-30 Fallas Cuaternarias en las Cercanías al Campo Siccha

Fuente: Entrix., 2022

De acuerdo con el mapa de Zonas Sísmicas Para Propósitos de Diseño de la Normal Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS. El proyecto se encuentra ubicada en una zona de mediano riesgo sísmico, con una aceleración máxima esperada de 0.30g ($Z=0.30g$).

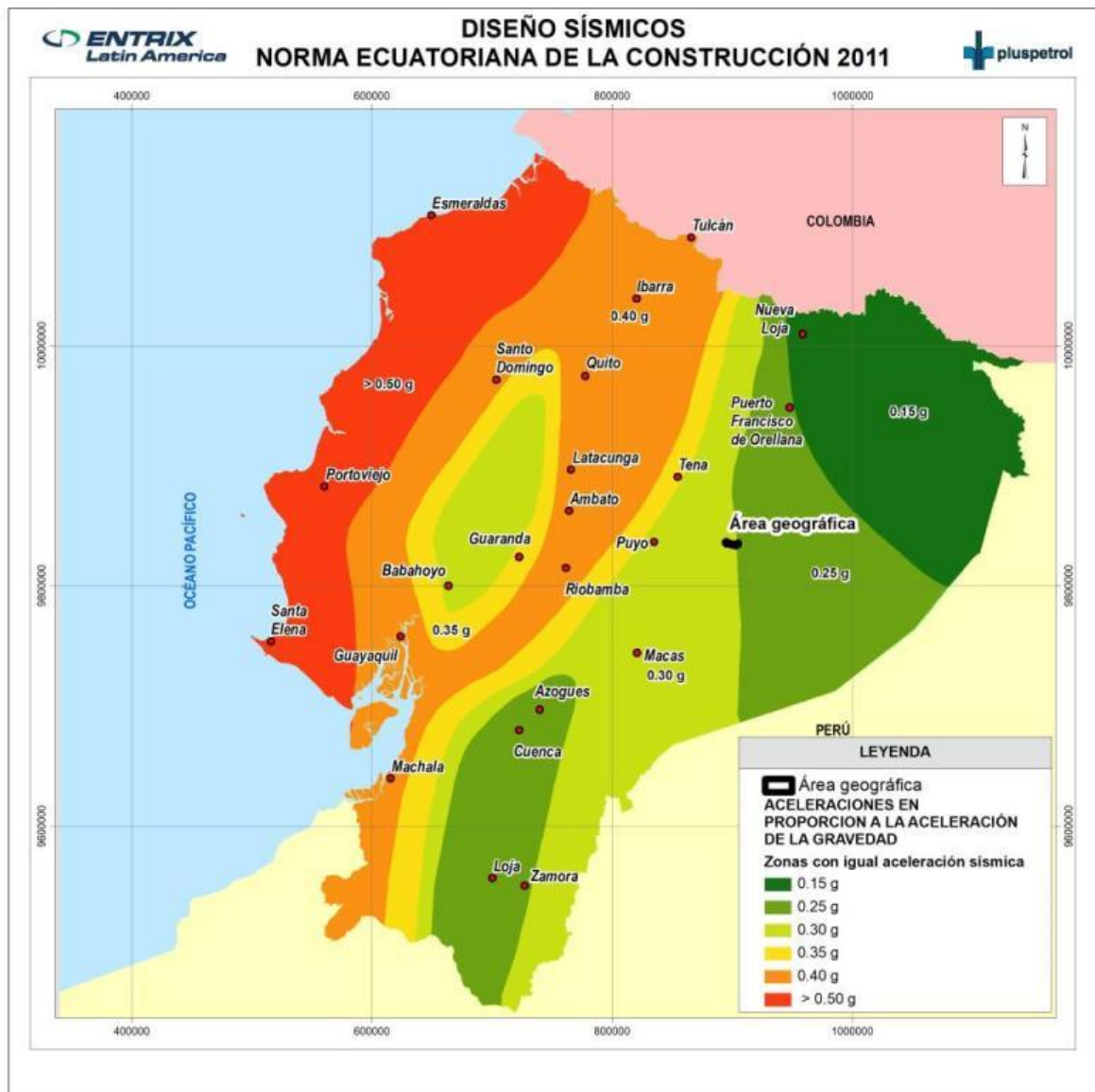


Figura 5-31 Mapa de zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z (Norma ecuatoriana de la construcción -NEC 2011)

Fuente: Entrix., 2022

5.1.6.3 Conclusiones

La Neotectónica que involucra al sector está controlada por tres tipos de fuentes sísmicas: fuentes de interfase, corticales y profundas.

En el sector las fallas activas: Arajuno (70), Anzu (71), Mera (72), Puyo (73) y Pastaza (74, son las más cercanas al sector del Proyecto.

De acuerdo con el mapa de Zonas Sísmicas Para Propósitos de Diseño de la Normal Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS, el campo Siccha se encuentra ubicado en una zona de alto riesgo sísmico, con una aceleración máxima esperada de 0,30 a 0,25 g (Z = 0,30 – 0,25g).

5.1.7 **Geomorfología**

5.1.7.1 **Metodología**

La metodología utilizada para cumplir con los objetivos propuestos incluyó lo siguiente:

- > Reconocimiento general de las estructuras geomorfológicas del sector, que se basa en el Sistema de Clasificación Geomorfológico, que se resume en la Tabla 5-18, en el que la región se define a la relación que existe entre las estructuras morfotectónicas, en función de cómo se encuentra dividido el territorio continental del Ecuador y las regiones geomorfológicas, a saber: región de la plataforma costanera, región de la cordillera occidental, región interandina, región de la Cordillera Real, región subandina, región oriental y región austral.
- > Cada región se divide en función de las características ecológicas que abarca, como son: la altitud, precipitación, temperatura, cobertura vegetal, actividades antrópicas, entre las más importantes; en el presente caso de estudio, se localiza en la región oriental del Ecuador.
- > La unidad del cada paisaje geomorfológico engloba a los procesos morfogénicos generados por la evolución tectónica (endógenos) del sector, así como su modelado que relaciona a las geoformas con la evolución morfodinámica (procesos exógenos); en este caso, se tiene un sistema colinado y un sistema bajo y pantanoso.
- > Análisis de los riesgos por procesos geomorfológicos. Se los ha desarrollado como Estabilidad Geomorfológica.
- > Se colectó información temática, tanto bibliográfica como cartográfica, la cual fue clasificada y analizada. La información básica fue el Levantamiento de Cartografía Temática Escala 1:25 000, del Cantón Arajuno, de SIGTIERRAS, 2015. Toda la información recopilada fue enriquecida con información obtenida durante la fase de gabinete y campo.

Primeramente, se reinterpretó el sector con ayuda de las imágenes satelitales (SPOT 7, resolución 1,5 m, agosto 2020-octubre 2021), se elaboró el Mapa de Pendientes, con lo cual se obtuvo el Mapa Geomorfológico Preliminar, que fue corroborado con observaciones de campo; luego, se definió el Mapa Geomorfológico definitivo, con sus respectivas leyendas (Anexo D. Cartografía, 5.1-1 Mapa de Pendientes).

Tabla 5-17 Rangos de Pendientes

Clase	Rango de Pendiente (%)	Tipo de Pendiente
1	0 - 2	Plana
2	2 – 5	Muy suave
3	5 – 12	Suave
4	12 - 25	Media
5	25 – 40	Media a fuerte
6	40 – 70	Fuerte
7	> 70	Extremadamente abrupta

Fuente: Modificado de Sigtierras, 2015
 Elaboración por: Entrix, octubre 2022

El área geográfica está inmersa en la denominada región amazónica u oriental, dentro de la cual se tiene dos sistemas de paisaje: el colinado y el bajo aterrizado y/o pantanoso.

Como esta descrito en la sección de geología, en el área afloran rocas y depósitos sedimentarias de edades del Plioceno al Cuaternaria. No hay perturbaciones estructurales tectónicas importantes. El

conjunto de rocas sedimentarias neogénicas-cuaternarias, forman el sistema de colinas estructurales, de manera preferente llanuras onduladas. Los depósitos recientes cuaternarios agrupan a un sistema de llanuras de variada disección y valles de terrazas de diferente altitud.

Los principales elementos morfológicos constituyen los cursos de los ríos: Villano y Lliquino. El tipo de drenaje es subdetrítico, de densidad baja. Los valles de estos dos drenajes son relativamente amplios, de características meándricas

Los demás drenajes secundarios son de valles poco profundos de pequeña extensión, tienen drenajes subdetríticos de densidad baja. Hacia los márgenes del sistema de drenaje la geomorfología está dominado por el conjunto de colinas de diferente altitud y, en mayor proporción, por superficies de cono de esparcimiento muy disectado (llanuras) de extensión importantes.

La morfología del sector está comprendida entre altitudes de 320 a 520 msnm, de pendientes suave a muy suave, donde hay un predominio de rangos de pendientes entre los 5 al 12 %, en menor proporción rangos de 12 a 25% y pendientes muy localizadas de 40 a 70% en los sectores de abrupto de cono de esparcimiento.

La plataforma y locaciones anexas se localizan en rangos de pendientes suaves de 5 a 12 %; mientras que la vía a construirse el mayor porcentaje se localiza en pendientes medias entre 12 a 25% y en menor proporción de muy suave 2 a 5 % a suave 5 a 12%.

5.1.7.2 Sistema de Clasificación Geomorfológico

En el Mapa 5.1-13 Geomorfológico (Anexo D. Cartografía), se presenta la información cartográfica obtenida en el presente estudio. Este mapa incluye todas las unidades y geoformas identificadas en el área geográfica. Las unidades del mapa se clasificaron en cuatro jerarquías, las que se definen como:

- > Regiones.
- > Sistemas.
- > Génesis
- > Paisajes Geomorfológicos.

En la Tabla 5-18 se presenta una breve descripción de las unidades geomorfológicas identificadas y su jerarquía:

Tabla 5-18 Unidades del Paisaje Geomorfológico

Unidades Geomorfológicas				Símbolo	Clase de Pendiente	Descripción	Susceptibilidad a los Fenómenos Morfodinámicos
Región	Sistemas	Génesis	Unidades del Paisaje				
Región oriental	Llanuras aluviales, terrazas y pantanos	Fluvial	Superficie de cono de esparcimiento muy disectado (Llanuras)	Co3	4-5	Terrazas antiguas, onduladas, poco muy disectadas. Caracteriza por pendientes de muy suaves a medias (de 2 a 25%), un desnivel relativo de 25 a 50 metros y vertientes de longitud larga (de 50 a 250 metros) con formas convexas	Baja a los procesos erosivos y movimiento en masa
			Abrupto de cono de esparcimiento	Co4	4-5	Presenta pendientes de media a fuerte (de 12 a 70%), un desnivel relativo también muy variable pero principalmente comprendido entre 25 y 100 metros. Las longitudes de vertiente son fundamentalmente de moderadamente largas a muy largas con formas cóncavas, mixtas, rectilíneas o irregulares	Medio Alto. Caída de rocas, pequeños deslizamientos.
			Valle fluvial, llanura de inundación	F1	1 - 2	Se distribuyen en áreas cercanas a los ríos; son terrazas activas que cambian con frecuencia luego de cada crecida del río, desarrolladas en ambientes de relieve plano muy suave, pendientes inferiores al 5 %, con deficiente drenaje, con suelos formados a partir de materiales aluviales distales recientes, de rodados y arenas	Medio a Alto a las inundaciones periódica
			Terraza media	Tm	2 a 3	Se encuentran como promedio a una altura de entre 5-10 metros a 10-15 metros sobre los cauces de los ríos principales y presentan pendientes desde planas a suaves (de 0 a 12%).	Medio a las inundaciones periódica
			Cauces abandonados, meandros abandonados	C2	1 a 2	Se localiza en los valles fluviales de los ríos Villano y Lliquino. La pendiente va desde plana hasta suave (0 a 12%), la forma de valle es plana y la forma de drenaje es meándrica.	Alto a las inundaciones periódica
		Laderas	Vertiente rectilínea	Lh1	4 - 5	Son laderas sobre la formación Mera, de perfil mixto o irregular, rango de pendientes (del 5 al 25%) y desniveles relativos entre 55 y 100 metros. Las vertientes tienen longitudes generalmente de moderadamente a y largas (de 50 a más de 200 m) con formas regulares o mixtas	Medio. Caída de rocas, pequeños deslizamientos

Unidades Geomorfológicas				Símbolo	Clase de Pendiente	Descripción	Susceptibilidad a los Fenómenos Morfodinámicos
Región	Sistemas	Génesis	Unidades del Paisaje				
			Coluvión antiguo	Coa2	3 – 5	Formados por material heterogéneo. De pendientes de suaves a abrupta (de 5 a 12%), desniveles relativos muy variables: de 5 hasta 200 metros y longitudes de vertiente van desde los 50 a más de 100 metros.	Medio a alto. A las crecidas de los drenajes, pequeños deslizamientos.
	Colinas	Tectónico erosivo	Relieve colinado medio	Rt4	4	Colinas medias, sobre rocas sedimentarias, muy disectadas, alargadas, de cimas planas y alargadas. Pendientes moderadas entre el 5 al 12 %, de cimas medianamente planas y alargadas, con un desnivel relativo dominante entre 25 y 100 m, los valles presentan formas en V y U.	Media a Moderada a la erosión y movimientos en masa
			Relieve colinado alto	Rt5	4	Colinas altas, sobre rocas sedimentarias, muy disectadas, alargadas, de cimas planas y alargadas. Pendientes moderadas entre el 5 al 12 %, de cimas medianamente planas y alargadas, con un desnivel relativo dominante entre 100 y 200 m, los valles presentan formas en V y U.	Media a Moderada a la erosión y movimientos en masa

Fuente: Modificado de Sigtierras, 2015
 Elaboración por: Entrix, octubre 2022

5.1.7.3 Paisajes Geomorfológico

Se ha identificado los siguientes paisajes por su origen:

5.1.7.3.1 Tectónico erosivo

Relieves colinados medios (Rt4)

Son colinas estructurales no plegadas, modeladas en un ambiente de disección y erosión, en rocas sedimentarias en posición subhorizontal de las formaciones Chambira y Mera, distribuidas en altitudes entre 360 msnm de hasta los 380 msnm, en clima húmedo tropical, por lo que sobre estas se ha desarrollado profundos suelos residuales rojos dando aspecto de “colinas en media naranja” (SIGTIERRAS 2015). La plataforma Villano A se localiza en esta unidad de relieve.

Los paisajes colinados presentan pendientes entre el 5 al 40 %, formando colinas medias de cimas medianamente planas y alargadas, con un desnivel relativo dominante entre 25 y 100 m, los valles presentan formas en V y U. Comprenden el 8,40 % del área geográfica estudiada.

En general, las condiciones de drenaje son buenas; en las áreas elevadas, la pendiente permite la adecuada evacuación de las aguas lluvias, mientras que las zonas deprimidas son drenadas por los cursos de agua que allí se ubican.

Esta unidad geomorfológica se presenta estable frente a los fenómenos morfodinámicos, la erosión es media y no se presentan fenómenos de remoción de masa importantes, la susceptibilidad a estos es de media a moderada.

Relieves colinados altos (Rt5)

Colinas altas sobre rocas sedimentarias, muy disectadas, de cimas planas y alargadas. Pendientes entre el 12 al 25 %, de cimas medianamente planas y alargadas, con un desnivel relativo dominante entre 100 y 200 m, los valles presentan formas en V y U.

Las condiciones de drenaje son buenas, la pendiente permite la adecuada evacuación de las aguas lluvias, el drenaje es subdendrítico. Esta unidad geomorfológica se presenta medianamente estable frente a los fenómenos morfodinámicos, la erosión es media y no se presentan fenómenos de remoción de masa importantes, la susceptibilidad a estos es de media a moderada. Comprenden el 0.23 % del área geográfica estudiada

5.1.7.3.2 Fluvial

Superficie de cono de esparcimiento muy disectado (Co3)

Es un ambiente deposicional reciente, constituidos por depósitos distales de terrazas aluviales antiguas de la Formación Mera, de granulometría media a gruesa, distribuidos en áreas de relieve relativamente plano a levemente ondulado, en pendientes medias a fuertes entre 12 al 40 %, con un grado de disección ligero a moderado, conservando los interfluvios planos. Presenta, desniveles relativos entre 25 y 100 metros y longitudes de vertiente moderadamente largas de 50 a 250 metros con formas mixtas. Las cimas son redondeadas y los valles tiene valles en V.

Comprenden el 15,53 % del área geográfica y la mayor longitud de la vía de acceso a la plataforma Siccha proyectada se localiza en este paisaje.



Figura 5-32 Superficies de cono de esparcimiento muy disectado. Sector Calicata MS-03

UTM WGS84, X:23649 – Y: 98334911
Fuente: Entrix., 2022

Abrupto de cono de esparcimiento (Co4)

Superficie plana de origen fluvial, (Sigtierras 2015), asociada a la Formación Mera. Presenta pendientes de media a fuerte (de 12 a 70%), un desnivel relativo también muy variable pero principalmente comprendido entre 15 y 100 metros. Las longitudes de vertiente son fundamentalmente de moderadamente largas a muy largas con formas cóncavas, mixtas, rectilíneas o irregulares.

Comprenden el 10,55% del área geográfica. Un pequeño tramo de la vía de acceso a la plataforma Siccha proyectada se localiza en este paisaje.

Paisajes de Valle Fluvial, Llanura de Inundación (F1)

Se trata de llanuras de divagación fluvial de los ríos Villano y Lliquino, asociadas directamente a la dinámica fluvial. Se distribuyen en áreas cercanas a los ríos antes citados; son terrazas activas que cambian con frecuencia luego de cada crecida del río, desarrolladas en ambientes de relieve plano muy suave, pendientes inferiores al 5 %, con deficiente drenaje, con suelos formados a partir de materiales aluviales distales recientes, de rodados y arenas en matriz de texturas variables. Comprenden el 15,29 % del área geográfica estudiada.



Figura 5-33 Valle Fluvial del río Villano.

UTM WGS84, X:230114 – Y:9835116
Fuente: Entrix., 2022

Terrazas medias (Tm)

Litológicamente están constituidas por bloques y gravas, de redondeados a subredondeados en proporciones variables (30 a 40%), empastados en una matriz areno-limosa. Se encuentran como promedio a una altura de entre 5-10 metros a 10-15 metros sobre los cauces de los ríos principales y presentan pendientes desde planas a suaves (de 0 a 12%). Comprenden el 3,75 % del área geográfica estudiada

Cauces abandonados, meandros abandonados (C2)

Se localiza en los valles fluviales de los ríos Villano y Liquino. Por la dinámica, en caso de avenidas o intensas precipitaciones, las aguas vuelven a ocupar estos cauces y conectarse con el cauce principal. Se encuentra formada por arenas, limos, arcillas y conglomerados. La pendiente va desde plana hasta suave (0 a 12%), la forma de valle es plana y la forma de drenaje es meándrica.

5.1.7.3.3 Laderas

Vertiente rectilínea (Lh1)

Son laderas sobre la formación Mera, de perfil mixto o irregular, que presentan un amplio rango de pendientes de suave a moderadas del 5 al 25% y desniveles relativos muy variables con predominio de los comprendidos entre 50 y 100 metros. Las vertientes tienen longitudes generalmente de moderadamente a y muy largas (de 250 a más de 500 m) con formas regulares. Comprenden el 41,63 % del área geográfica estudiada, toda la infraestructura de la plataforma Siccha proyectada se implantará en esta unidad geomorfológica



Figura 5-34 Vertiente Rectilínea, Sector Calicata MS-01.

UTM WGS84, X:236381 – Y: 9835716
Elaboración: Entrix, 2022

Paisajes de Coluvión antiguo (Coa2)

Esta geoforma de ladera, sobre depósitos coluviales antiguos. Están formados por material heterogéneo, en el que predominan fragmentos de carácter angular y subangular englobados en una matriz arenosa o limosa, escasamente clasificados y sin estratificación. De pendientes de suaves a medias (de 5 a 12%), desniveles relativos muy variables: de 5 hasta 200 metros y longitudes de vertiente van desde los 50 a más de 100 metros. Comprenden el 2,41 % del área estudiada

Para visualizar los paisajes geomorfológicos acudir a la sección Anexo D. Cartografía, 5.1-13 Mapa Geomorfológico.

GEOFORMAS: ÁREAS Y PORCENTAJES

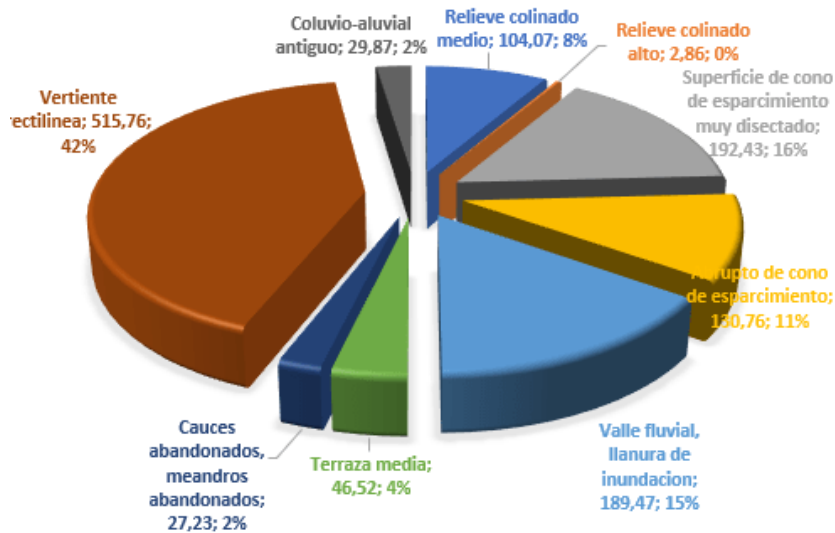


Figura 5-35 Áreas y Porcentajes de las Geoformas en el Área Geográfica

Elaborado: Entrix, octubre 2022

5.1.8 Estabilidad Geomorfológica

La estabilidad es la capacidad que tienen los elementos de las estructuras de soportar las acciones sin volcar o caer. Desde el punto de vista geomorfológico, hace alusión a movimientos gravitacionales, como caídas, deslizamientos, flujos, reptaciones y otros.

5.1.8.1 Metodología

Este método es de tipo analítico. El análisis y valoración de factores, tales como: pendiente del terreno, relieve, textura de los suelos, tipo de rocas, cubierta vegetal, uso actual del suelo, tectónica, sísmica y precipitación, permiten definir que existen zonas estables o zonas afectadas por inestabilidad geomorfológica. (Anexo D. Cartografía, 5.1-11. Mapa de Estabilidad Geomorfológica).

Esta metodología es una adaptación a la empleada por Instituto Geográfico Militar (IGM), Instituto Panamericano de Geografía e Historia Sección Nacional del Ecuador (IPGH); Institut Francais de Recherche Scientifique pour le Developpement en Cooperation (ORSTOM); Atlas Infográfico de Quito: Sociodinámica del Espacio y Política Urbana, la metodología anteriormente citada tiene relación con el Manual de Deslizamientos de tierra (The Landslide Handbook-A Guide to Understanding Landslides). U.S. Geological Survey, 2008.

Por otro lado, para tener una visión clara de los riesgos físicos naturales que podrían afectar al área geográfica, al final de este subtema, en la Tabla 5-19 se realiza una interpretación de la estabilidad geomorfológica de las unidades fisiográficas y los riesgos físicos naturales.

5.1.8.2 Categorías

5.1.8.2.1 Zonas Estables (E1)

Son todos aquellos medios actualmente sin problema de inestabilidad, debido a que algunos de los factores físico-naturales se presentan a favor del medio, dando lugar a que los procesos morfodinámicos de superficie no se puedan desarrollar.

Ocupan áreas de relieve plano a ondulado suave, de terrazas medias, de texturas finas y medias, con una cobertura de bosque natural, influenciados por precipitaciones mayores a 3.000 mm.

5.1.8.2.2 Zonas Relativamente Estables (E2; E1-E2)

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

Ocupa áreas de valle fluvial, llanura de inundación con pendiente muy suave, coluvio-aluvial antiguo con pendiente suave a media, superficie de cono de esparcimiento muy disectado de pendiente media, colinas medias y altas con pendientes medias y vertiente rectilínea con pendiente suave a media; de textura arcillosa, con una cobertura de bosque y también algunos cultivos y pastos, influenciados por precipitaciones mayores a los 3.000 mm. En esta zona se localizan tanto la plataforma Siccha y gran parte del desarrollo de su vía de acceso.

En áreas de las geoformas que presentan pendientes entre muy suave a suave están asociada con la categoría E1.

5.1.8.2.3 Zonas Medianamente Inestables ([E2]-E3)

Esta categoría corresponde a áreas donde la inestabilidad de varios factores físico-naturales es moderada a alta, lo que crea un riesgo potencial de rotura del equilibrio natural.

Corresponde a áreas de superficie de cono de esparcimiento muy disectado de pendiente fuerte y abrupto de cono de esparcimiento de pendiente media a fuerte.

En la Tabla 5-19 se relaciona la estabilidad geomorfológica y el riesgo físico:

Tabla 5-19 Estabilidad Geomorfológica y Riesgo Físico

Categoría	Paisaje Geomorfológico	Símbolo	Procesos Geomorfológicos	Riesgo Físico
Zona Estable	Terrazas Medias de pendientes medias.	E1	Escurrimiento laminar. Socavamientos y erosión lateral	Bajo
Zona Medianamente Estable	Valle fluvial, llanura de inundación con pendiente muy suave. Coluvio-aluvial antiguo con pendiente suave a media. Superficie de cono de esparcimiento muy disectado de pendiente media. Colinas medias y altas con pendientes medias. Vertiente rectilínea con pendiente suave a media.	E2; E1-E2	Socavamientos y erosión lateral. Inundaciones localizadas en bajos topográficos. Movimientos en masa pequeños.	Medio
Zona Medianamente Inestable	Superficie de cono de esparcimiento muy disectado de pendiente fuerte. Abrupto de cono de esparcimiento de pendiente media a fuerte.	E3; E3-(E2)	Socavamientos y erosión lateral. Movimientos en masa pequeños a medianos (caída de rocas).	Medio a Alto
Zona Inestable	Causes y meandros abandonados. Abrupto de cono de esparcimiento de pendiente fuerte.	E3	Inundaciones. Hidromorfismo. Socavamientos y erosión lateral. Derrumbes y deslizamientos medianos	Alto

Elaborado: Entrix, octubre 2022

Para una mejor visualización, acudir a la sección Anexos, Anexo D. Cartografía, 5.1-11 Mapa de Estabilidad Geomorfológica.

5.1.8.3 Conclusiones

- > El Proyecto se localiza dentro de zonas de estable a mediana inestabilidad, está entre unas zonas de estabilidad E1, E2 y E3, predominan pendientes menores al 25 % de aceptable drenaje superficial, el sustrato rocoso es sedimentario. No se ha detectado zonas de características Muy Inestables.
- > De acuerdo con este análisis, en el área de influencia indirecta de estudio existen riesgos de inestabilidad geomorfológica potenciales, el riesgo es de carácter bajo a medio. Los movimientos en masa se presentan con baja regularidad, especialmente en las épocas de grandes precipitaciones que están asociados a la sobresaturación de los suelos, a la fuerte pendiente natural que se localizan reducidos sectores y a áreas con intervención antrópica.
- > Un proceso muy generalizado que se observa en el sector analizado es la presencia de potentes suelos residuales de alta plasticidad, todos ellos se encuentran sobresaturados casi todo el año debido a las condiciones climáticas de la región, éstos pueden ser afectados por reptación de suelos, incluso en áreas planas, como también pueden generar fenómenos de remoción en masa de alguna importancia, como en las geoformas de abrupto de cono de esparcimiento de pendiente fuerte.
- > Los procesos hidrodinámicos y gravitacionales son potentes y no corregibles, debido a las pendientes abruptas de algunos sectores de abrupto de cono de esparcimiento de pendiente fuerte; a las altas precipitaciones concentradas en la época lluviosa y a espesores de los suelos, por lo que se debe tomar medidas preventivas para evitar dichos fenómenos.
- > Es importante destacar que los sitios donde se proyecta cimentar las infraestructuras como la plataforma Siccha y su vía de acceso para la operación del Proyecto se localizan en una zona estable geomorfológicamente.

5.1.9 Conclusiones del Componente Geológico

- > El Campo Siccha forma parte de la Cuenca Oriental Ecuatoriana, que se encuentra constituida por una potente serie de rocas sedimentarias marino-continentales de edades del Paleozoico al Mesozoico.
- > La plataforma Siccha y las facilidades a ser implementadas se localizan en el Corredor Sacha-Shushufindi, controlada por fallas normales de gran profundidad y asociadas a la inversión de un sistema de "Rift" previamente desarrollado durante el triásico y Jurásico inferior. Estas estructuras tectónicas se encuadran dentro de un marco regional denominado placa sudamericana.
- > En el área geográfica afloran las formaciones: Chambira, Mera y Depósitos Aluviales de edades del Neógeno y Cuaternario.
- > Formación Chambira se presenta en potentes estratos que sobrepasa los 1 000 metros de espesor, mismos que están levemente plegados, con ángulos de buzamientos no mayor a los 10° SE.
- > La Formación Mera es por lo general masiva, en posición subhorizontal con inclinación por lo generalmente al Este.
- > Los depósitos aluviales y coluviales son masivos sobrepuestos sobre las formaciones antes descritas.
- > Por la lejanía de los complejos volcánicos al área de la plataforma Siccha, no existen riesgos relacionados a estos fenómenos naturales; eventualmente, a pequeñas caídas de cenizas en dependencia de la dirección del viento en una ocasional erupción.
- > De acuerdo con el mapa de Zonas Sísmicas para Propósitos de Diseño de la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS, el campo Siccha se encuentra ubicado en una zona de mediano riesgo sísmico, con una aceleración máxima esperada de 0,30 a 0,25 g ($Z = 0,30 - 0,25g$).

- > Un alto porcentaje del área geográfica analizada corresponde a zonas de Buena Calidad Geotécnica: II - E.m, II – L.a y II _E.s, correspondientes a llanura ondulada, laderas y explanadas de pendientes entre 0 y 25 %, de aceptable estabilidad; sobre esta zona geotécnica se implantará la totalidad de la plataforma Siccha y su vía de acceso. Pequeñas áreas de calidad Mala IV – E.s fueron demarcadas en los sectores de los paleocauces y meandros abandonados de los ríos Villano y Lliquino, que no comprometen a las obras civiles proyectadas.
- > De acuerdo con los análisis geotécnicos de laboratorio realizados de los suelos, en alto porcentaje, hasta la profundidad de 2,50 m, corresponde a limos y arcillas de alta plasticidad, del tipo MH
- > La plataforma y locaciones anexas se localizan en rangos de pendientes suaves de 5 a 12 %; mientras que la vía a construirse le mayor porcentaje se localiza en pendientes medias entre 12 a 25% y en menor proporción de muy suave 2 a 5 % a suave 5 a 12%
- > El área investigada se localiza en dos Sistemas Geomorfológico: la Cuenca Amazónica Colinada y la Cuenca Amazónica Baja y Pantanosa; en la primera se ha identificado los paisajes de: Relieve colinado medio y Relieve colinado alto; y la segunda los paisajes: Superficie de cono de esparcimiento muy disectado, Abrupto de cono de esparcimiento, Valle fluvial, Llanura de inundación, Terraza media, Vertiente rectilínea y Coluvio-aluvial antiguo.
- > Toda la infraestructura de la plataforma Siccha proyectada se implantará en la unidad geomorfológica Vertiente Rectilínea (Lh1) con rango de pendientes de suave a moderadas del 5 al 15% y desniveles relativos muy variables con predominio de los comprendidos entre 50 y 100 metros.
- > De acuerdo con el análisis de estabilidad geomorfológica, en el área geográfica de estudio existen riesgos de inestabilidad geomorfológica potenciales, el riesgo es de carácter bajo a medio.

5.1.10 Suelos

5.1.10.1 Aspectos Metodológicos Generales

En los trabajos de gabinete se analizó y evaluó la información secundaria existente que sirvió para la elaboración del mapa de fisiografía y suelo preliminar, donde se localizaron los sitios de muestreo para la posterior descripción de los perfiles de suelos en campo.

La etapa del trabajo de campo inició con un reconocimiento general del área geográfica. La investigación de los suelos consistió en describir perfiles en calicatas abiertas de hasta 1,00 m de profundidad, en sitios representativos de las unidades fisiográficas identificadas previamente.

5.1.10.2 Características Químicas del Suelo

5.1.10.2.1 Metodología

El muestreo fue realizado en julio y agosto del 2022, las muestras ambientales tomadas fueron recolectadas manualmente del horizonte A, las cuales se embalaron en fundas plásticas que fueron mezcladas para tener una muestra homogénea, y se las transportó hasta el laboratorio Gruentec, acreditado ante el SAE (Anexo B. Documentos de Respaldo, B.1. Físico; B.1.3. Acreditación Laboratorios), en una caja térmica a baja temperatura, mediante una cadena de custodia (Anexo B. Documentos de Respaldo, B.1. Físico, B.1.2 Cadenas de Custodia).

Para la caracterización ambiental del suelo se colectaron muestras compuestas formadas por 15 a 20 submuestras georreferenciadas, se trazó una cuadrícula sobre el área del proyecto y dentro de este se tomaron las submuestras de forma aleatoria, conforme establece el numeral 4.5.1.1 del Anexo 2 del Acuerdo Ministerial 097-A, considerando los siguientes aspectos:

“4.5.1.1 Se tomará una muestra compuesta por cada 100 ha, formada por 15 a 20 submuestras georreferenciadas, cada una con un peso no inferior a 0,5 kg, tomadas a una profundidad entre 0 y 30 cm.

Las submuestras serán mezcladas y homogenizadas para obtener una muestra compuesta representativa del suelo, de la cual se tomará un peso de entre 0,5 y 1,0 kg, que servirá para realizar los análisis requeridos.

Para los proyectos, obras o actividades menores a 100 ha, se tomará una muestra compuesta bajo las condiciones detalladas en el párrafo que antecede.

Para ejecutar el muestreo, se trazará una cuadrícula sobre el área del proyecto y dentro de ella se tomarán las submuestras de forma aleatoria, hasta completar el número señalado.

En caso de existir diversidad de tipos de suelo, se tomará una muestra compuesta para cada uno de los tipos presentes en el área de acuerdo con las condiciones antes señaladas.

4.5.1.2 Para los proyectos lineales (vialidad, sistemas de riego, conducciones de agua potable) se tomará una muestra de suelos por cada 5 km.”

La selección de la submuestra de forma aleatoria se caracteriza porque cualquier punto de muestreo presenta la misma probabilidad de ser seleccionado que los restantes puntos de muestreo. Además, tal probabilidad es independiente entre puntos. Esto significa que la selección de un determinado punto de muestreo no tiene ninguna influencia sobre la probabilidad de que cualquier otro punto de muestreo sea seleccionado. Por tanto, si se aplicara este procedimiento en un sitio no alterado, es decir, que no existe presencia de contaminantes para obtener “n” muestras, cualquier combinación de “n” muestras tendría la misma probabilidad de ser seleccionada. El número de combinaciones posibles estaría determinado por el tamaño de la muestra.

La aplicación de este modelo exige que el área geográfica del proyecto sea dividida en localizaciones o unidades de muestreo; en este caso, se ha considerado como unidades de muestreo a la plataforma Siccha, vía de acceso a la plataforma y la trayectoria de la línea de flujo y sus accesos.

La línea de flujo tiene una longitud de 14,51 Km, en este trazado se tomaron 3 muestras compuestas de suelo considerando los tipos de suelo presentes y cumpliendo con lo establecido en el numeral 4.5.1.2 del Anexo 2 del AM 097-A.

En las figuras que se detallan más adelante, se ilustran las unidades de muestreo con la distribución espacial de las muestras compuestas abarcando toda el área de muestreo y fisiografía identificada en esta. El número de muestras a definir en cada sitio se da básicamente en función de su extensión superficial; cada una de estas unidades de muestreo se asocia un número, cuya selección está sometida a un listado de números aleatorios. De esta manera, la probabilidad de que cada unidad sea muestreada es igual e independiente a la que presenta el resto de las unidades de muestreo.

Es importante mencionar que dentro de la unidad de muestreo se contempla la caracterización de las distintas unidades fisiográficas en las que se interseca el área que se intervendrá, es decir el área de la plataforma, vía de acceso y línea de flujo y sus accesos, por lo que se realiza un muestreo compuesto por cada unidad fisiográfica de cada área de las cuales complementan la caracterización compuesta de suelo, cumpliendo con lo establecido en el Anexo 2 del Acuerdo Ministerial 097-A. Esta información puede verse en las siguientes figuras:

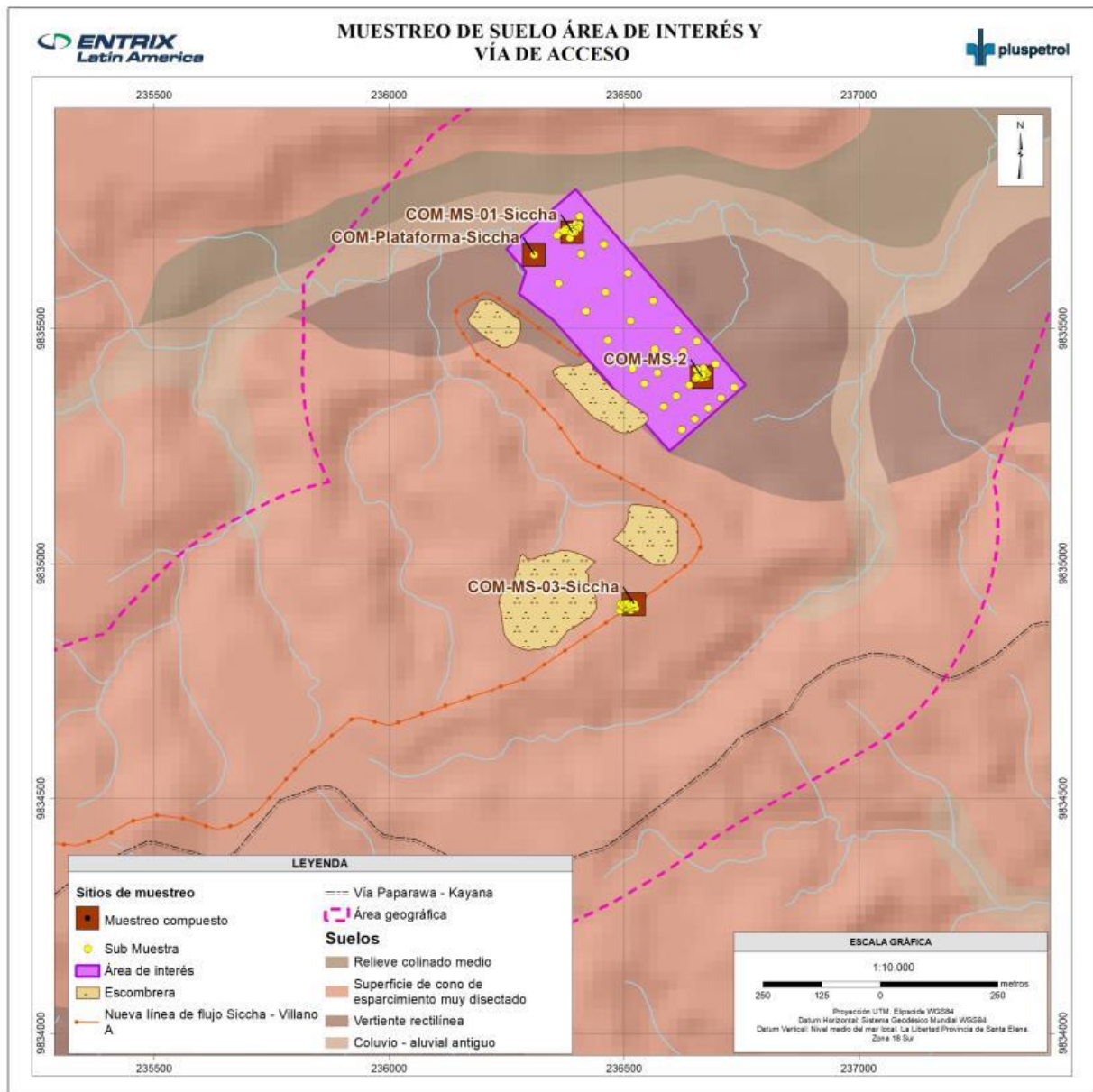


Figura 5-36 Unidades de Muestreo en la Plataforma Siccha y vía de acceso

Fuente: Levantamiento de campo, Entrix, julio - agosto 2022
Elaborado por: Entrix, agosto 2022

En la figura anterior se determina un número total de muestras para caracterizar el área a ser intervenida; sin embargo, se considera que las unidades fisiográficas sean analizadas de manera independiente, dado que las características de estas áreas son distintas, por topografía, áreas inundables, usos, entre otros. Pese a esto, se cumple con la caracterización de suelo compuesto, realizando un análisis tanto global como independiente de cada unidad fisiográfica presente en el área a ser intervenida.

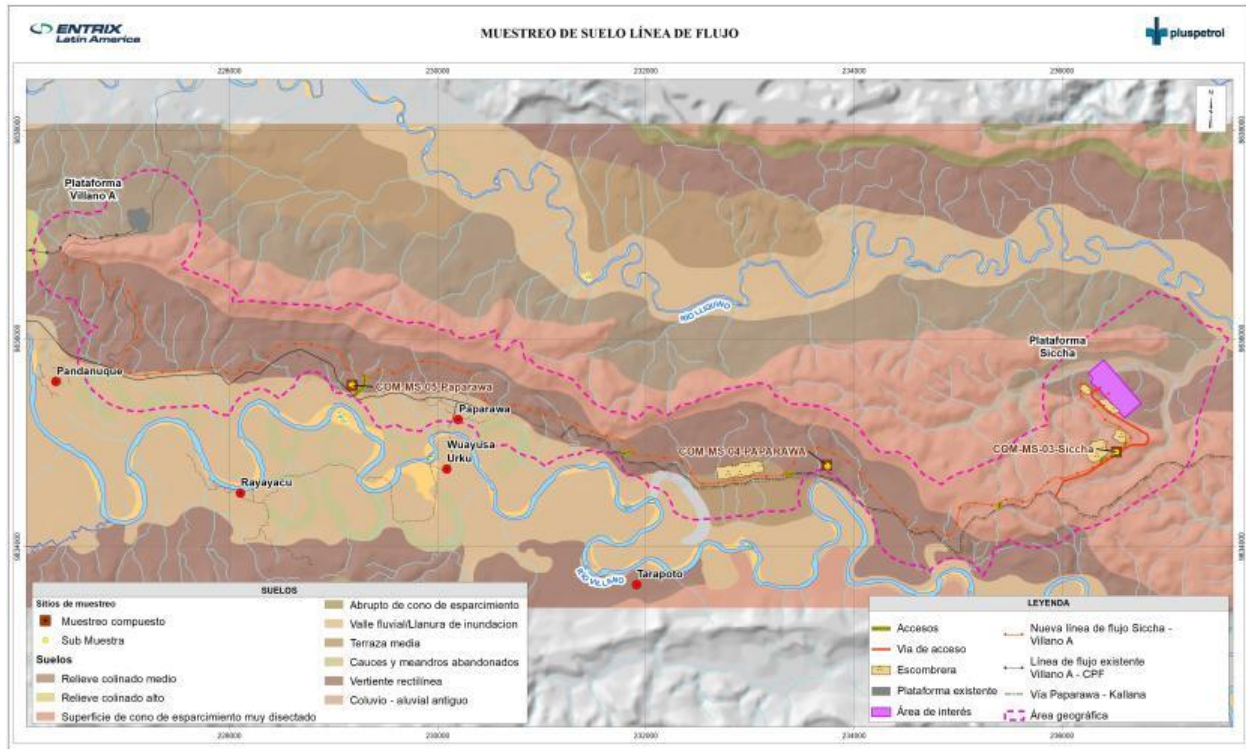


Figura 5-37 Unidades de Muestreo en Línea de Flujo y sus accesos

Fuente: Levantamiento de campo, Entrix, julio-agosto 2022
Elaborado por: Entrix, enero 2023

A continuación, se presenta una tabla con los parámetros analizados y los criterios de calidad establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A conforme lo establecido en el Acuerdo Ministerial 100-A en su disposición transitoria primera que señala “hasta la emisión de dichas normas, se aplicará lo determinado en el Código Orgánico del Ambiente y su Reglamento y en el Acuerdo Ministerial 097-A Registro Oficial No. 387 de 4 de noviembre de 2015, en lo que fuere aplicable”, cabe señalar que el alcance del levantamiento de línea base de suelo se centró en el análisis e identificación de compuestos que forman parte de la composición de un hidrocarburo, como son los metales pesados y TPH, no se incluyó el análisis de organofosforados totales e índice SAR ya que estos compuestos no podrían generarse como resultado de la actividad que se llevará a cabo en la Fase de Perforación Exploratoria y de Avanzada y la Fase de Explotación.

Respecto al Índice SAR, la Relación de Absorción de Sodio es un cálculo a partir de las concentraciones de sodio, magnesio y calcio. Es un indicador de la idoneidad del suelo para su uso en actividades agropecuarias. También es un parámetro de diagnóstico estándar para el peligro de sodicidad de un suelo, según se determina a partir del análisis del agua de los poros extraída del suelo; por lo tanto, no se incluyó el análisis de Índice SAR, ya que estos compuestos no podrían generarse como resultado de la actividad que se llevará a cabo en la Fase de Perforación Exploratoria y de Avanzada y la Fase de Explotación; sin embargo una vez culminada la fase de exploratoria y avanzada y previo a la construcción de la línea de flujo en la fase de explotación la operadora deberá dar cumplimiento a lo establecido en el Plan de Manejo Ambiental de la Fase de Explotación, medida 61: “Se deberá realizar una caracterización del parámetro “Relación de adsorción de Sodio (Índice SAR)” en el trazado de la línea de flujo que cruza con la cobertura vegetal: Pastizal, Erial, Vegetación herbácea arbustiva (Ver Anexo D. Cartografía, Mapa 5.1-14 Cobertura)”.

Tabla 5-20 Parámetros Analizados para Calidad de Suelo

Parámetro	Unidades	Criterios de Calidad de Suelo Tabla 1 Anexo 2 A. M. 097A
Conductividad	µS/cm	200
pH	Unidades de pH	6 – 8
Arsénico	mg/kg	12
Azufre	mg/kg	250
Bario	mg/kg	200
Cadmio	mg/kg	0,5
Cobalto	mg/kg	10
Cobre	mg/kg	25
Cromo	mg/kg	54
Cromo Hexavalente	mg/kg	0,4
Estaño	mg/kg	5
Mercurio	mg/kg	0,1
Molibdeno	mg/kg	5
Níquel	mg/kg	19
Plomo	mg/kg	19
Selenio	mg/kg	1
Vanadio	mg/kg	76
Zinc	mg/kg	60
Benzo (a) pireno	mg/kg	0,1
Acenafteno	mg/kg	0,1
Acenaftileno	mg/kg	0,1
Antraceno	mg/kg	0,1
Benzo(a)antraceno	mg/kg	0,1
Benzo(a)pireno	mg/kg	0,1
Benzo(b)fluoranteno	mg/kg	0,1
Benzo(g,h,i)perileno	mg/kg	0,1
Benzo(k)fluoranteno	mg/kg	0,1
Criseno	mg/kg	0,1
Dibenzo(a,h)antraceno	mg/kg	0,1
Fenantreno	mg/kg	0,1
Indeno(1,2,3,c,d) pireno	mg/kg	0,1
Naftaleno	mg/kg	0,1
Hidrocarburos Totales TPH	mg/kg	<150

Fuente: Acuerdo Ministerial 097-A, 2015
 Elaboración: Entrix, agosto 2022

5.1.10.2.2 Ubicación de Puntos de Muestreo

Para la ubicación de los puntos de muestreo tomados en el área geográfica del proyecto se ha considerado los siguientes criterios establecidos en el A. M. 097-A, ellos son:

“4.5.1.1 Se tomará una muestra compuesta por cada 100 ha, formada por 15 a 20 submuestras georreferenciadas, cada una con un peso no inferior a 0,5 kg, tomadas a una profundidad entre 0 y 30 cm (...)

Para los proyectos, obras o actividades menores a 100 hectáreas, se tomará una muestra compuesta bajo las condiciones detalladas en el párrafo que antecede.

En caso de existir diversidad de tipos de suelo, se tomará una muestra compuesta para cada uno de los tipos presentes en el área, de acuerdo con las condiciones antes señaladas.”

En este sentido, y considerando lo presentado en la Figura 5-36, en la cual posterior a su análisis se indica que hay que considerar que las unidades fisiográficas del suelo sean analizadas de manera independiente (características de estas áreas son distintas, por topografía, áreas inundables, usos, entre otros), se establecieron 3 puntos de muestreo compuesto asociados a la plataforma Siccha (Fase de Perforación Exploratoria y de Avanzada y Fase de Explotación).

“4.1.2 Para los proyectos lineales (vialidad, sistemas de riego, conducciones de agua potable) se tomará una muestra de suelos por cada 5 km (...)”

En ese sentido se estableció 1 muestra de suelo compuesto asociado a la vía de acceso a la plataforma Siccha (Fase de Perforación Exploratoria y de Avanzada y Fase de Explotación, punto de muestreo en común con la plataforma Siccha), 2 muestras de suelo compuesto asociado a la línea de flujo y sus accesos (Fase de Explotación) y 1 muestra de suelo compuesto asociado a la plataforma Villano A (Fase de Explotación).

Como se referenció en los párramos anteriores la cantidad de muestras colectadas fue en base a lo establecido en el A. M. 097-A respecto a tanto al área de 100 ha, el tipo de suelo (unidades fisiográficas) y considerando las actividades de la Fase de Perforación Exploratoria y de Avanzada y Fase de Explotación del proyecto, por lo tanto, se han tomado las siguientes muestras:

- > Muestra de Suelo 1 Siccha (COM-MS-01-SICCHA): 15 submuestras
- > Muestra de Suelo 2 Siccha (COM-MS-02-SICCHA): 16 submuestras
- > Muestra de Suelo 3 Siccha (COM-MS-03-SICCHA): 18 submuestras
- > Muestra de Suelo 4 Paparawa (COM-MS-04-Paparawa): 16 submuestras
- > Muestra de Suelo 5 Paparawa (COM-MS-05-Paparawa): 15 submuestras
- > PAD Villano A (COM-S6-Villano A): 15 submuestras
- > PAD Siccha (COM-Plataforma Siccha): 30 submuestras

Respecto a la muestra compuesta ubicada en el PAD Villano A (Muestra COM-S6-Villano A), si bien no se encuentra asociada al área de implantación de proyecto, fue caracterizada ya que se ubica dentro del área geográfica y en este sitio se identifica otro tipo de suelo, del Orden Utisoles, Suborden Udults y subgrupo Typic Paleudults (Ver Mapa 5.1-12 Suelo).

Para la línea de flujo desde la Plataforma Siccha hacia Villano A, se caracterizó 2 muestras de suelo que permiten caracterizar los tipos de suelo presentes en el área geográfica”.



Respecto a la muestra con código COM-MS-03-SICCHA, esta comparte un sitio en común entre la plataforma Siccha y la línea de flujo.




Con base en lo anterior señalado cabe mencionar lo siguiente:




- > El número de muestras tomadas para el caso de la plataforma Siccha supera la cantidad de muestras señaladas por el artículo 4.5.1.1 del AM 097-A, ya que se colectaron un total de 3 muestras compuestas en una superficie menor a 100 ha, esto con el fin de comprender de mejor manera las características físicas del área en estudio.
- > Se colectaron muestras compuestas de suelo en 4 sitios lo largo del rumbo de la línea de flujo con sus accesos; considerando que esta instalación tiene una longitud aproximada de 14.5 Km, la cantidad de sitios de muestreo supera lo señalado en el artículo 4.5.1.2 del AM 097-A (muestras cada 5 Km), esto con el fin de comprender de mejor manera las características físicas del área en estudio ya que en este rumbo se aprecian distintas unidades fisiográficas de suelo.


En la Tabla 5-21 se describe la ubicación de las muestras:



Tabla 5-21 Ubicación de Puntos de Muestreo de Calidad de Suelo

Número de Muestra	Infraestructura Asociada	Código de la Muestra	Código de la Submuestra	Coordenadas WGS 84 Zona 18 Sur		Fecha de Muestreo	Descripción del Sitio de Muestreo	Fotografía
				Este (m)	Norte (m)			
1	Área PAD Siccha	COM-MS-01-SICCHA	MS-01-01	236387	9835717	02/08/2022	Terreno cubierto de abundante vegetación, en el cual se observa árboles de altura baja y media.	
			MS-01-02	236398	9835723			
			MS-01-03	236406	9835722			
			MS-01-04	236402	9835714			
			MS-01-05	236396	9835711			
			MS-01-06	236387	9835709			
			MS-01-07	236382	9835710			
			MS-01-08	236386	9835711			
			MS-01-09	236364	9835706			
			MS-01-10	236395	9835705			
			MS-01-11	236385	9835706			
			MS-01-12	236375	9835713			
			MS-01-13	236373	9835708			
			MS-01-14	236385	9835693			
			MS-01-15	236390	9835706			
2	Área PAD Siccha	COM-MS-02-SICCHA	MS-02-01	236668	9835403	31/07/2022	Terreno cubierto de abundante vegetación, en el cual se observa árboles de altura baja y media.	
			MS-02-02	236674	9835398			
			MS-02-03	236675	9835403			
			MS-02-04	236677	9835405			
			MS-02-05	236675	9835409			
			MS-02-06	236673	9835410			
			MS-02-07	236666	9835400			
			MS-02-08	236664	9835395			
			MS-02-09	236654	9835394			

Número de Muestra	Infraestructura Asociada	Código de la Muestra	Código de la Submuestra	Coordenadas WGS 84 Zona 18 Sur		Fecha de Muestreo	Descripción del Sitio de Muestreo	Fotografía
				Este (m)	Norte (m)			
3	Área PAD Siccha	COM-MS-03-SICCHA	MS-02-10	236657	9835401	01/08/2022	Terreno cubierto de abundante vegetación, en el cual se observa árboles de altura baja y media.	
			MS-02-11	236664	9835403			
			MS-02-12	236666	9835412			
			MS-02-13	236670	9835413			
			MS-02-14	236669	9835416			
			MS-02-15	236655	9835414			
			MS-02-16	236657	9835398			
			MS-03-01	236492	9834900			
			MS-03-02	236503	9834904			
			MS-03-03	236508	9834904			
			MS-03-04	236514	9834904			
			MS-03-05	236515	9834901			
			MS-03-06	236525	9834905			
			MS-03-07	236523	9834907			
			MS-03-08	236514	9834905			
			MS-03-09	236507	9834908			
			MS-03-10	236502	9834909			
MS-03-11	236503	9834906						
MS-03-12	236495	9834909						
MS-03-13	236494	9834914						
MS-03-14	236499	9834911						
MS-03-15	236503	9834915						
MS-03-16	236508	9834915						
MS-03-17	236514	9834911						

Número de Muestra	Infraestructura Asociada	Código de la Muestra	Código de la Submuestra	Coordenadas WGS 84 Zona 18 Sur		Fecha de Muestreo	Descripción del Sitio de Muestreo	Fotografía
				Este (m)	Norte (m)			
			MS-03-18	236522	9834914			
4	Línea de Flujo	COM-MS-04-Paparawa	MS-04-01	233763	9834774	03/08/2022	Terreno cubierto de abundante vegetación, en el cual se observa árboles de altura baja y media.	 
			MS-04-02	233757	9834768			
			MS-04-03	233761	9834769			
			MS-04-04	233760	9834779			
			MS-04-05	233757	9834775			
			MS-04-06	233753	9834770			
			MS-04-07	233750	9834763			
			MS-04-08	233751	9834762			
			MS-04-09	233752	9834759			
			MS-04-10	233754	9834763			
			MS04-11	233752	9834769			
			MS04-12	233757	9834775			
			MS04-13	233747	9834765			
			MS04-14	233744	9834773			
MS04-15	233742	9834772						
MS04-16	233739	9834785						
5	Línea de Flujo	COM-MS-05-Paparawa	MS-05-01	229179	9835562	04/08/2022	Terreno cubierto de abundante vegetación, en el cual se observa árboles de altura baja y media.	
			MS-05-02	229182	9835565			
			MS-05-03	229176	9835567			
			MS-05-04	229176	9835570			
			MS-05-05	229175	9835564			
			MS-05-06	229170	9835562			
			MS-05-07	229168	9835562			
			MS-05-08	229175	9835561			

Número de Muestra	Infraestructura Asociada	Código de la Muestra	Código de la Submuestra	Coordenadas WGS 84 Zona 18 Sur		Fecha de Muestreo	Descripción del Sitio de Muestreo	Fotografía
				Este (m)	Norte (m)			
			MS-05-09	229172	9835559			
			MS-05-10	229171	9835557			
			MS-05-11	229181	9835563			
			MS-05-12	229179	9835553			
			MS-05-13	229172	9835555			
			MS-05-14	229186	9835553			
			MS-05-15	229181	9835554			
			6	PAD Villano A	COM-S6-Villano A			
MS-06-02	227108	9837291						
MS-06-03	227102	9837285						
MS-06-04	227107	9837283						
MS-06-05	227112	9837280						
MS-06-06	227116	9837294						
MS-06-07	227118	9837285						
MS-06-08	227116	9837286						
MS-06-09	227116	9837281						
MS-06-10	227113	9837278						
MS-06-11	227102	9837293						
MS-06-12	227107	9837285						
MS-06-13	227106	9837283						
MS-06-14	227104	9837281						
MS-06-15	227096	9837275						
7	PAD Siccha	COM-Plataforma Siccha	MS-07-01	236584	9835334	02/08/2022	Terreno cubierto de abundante vegetación, en el cual se observa	
			MS-07-02	236623	9835285			
			MS-07-03	236572	9835406			

Número de Muestra	Infraestructura Asociada	Código de la Muestra	Código de la Submuestra	Coordenadas WGS 84 Zona 18 Sur		Fecha de Muestreo	Descripción del Sitio de Muestreo	Fotografía
				Este (m)	Norte (m)			
			MS-07-04	236611	9835357		<p>árboles de altura baja y media.</p>  	
			MS-07-05	236651	9835308			
			MS-07-06	236599	9835429			
			MS-07-07	236639	9835380			
			MS-07-08	236679	9835331			
			MS-07-09	236627	9835452			
			MS-07-10	236667	9835402			
			MS-07-11	236707	9835353			
			MS-07-12	236655	9835474			
			MS-07-13	236695	9835425			
			MS-07-14	236735	9835376			
			MS-07-15	236518	9835415			
			MS-07-16	236566	9835457			
			MS-07-17	236614	9835498			
			MS-07-18	236466	9835476			
			MS-07-19	236514	9835517			
			MS-07-20	236562	9835559			
			MS-07-21	236419	9835537			
			MS-07-22	236461	9835578			
			MS-07-23	236509	9835619			
			MS-07-24	236361	9835597			
			MS-07-25	236409	9835659			
			MS-07-26	236457	9835680			
			MS-07-27	236309	9835658			
			MS-07-28	236357	9835699			

Estudio de Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental para la Fase de Exploración y de Avanzada y Fase de Explotación del Campo Siccha, localizado en el Bloque 10, operado por Pluspetrol Ecuador B.V.
 Proyecto: 10490409

Número de Muestra	Infraestructura Asociada	Código de la Muestra	Código de la Submuestra	Coordenadas WGS 84 Zona 18 Sur		Fecha de Muestreo	Descripción del Sitio de Muestreo	Fotografía
				Este (m)	Norte (m)			
				MS-07-29	236406			
MS-07-30	236544	9835383						

Fuente: Levantamiento de campo, Entrix, julio-agosto 2022
 Elaborado por: Entrix, agosto 2022

5.1.10.2.3 Resultados

A continuación, se presentan los resultados de laboratorio obtenidos de las muestras levantadas en campo:

Tabla 5-22 Resultados de Calidad de Suelo

Parámetro	Unidades	Criterios de Calidad de Suelo Tabla 1 Anexo 2 A. M. 097A	ID de las Muestras						
			COM-MS-01-SICCHA	COM_MS-02	COM-MS-03-Siccha	COM-MS-04-Paparawa	COM-MS-05-Paparawa	COM-S6-Villano A	COM-Plataforma-Siccha
			02/08/2022	31/07/2022	01/08/2022	03/08/2022	04/08/2022	26/07/2022	02/08/2022
		Este (m)	236390,00	236666,00	236522,00	233739,00	229181,00	227096,00	236309,00
		Norte(m)	9835706,00	9835398,00	9834914,00	9834785,00	9835554,00	9837275,00	9835658,00
pH		6-8	5,7	5,3	5,0	4,5	4,6	6,3	5,8
Conductividad	uS/cm	200	20,0	28,0	12,0	32,0	44,0	30,0	30,0
Cromo	mg/kg	54	82,0	140,0	68,0	54,0	44,0	82,0	89,0
Cromo Hexavalente ⁽¹⁾	mg/kg	0,4	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Cromo Hexavalente ^(*)	mg/kg		<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Arsénico	mg/kg	12	0,3	0,6	0,6	0,2	0,3	1,1	0,2
Azufre ⁽¹⁾	mg/kg	250	<500	<500	<500	<500	<500	<500	<500
Azufre ^(*)	mg/kg		<167	<167	<167	<167	<167	<167	<167
Bario	mg/kg	200	273,0	364,0	51,0	155,0	83,0	256,0	284,0

Parámetro	Unidades	Criterios de Calidad de Suelo Tabla 1 Anexo 2 A. M. 097A	ID de las Muestras						
			COM-MS-01-SICCHA	COM_MS-02	COM-MS-03-Siccha	COM-MS-04-Paparawa	COM-MS-05-Paparawa	COM-S6-Villano A	COM-Plataforma-Siccha
			02/08/2022	31/07/2022	01/08/2022	03/08/2022	04/08/2022	26/07/2022	02/08/2022
			Este (m)	236390,00	236666,00	236522,00	233739,00	229181,00	227096,00
Norte(m)	9835706,00	9835398,00	9834914,00	9834785,00	9835554,00	9837275,00	9835658,00		
Cadmio	mg/kg	0,5	0,2	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	0,3	0,3
Cobalto	mg/kg	10	35,0	67,0	5,9	22,0	3,7	54,0	45,0
Cobre	mg/kg	25	23,0	40,0	22,0	22,0	21,0	35,0	30,0
Estaño	mg/kg	5	0,7	<0,5	0,5	<0,5	<0,5	0,6	0,7
Mercurio	mg/kg	0,1	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Molibdeno	mg/kg	5	0,2	0,4	0,5	0,5	0,7	0,5	0,2
Níquel	mg/kg	19	14,0	21,0	6,2	7,2	5,0	23,0	20,0
Plomo	mg/kg	19	11,0	16,0	12,0	11,0	11,0	11,0	12,0
Selenio	mg/kg	1	<1	<1	<1	<1	<1,0	<1,0	<1,0
Vanadio	mg/kg	76	107	177,0	112,0	117,0	106,0	282,0	129,0
Zinc	mg/kg	60	43,0	91,0	24,0	34,0	31,0	74,0	59,0

Parámetro	Unidades	Criterios de Calidad de Suelo Tabla 1 Anexo 2 A. M. 097A	ID de las Muestras						
			COM-MS-01-SICCHA	COM_MS-02	COM-MS-03-Siccha	COM-MS-04-Paparawa	COM-MS-05-Paparawa	COM-S6-Villano A	COM-Plataforma-Siccha
			02/08/2022	31/07/2022	01/08/2022	03/08/2022	04/08/2022	26/07/2022	02/08/2022
			Este (m)	236390,00	236666,00	236522,00	233739,00	229181,00	227096,00
Norte(m)	9835706,00	9835398,00	9834914,00	9834785,00	9835554,00	9837275,00	9835658,00		
Acenafteno	mg/kg	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Acenaftileno	mg/kg	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Benzo (a) antraceno	mg/kg	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Benzo (a) pireno	mg/kg	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Benzo (b) fluoranteno	mg/kg	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Benzo (g, h, i) perileno	mg/kg	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Benzo (k) fluoranteno	mg/kg	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Criseno	mg/kg	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Dibenzo (a,h) antraceno	mg/kg	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Fenantreno	mg/kg	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Fluoranteno	mg/kg	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

Parámetro	Unidades	Criterios de Calidad de Suelo Tabla 1 Anexo 2 A. M. 097A	ID de las Muestras						
			COM-MS-01-SICCHA	COM_MS-02	COM-MS-03-Siccha	COM-MS-04-Paparawa	COM-MS-05-Paparawa	COM-S6-Villano A	COM-Plataforma-Siccha
			02/08/2022	31/07/2022	01/08/2022	03/08/2022	04/08/2022	26/07/2022	02/08/2022
			Este (m)	236390,00	236666,00	236522,00	233739,00	229181,00	227096,00
Norte (m)	9835706,00	9835398,00	9834914,00	9834785,00	9835554,00	9837275,00	9835658,00		
Indeno (1, 2, 3 c, d) pireno	mg/kg	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Naftaleno	mg/kg	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Pireno	mg/kg	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
TPH	mg/kg	150	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50

(1) Límite de cuantificación con Servicio de Acreditación Ecuatoriano: Certificado No. SAE LEN 05-008

(*) Límites de detección

Fuente: GRUENTEC, agosto 2022; Levantamiento de campo, Entrix, julio-agosto 2022

Elaborado por: Entrix, agosto 2022

Los informes de resultados constan en el Anexo B- Documentos de Respaldos, B.1. Físico, B.1.4. Resultados de Laboratorio, B.1.4.3. Suelo. Todos los puntos de muestreo se presentan en el Anexo D. Cartografía, 5.1-12 Mapa de Suelos.

Para el parámetro Azufre y Cromo Hexavalente cuenta con acreditación del método (Certificado No. SAE LEN 05-008), pero con un límite de cuantificación mayor al criterio de calidad establecido en la Tabla 1 del Anexo 2 del AM 097 A, lo cual no permite verificar concordancia; sin embargo, el laboratorio acreditado GRUENTEC Cia. Ltda. ha realizado una serie de pruebas experimentales cuyos resultados son analizados de manera estadística en el proceso denominado validación del método, que consiste en el aporte de evidencia experimental que compruebe la capacidad analítica del laboratorio para alcanzar los límites de detección (LD), los cuales se reportan en la Tabla 5-22.

Información ampliatoria al respecto remitida por el laboratorio acreditado ha sido incorporado en la sección Anexos. (Anexo. B Documentos de respaldo, B.1 Físico, B.1.6 Acreditación Parámetros, Oficio GRU-CAL-2023-008) y (Anexo B. Documentos de respaldo, B1. Físico, B.1.4 Resultados, B.1.4.3 Suelo).

Adicional, mediante oficio Nro. EA-0127-23 de 04 de mayo de 2023 se solicita al Servicio de Acreditación Ecuatoriana (SAE) indique los laboratorios acreditados en dichos parámetros con un rango inferior al límite máximo permisible establecido la normativa ambiental. Buscando obtener una respuesta del Servicio de Acreditación Ecuatoriana (SAE), mediante oficio Nro. EA-0242-23 de 15 de agosto de 2023, en mención al comunicado EA-0217-23, se reitera la solicitud (Anexo. B Documentos de respaldo, B.1 Físico, B.1.6 Acreditación Parámetros, SAE).

A espera del pronunciamiento del Servicio de Acreditación Ecuatoriano, y con el fin de que los parámetros Azufre y Cromo Hexavalente posean resultados evaluables con los criterios de calidad establecidos en la Tabla 1 del Anexo 2 del AM 097 A, en el Plan de Manejo Ambiental de la Fase de Exploración y de Avanzada y Fase de Explotación se han incluido medidas que permitan el levantamiento de la información respecto al pronunciamiento del SAE.

5.1.10.2.4 Análisis de Resultados

Los resultados obtenidos del trabajo de campo fueron comparados con los criterios de calidad establecidos en la Tabla 1 "Criterios de calidad de Suelo" Anexo 2 del Acuerdo Ministerial 097-A, conforme lo establecido en el Acuerdo Ministerial 100-A. Las muestras analizadas indican que ciertos parámetros analizados se encuentran por encima de los criterios de calidad de suelo, como se puede observar en la Tabla 5-22. El análisis se presenta a continuación:

pH

Dependiendo del material parental, el suelo puede tener pH ácido o básico. Por ejemplo, si el material parental es cuarzo, granito o feldespatos, el suelo tendrá un pH ácido. Por el contrario, si el material parental es calcita (CaCO_3) naturalmente el suelo tendrá un pH básico, así también la descomposición de la materia orgánica por parte de los microorganismos heterótrofos incrementa la concentración de CO_2 en el suelo, el cual es en promedio cinco veces más elevada (2500 ppm) que en el aire que respiramos (400 ppm). Este CO_2 acidifica la solución del suelo a través de la producción de ácido carbónico (H_2CO_3), el cual libera protones (H^+) a la solución, que paulatinamente pueden acidificar el suelo; así también en climas de alta precipitación ocurre un lavado de bases (Ca, Mg, Na, K) y el suelo se acidifica, predominando los cationes ácidos (Al^{+3} , Fe^{+3} , Mn^{+2}). (Ortega, 2022).

Todas las muestras a excepción de la COM-S6-Villano A, se encuentran fuera del rango de los criterios de calidad de suelo (CCS) establecidos por la Tabla 1 del Anexo 2 del A. M. 097-A. Presentan valores menores a 6, lo que indica que las muestras son ligeramente ácidas. Este valor está asociado a condiciones naturales del tipo de suelo, relacionado a la humedad de la región, que acelera el proceso de descomposición de la materia orgánica generando una acidez en los suelos. Es importante considerar que

el rango de pH óptimo para la mayoría de las plantas oscila entre 5,5 y 7,0; sin embargo, muchas plantas se han adaptado para crecer con valores de pH fuera de este rango.

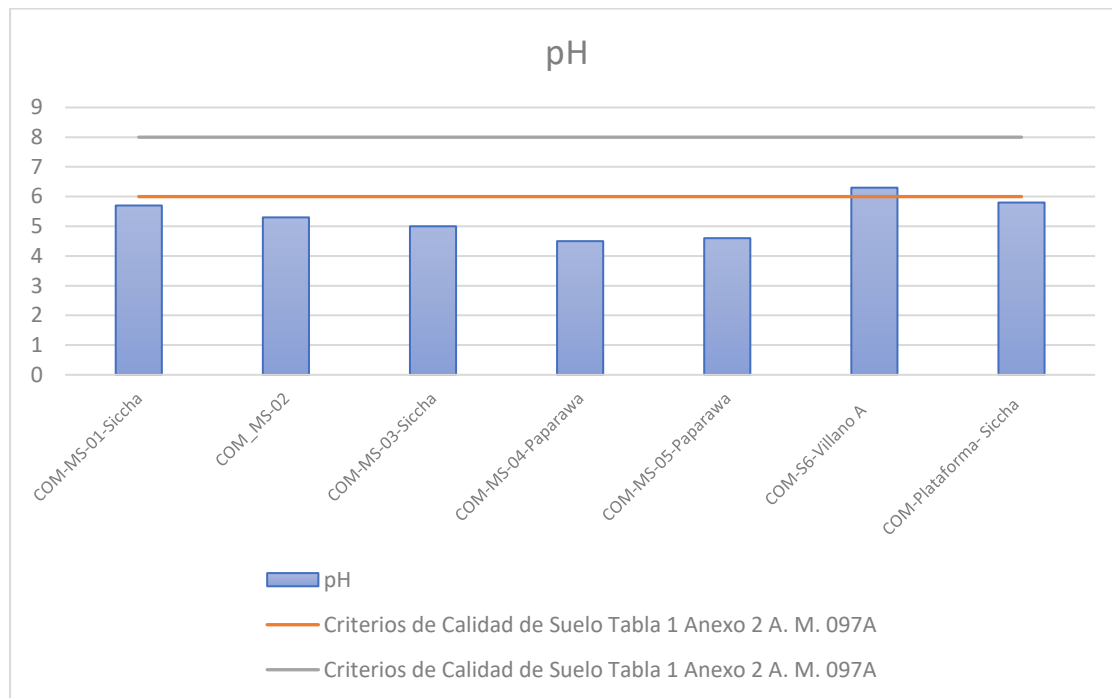


Figura 5-38 Análisis de Resultados de pH

Fuente: GRUENTEC, agosto 2022 Levantamiento de campo, Entrix, julio-agosto 2022
Elaborado por: Entrix, enero 2023

Cromo

El cromo es un elemento natural que en el suelo está presente en dos formas del ion cromo (Cr III y Cr VI). Estos cationes necesariamente provienen del material parental, el cromo en solución proviene de la meteorización de los minerales primarios que lo contienen (Coleman, 1988).

Las muestras de suelo COM-MS-01-Siccha, COM-MS-02, COM-MS-03-Siccha, COM-Plataforma-Siccha localizadas en el área donde se instalaría la plataforma Siccha, se ubica en un bosque natural poco intervenido, donde no se evidencia actividades antrópicas (Ver Anexo D. Cartografía, 5.2-2 Flora), mencionadas muestras se encuentran sobre el criterio de calidad de la Tabla 1, Anexo 2 del AM 097-A.

La muestra COM-S6-VILLANO A se ubica en la cercanía del PAD Villano A, en un área de bosque natural poco intervenido la cual sobrepasa el criterio de calidad establecido en la normativa.

La muestra COM-MS-05 -Paparawa localizada en áreas cercanas a pastizales y actividades agrícolas se encuentra dentro del rango establecido en la normativa.

Los resultados obtenidos indican la presencia de cromo en zonas de bosque natural poco intervenido y donde no se ha identificado la presencia de actividades antrópicas lo cual es atribuible a condiciones naturales del suelo o naturaleza del material parental /roca madre.

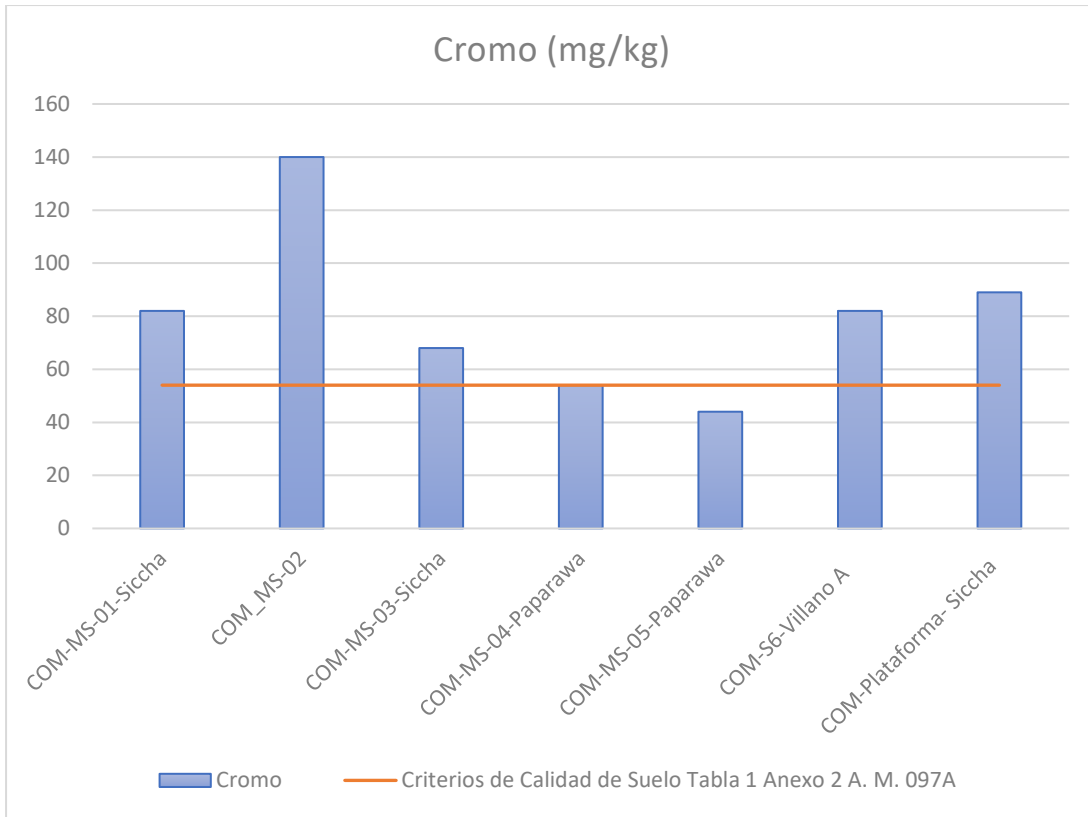


Figura 5-39 Análisis de Resultados de Cromo.

Fuente: GRUENTEC, agosto 2022 Levantamiento de campo, Entrix, julio-agosto 2022
Elaborado por: Entrix, enero 2023

Bario

El bario se encuentra naturalmente combinado con otros elementos, a menudo se encuentra en la naturaleza en forma de depósitos minerales subterráneos, entrando en contacto con el ambiente cuando se minan, refinan y manufacturan compuestos o se quema carbón o petróleo; el tiempo de permanencia del bario en el ambiente es relativamente alto y tiene un comportamiento acumulativo a lo largo de la cadena trófica (ASTM, 2000).

Las muestras de suelo COM-MS-01-Siccha, COM-MS-02, COM-Plataforma-Siccha localizadas en el área donde se construiría la plataforma Siccha, se ubica en un bosque natural poco intervenido (Ver Anexo D. Cartografía, 5.2-2 Flora), donde no se evidencia la presencia de actividades antrópicas cuyos resultados presentan concentraciones de Bario sobre el criterio de calidad establecido en la Tabla 1 del Anexo 2 del A. M. 097-A.

La muestra COM-S6-VILLANO A ubicada en la cercanía del PAD Villano A sobrepasa el criterio de calidad establecido en la normativa.

Los resultados obtenidos indican la presencia de bario en zonas de bosque natural poco intervenido y donde no se ha identificado la presencia de actividades antrópicas como es el caso de la plataforma Siccha, lo cual es atribuible a condiciones naturales en la zona.

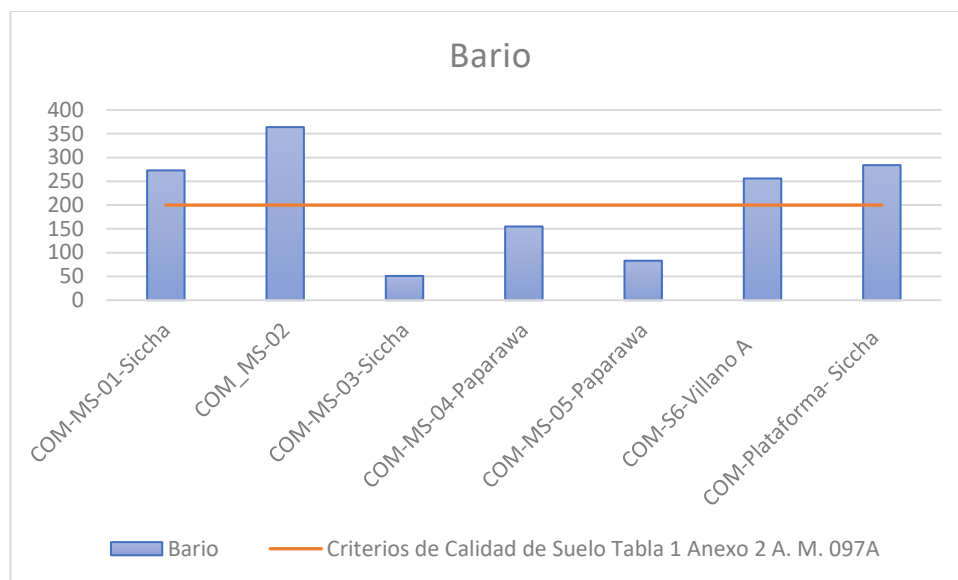


Figura 5-40 Análisis de Resultados de Bario

Fuente: GRUENTEC, agosto 2022 Levantamiento de campo, Entrix, julio-agosto 2022
Elaborado por: Entrix, enero 2023

Cobalto

El cobalto, constituye el 0.001 por ciento de la corteza terrestre. Se encuentra en pequeñas cantidades en níquel-hierro nativo terrestre y meteorítico, en atmósferas solares y estelares, y en combinación con otros elementos en aguas naturales. Con pocas excepciones, el mineral de cobalto generalmente no se extrae por el contenido de cobalto. Más bien, a menudo se recupera como un subproducto de la extracción de minerales de hierro, níquel, cobre, plata, manganeso, zinc y arsénico, que contienen trazas de cobalto (Flores, 2021).

Las muestras COM-MS-01-Siccha, COM-MS-02, COM-Plataforma-Siccha se ubican en el área donde se construiría la plataforma Siccha, en un bosque natural poco intervenido (Ver Anexo D. Cartografía, 5.2-2 Flora), donde no se evidencia la presencia de actividades antrópicas, estas muestras presentan concentraciones de cromo sobre el criterio de calidad establecido en la Tabla 1 del Anexo 2 del A. M. 097-A, su presencia está asociada a condiciones naturales del suelo, puede estar derivada de depósitos minerales y rocas de fosfatos.

La muestra COM-S6-VILLANO A ubicada en la cercanía del PAD Villano A existente y la muestra COM-MS-04 Paparawa ubicada en el trazado de la línea de flujo cercana a áreas de pastizales y cultivos, presentan concentraciones sobre el criterio de calidad establecido en la normativa ambiental.

La presencia de cobalto está asociada a condiciones naturales del suelo, puede estar derivada de depósitos minerales y rocas de fosfatos, debido a que se ha identificado su presencia en zonas de bosque poco intervenido, sin presencia de actividades antrópicas como es el caso de la plataforma Siccha.

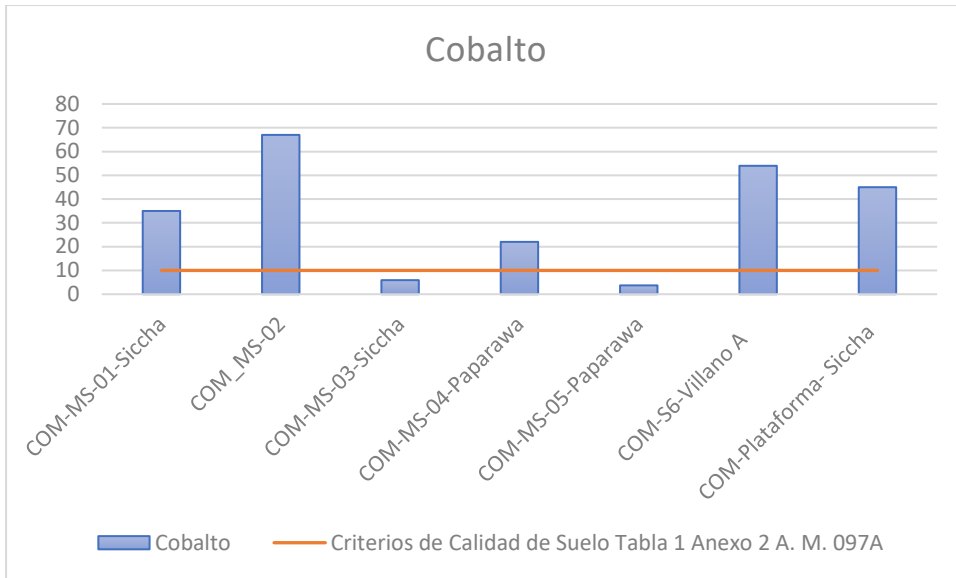


Figura 5-41 Análisis de Resultados de Cobalto

Fuente: GRUENTEC, agosto 2022 Levantamiento de campo, Entrix, julio- agosto 2022
Elaborado por: Entrix, enero 2023

Cobre

Los depósitos de cobre natural en la forma de calcopirita (CuFeS_2), calcosita (Cu_2S), bornita (Cu_5FeS_4) y minerales carbonatos tales como la malaquita [$\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$] y azurita [$\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$] son encontrados en rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias. Las rocas ígneas contienen la mayor concentración promedio (55 mg/Kg) de cobre seguidas por las rocas sedimentarias (5 a 45 mg/Kg). El cobre puede estar relacionado a estas rocas por desgaste y oxidación. Sin embargo, hay una pequeña porción de cobre disuelta en el agua que es de origen natural, debido a que la mayoría de los minerales de cobre son insolubles bajo condiciones normales. Las fuentes industriales de cobre incluyen la minería, trabajo de metales y fundición (Columbia, 1998).

Las muestras COM-MS-02, COM-Plataforma-Siccha ubicadas en el área donde se construiría la plataforma Siccha corresponde a bosque natural poco intervenido (Ver Anexo D. Cartografía, 5.2-2 Flora), donde no se evidencia actividades antrópicas, cuyos resultados presentan valores superiores a 25 mg/kg, fuera del rango de los criterios de calidad establecidos en la Tabla 1 del Anexo 2 del A. M. 097-A.

La muestra COM-S6-Villano A ubicada en área de bosque natural poco intervenido cercana al PAD Villano A, presentan valores fuera del rango de los criterios de calidad establecidos por la Tabla 1 del Anexo 2 del A. M. 097-A.

La presencia de cobre está asociada a condiciones naturales del suelo, debido a que se ha identificado su presencia en zonas de bosque poco intervenido, sin presencia de actividades antrópicas como es el caso de la plataforma Siccha.

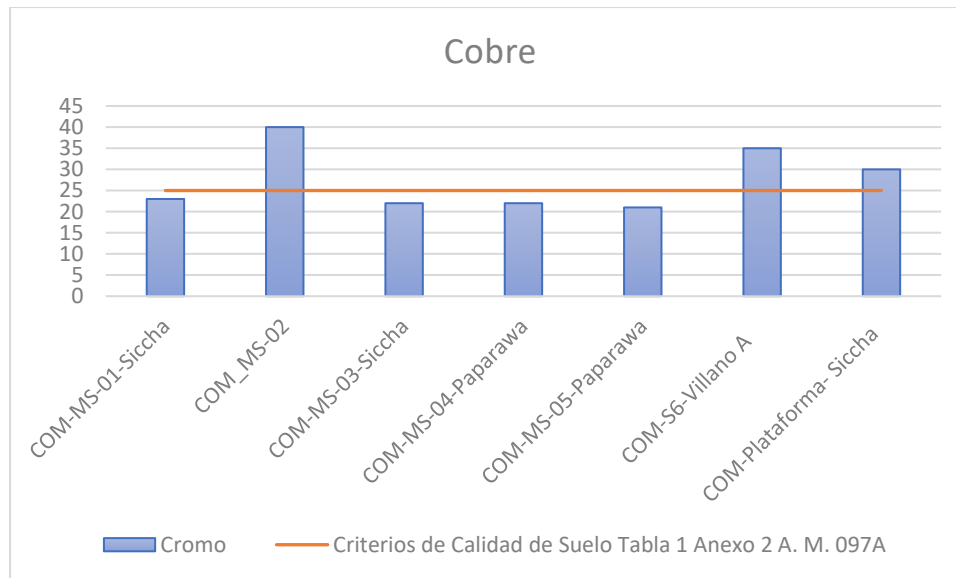


Figura 5-42 Análisis de Resultados de Cobre

Fuente: GRUENTEC, agosto 2022 Levantamiento de campo, Entrix, julio-agosto 2022
Elaborado por: Entrix, agosto 2022

Níquel

El níquel puro es un metal duro, blanco-plateado, que tiene propiedades que lo hacen muy deseable para combinarse con otros metales y formar mezclas llamadas aleaciones; algunos de los metales con los cuales se combina el níquel son el hierro, cobre, cromo y zinc, es un elemento abundante que constituye cerca de 0,008 % de la corteza terrestre y 0,01 % de las rocas ígneas; la mayor parte del níquel se usa para fabricar acero inoxidable (ATSDR, Resumen de salud pública Níquel, 2005).

Las muestras COM-MS-02 y COM-PLATAFORMA-SICCHA se encuentran fuera del rango de los criterios de calidad de suelo establecidos por la Tabla 1 del Anexo 2 del A. M. 097-A, se ubica en el área donde se construiría la plataforma Siccha, que corresponde a bosque natural poco intervenido (Ver Anexo D. Cartografía, 5.2-2 Flora), donde no se evidencia la presencia de actividades antrópicas, por lo tanto, se atribuye a la naturaleza del material parental /roca madre.

La muestra COM-S6-VILLANO A, ubicada en la cercanía del PAD Villano A, presenta un valor de 23 mg/kg fuera del criterio de calidad establecido en la normativa ambiental, cabe aclarar que conforme los resultados de muestreo realizado en la “Reevaluación al Estudio de Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental Para la Ampliación de la Plataforma Villano A, la Perforación de los pozos: Villano V-22; V-23H; V-24; V-25H; SIDETRACK del pozo Villano 3ST2 y la infraestructura de superficie necesaria” aprobado mediante resolución 551 del entonces Ministerio del Ambiente (Ver Anexo A. Documentos oficiales, A.8), presentó valores entre 15-52 mg/kg para Níquel, demostrando de esta forma que los valores presentes en el área geográfica son característicos de las condiciones naturales del área.

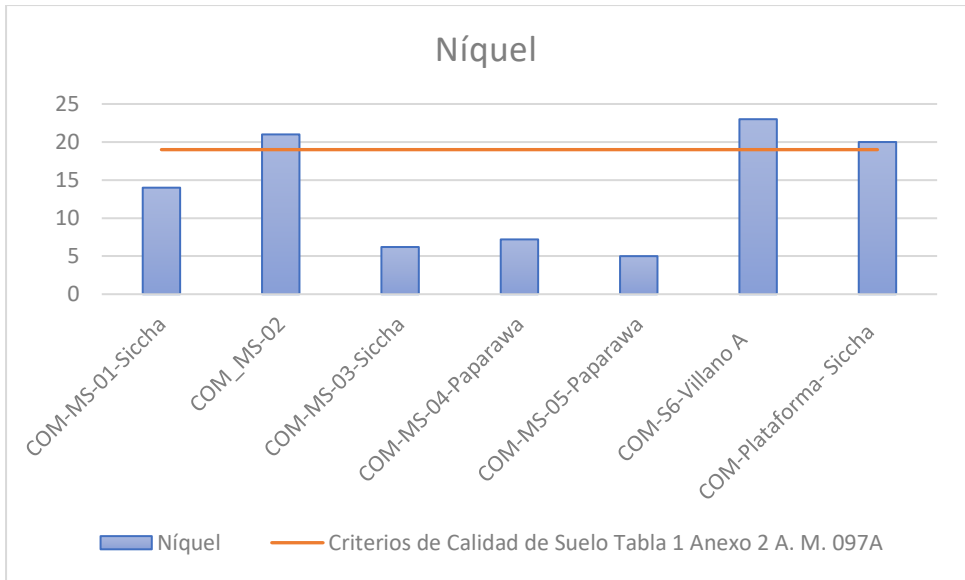


Figura 5-43 Análisis de Resultados de Níquel

Fuente: GRUENTEC, agosto 2022 Levantamiento de campo, Entrix, julio-agosto 2022
 Elaborado por: Entrix, agosto 2022

Vanadio

El vanadio es un elemento natural en la tierra que tiene un color entre blanco y gris metálico. En el ambiente se encuentra generalmente combinado con otros elementos como oxígeno, sodio, azufre o cloruro. Una forma sintética, el óxido de vanadio, es utilizado más frecuentemente por la industria, principalmente en la producción de acero (ATSDR, Resumen de salud pública Vanadio, 1992).

Todas las muestras se encuentran fuera del rango de los criterios de calidad de suelo (CCS) establecidos por la Tabla 1 del Anexo 2 del A. M. 097-A, lo cual se podría atribuir a la naturaleza del material parental (roca madre).

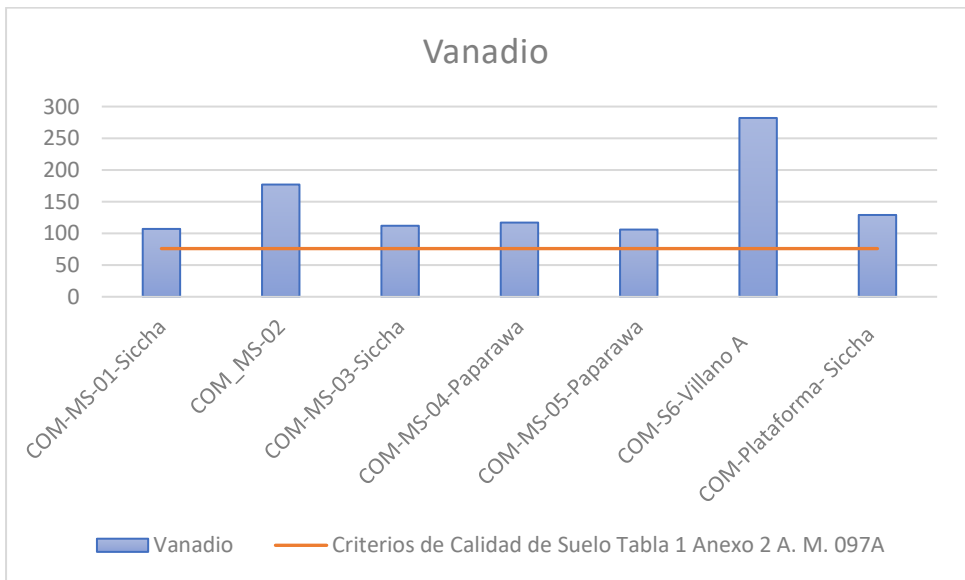


Figura 5-44 Análisis de Resultados de Vanadio

Fuente: GRUENTEC, agosto 2022 Levantamiento de campo, Entrix, julio-agosto 2022
Elaborado por: Entrix, agosto 2022

Zinc

La presencia de Zn suele presentarse con mayor frecuencia en los suelos arcillosos por la capacidad de adsorción y retención de estos suelos, y la deficiencia de este componente en suelos arenosos. La disponibilidad de Zn se reduce al incrementar el pH, esto es muy notorio en particular después de un $\text{pH} > 7.4$. Por esta razón, los suelos alcalinos y calcáreos tienden a presentar con mayor frecuencia deficiencias de Zn. La materia orgánica del suelo constituye a mejorar la disponibilidad del Zn al formar complejos orgánicos móviles que la planta puede absorber. Por el contrario, su disponibilidad disminuye con altos niveles de fósforo y cobre (INTAGRI, 2001).

La muestra COM-MS-02, sobrepasa el criterio de calidad establecido en la Tabla 1 del Anexo 2 del A. M. 097-A, cabe aclarar que esta muestra se ubica en el área donde se construiría la plataforma Siccha que corresponde a un área de bosque natural poco intervenido (Ver Anexo D. Cartografía, 5.2-2 Flora), donde no se identifica actividades antrópicas, lo cual se atribuye a condiciones naturales propias del suelo arcilloso y a la presencia de materia orgánica identificado en el área geográfica, mismo que se relaciona con los resultados de pH obtenidos en la zona de estudio presentando tendencias ligeramente acidas por la presencia de este componente.

Respecto a la muestra COM-S6-VILLANO A ubicada en el área circundante al PAD Villano A, se encuentran fuera del rango de los criterios de calidad de suelo establecidos por la Tabla 1 del Anexo 2 del A. M. 097-A, asociado a condiciones naturales propias del suelo arcilloso y a la presencia de materia orgánica identificado en el área geográfica, relacionada con el resultado de pH ligeramente ácido.

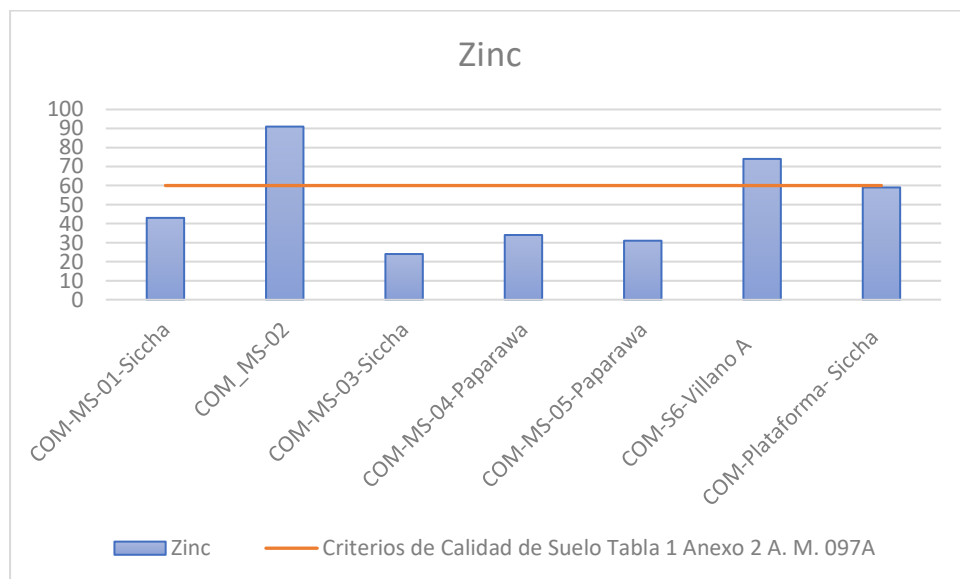


Figura 5-45 Análisis de Resultados de Zinc

Fuente: GRUENTEC, agosto 2022 Levantamiento de campo, Entrix, julio-agosto 2022
Elaborado por: Entrix, enero 2023

5.1.10.2.5 Muestra de suelo COM-S6-Villano A ubicada en la Plataforma Villano A

Respecto a la muestra compuesta ubicada en el PAD Villano A (Muestra COM-S6-Villano A), si bien no se encuentra asociada al área de implantación de proyecto, fue caracterizada ya que se ubica dentro del área geográfica y en este sitio se identifica el tipo de suelo del Orden Utisoles, Suborden Udults y subgrupo

Typic Paleudults (Ver Mapa 5.1-12 Suelo), caracterizando de esta forma los tipos de suelo presentes en el área geográfica conforme estable el numeral 4.5.1 del Anexo 2 del Acuerdo Ministerial 097-A.

Los resultados de la caracterización química del suelo para la muestra denominada COM-S6-Villano A, es comparada con los resultados de línea base de la “Reevaluación al Estudio de Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental para la Ampliación de la Plataforma Villano A, la Perforación de los pozos: Villano V-22; V-23H; V-24; V-25H; SIDETRACK del pozo Villano 3ST2 y la infraestructura de superficie necesaria” aprobado mediante Resolución Nro. 551 del entonces Ministerio del Ambiente (Ver Anexo A. Documentos oficiales, A.8).

Tabla 5-23 Parámetros Analizados para Calidad de Suelo

Parámetro	Unidades	Criterios de Calidad de Suelo Tabla 1 Anexo 2 A. M. 097A	VA-S-A-01 (Junio 2013)	VA-S-A-02 (Junio 2013)	COM-S6-Villano A (Agosto 2022)
TPH	mg/kg	<150	<50	294	<50
Cadmio	mg/kg	0,5	0,5	0,2	0,3
Níquel	mg/kg	19	49	15	23,0
Plomo	mg/kg	19	11	9,9	11,0
Fluoranteno	mg/kg	0,1	<0,25	<0,25	<0,1
Benzo (b) Fluoranteno	mg/kg	0,1	<0,25	<0,25	<0,1
Benzo (k) Fluoranteno	mg/kg	0,1	<0,25	<0,25	<0,1
Benzo (a) pireno	mg/kg	0,1	<0,25	<0,25	<0,1
Indeno (1,2,3 –c, d) pireno	mg/kg	0,1	<0,25	<0,25	<0,1
Benzo (g,h,i) perileno	mg/kg	0,1	<0,25	<0,25	<0,1

Fuente: Reevaluación al Estudio de Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental para la Ampliación de la Plataforma Villano A, la Perforación de los pozos: Villano V-22; V-23H; V-24; V-25H; SIDETRACK del pozo Villano 3ST2 y la infraestructura de superficie necesaria, junio 2013; GRUENTEC, agosto 2022.
Elaboración: Entrix, mayo 2023

Del análisis comparativo presentado en la Tabla 5-23, se evidencia que no existe una variación respecto a las condiciones iniciales reportadas en el área aledaña a la Plataforma Villano A, respecto a la caracterización realizado en el junio del año 2013 comparada con la caracterización realizada en agosto de 2022.

5.1.10.2.6 Conclusiones

- > Los valores obtenidos en las áreas donde se realizará las fases de Perforación Exploratoria y de Avanzada y Fase de Explotación fueron catalogados como valores de línea base (concentración natural) presentes en las muestras colectadas que se realizaron en el área geográfica del proyecto, dado que a pesar de que existen actividades antrópicas que pueden influenciar en los resultados presentados, a excepción de los parámetros pH, cromo, bario, níquel, cobalto, cobre, vanadio y zinc, cuyos valores se pueden atribuir a condiciones naturales, los demás valores cumplen con los criterios de calidad de suelo establecidos en la Tabla 1 del Anexo 2 del A. M. 097-A.

5.1.10.3 Características Edafológicas del Suelo

5.1.10.3.1 Metodología

El análisis de este componente hace referencia a la caracterización de las diferentes unidades fisiográficas y de suelos identificados en el área del proyecto, cuyos objetivos son los siguientes:

- > Identificar y cartografiar las unidades fisiográficas y, dentro de estas, a los diferentes suelos que lo conforman.
- > Conocer las características fisicoquímicas y morfológicas de los suelos.
- > Determinar la capacidad de uso, conflictos de uso de los suelos y cobertura vegetal.

El inventario-diagnóstico en el presente estudio de suelos, con fines edafológicos, está basado en la generación y preparación de información de carácter primario, en base a investigaciones de campo y a información secundaria general existente para el área. Con el propósito de dar cumplimiento a los objetivos del estudio, se realizó trabajos, tanto de gabinete como de campo.

En el trabajo de gabinete se analizó y evaluó la información secundaria existente, Geopedalogía del Cantón Arajuno Sigtierras 2015, que sirvió para la elaboración del mapa preliminar, donde se localizaron los sitios de muestreo, para la posterior descripción de los perfiles de suelos en campo. Se elaboró el mapa definitivo y la memoria técnica correspondientes.

La etapa del trabajo de campo se inició con un reconocimiento general del área geográfica a evaluarse, utilizando para ello algunos caminos de acceso existentes.

La investigación de los suelos, con fines edafológicos, consistió en describir seis perfiles en calicatas abiertas en sitios representativos de las unidades fisiográficas.

De los horizontes delimitados en los perfiles, se tomaron muestras de suelos para los análisis agronómicos en laboratorios (Anexos B. Documentos de Respaldo, B.1. Físico, B.1.4. Resultados de Laboratorio, B.1.4.1. Edafología). Los resultados de laboratorio sirvieron para la clasificación taxonómica de los suelos sobre la base del Soil Taxonomy del USDA 2003.

La descripción de los perfiles se realizó de acuerdo con la “Guía y Claves para la Descripción Perfiles de Suelos” de la FAO. La clasificación de los suelos se basa en el Soil Taxonomy de los Estados Unidos. Se recabó información sobre las características morfológicas del suelo, como: identificación de los horizontes o capas; profundidad, espesor, color, textura, estructura, consistencia en húmedo y mojado; contenido de raíces y poros; así como el límite entre horizontes, tipo de vegetación, drenaje, pendiente, entre otras. La ubicación de los sitios de calicatas se realizó con un GPS, y son los mismos que sirvieron para los análisis geotécnicos y ambientales de los suelos (Anexo D. Cartografía, 5.1-12 Mapa de Suelo).

Es importante citar que este tipo de análisis no es requerido por parte del marco legal vigente, sin embargo, se lo ha incluido como un insumo para la línea base; por lo tanto, no se presenta el certificado de acreditación del laboratorio utilizado, por ello dichos resultados son referenciales y no serán utilizados para futuros monitoreos.

5.1.10.3.2 Ubicación de Puntos de Muestreo

A continuación, en la Tabla 5-24, se detalla la ubicación de los puntos de muestreo tomados en el área geográfica para el análisis edafológico:

Tabla 5-24 Ubicación de Puntos de Muestreo de Edafología

Número de Muestra	Código de la Muestra	Profundidad (m)	Coordenadas WGS 84 Zona 18 Sur		Fecha de Muestreo	Descripción del Sitio de Muestreo	Infraestructura Asociada
			Este (m)	Norte (m)			
1	MS-01-A	0,50	236381,00	9835716,00	02/08/2022	Área plana con presencia de arbustos y vegetación.	Área PAD Siccha
	MS-01-B1	0,75					
	MS-01-B2	1,00					
2	MS-02-Siccha-A	0,15	236692,00	9835388,00	31/07/2022	Área plana presencia de arbustos y vegetación.	Área PAD Siccha
	MS-02-Siccha-B1	0,50					
	MS-02-B2	0,80					
3	MS-03-Siccha-A	0,20	236497,00	9834911,00	01/08/2022	Área plana presencia de arbustos y vegetación.	Vía de acceso
	MS-03-Siccha-B1	0,50					
	MS-03-Siccha-B2	0,80					
4	MS-04-Paparawa-A	0,30	233763,00	9834763,00	03/08/2022	Área plana presencia de arbustos y vegetación.	Línea de flujo y sus accesos
	MS-04-Paparawa-B1	0,60					
	MS-04-Paparawa-B2	0,90					
5	MS-05-Paparawa-A	0,20	229189,00	9835553,00	04/08/2022	Área plana presencia de arbustos y vegetación.	Línea de flujo y sus accesos
	MS-05-Paparawa-B1	0,50					
	MS-05-Paparawa-B2	0,90					
6	MS6-Villano-A	0,15	227110,00	9837288,00	26/07/2022	Área plana presencia de arbustos y vegetación.	PAD Villano A
	MS6-Villano-B1	0,35					
	MS6-Villano-B2	0,65					

Fuente: Levantamiento de campo, Entrix, agosto 2022
 Elaborado por: Entrix, agosto 2022

Página en blanco

5.1.10.3.3 Análisis de Resultados

A continuación, se presentan los resultados de laboratorio obtenidos de las muestras levantadas en campo (Anexo B. Documentos de Respaldo, B.1. Físico, B.1.4. Resultados de Laboratorio, B.1.4.1. Edafología):

Página en blanco

Tabla 5-25 Resultados de Edafología

Código	Área	Horizonte	Prof. (cm)	pH	C.E. (mmhos/cm)	MO (%)	NH4 (ppm)	NO3 (ppm)	P (ppm)	K (ppm)	Na Meq/ 100 ml	Ca Meq/ 100 ml	Mg Meq/ 100 ml	Textura
MS-01	PAD Siccha	A	0,50	5,90	0,05	0,57	41,10	1,50	2,50	0,06	0,03	11,49	5,78	Arcilloso
		B1	0,75	5,60	0,05	0,22	31,90	0,90	8,40	0,09	0,03	8,21	7,52	Franco Arcilloso
		B2	1,00	5,50	0,07	0,11	33,70	0,90	1,70	0,14	0,03	9,84	10,76	Franco
MS-02-Siccha	PAD Siccha	A	0,15	5,30	0,09	2,33	107,80	11,90	3,80	0,12	0,03	4,30	1,18	Arcilloso
		B1	0,50	5,60	0,05	0,67	52,20	13,80	2,70	0,07	0,03	3,23	1,43	Arcilloso
		B2	0,80	5,60	0,03	0,52	44,80	0,90	2,20	0,03	0,02	2,23	1,14	Arcilloso
MS-03-Siccha	Vía de acceso	A	0,20	5,10	0,15	3,37	81,90	8,60	2,40	0,08	0,06	3,38	1,38	Arcilloso
		B1	0,50	5,40	0,06	1,75	81,90	1,50	3,30	0,03	0,04	1,97	0,64	Arcilloso
		B2	0,80	5,30	0,04	0,93	44,80	0,90	2,10	0,05	0,02	1,24	0,38	Arcilloso
MS-04-Paparawa	Línea de flujo y sus accesos	A	0,30	4,80	0,12	3,27	102,20	13,10	4,20	0,07	0,03	7,06	1,43	Arcilloso
		B1	0,60	5,00	0,07	1,48	70,70	10,60	4,80	0,06	0,03	1,18	0,63	Arcilloso
		B2	0,90	5,40	0,04	0,48	68,90	2,20	3,00	0,04	0,02	1,30	0,66	Arcilloso
MS-05-Paparawa	Línea de flujo y sus accesos	A	0,20	4,90	0,09	3,06	96,70	7,30	2,80	0,05	0,04	1,55	0,64	Arcilloso
		B1	0,50	5,40	0,04	0,79	63,30	6,70	1,40	0,04	0,02	1,00	0,43	Arcilloso
		B2	0,90	5,40	0,03	0,36	67,00	2,80	2,90	0,05	0,02	1,33	0,45	Arcilloso
MS-06-Villano A	Línea de flujo y sus acceso y Plataforma Villano A	A	0,15	6,60	0,24	2,93	43,00	3,50	1,90	0,20	0,04	15,46	3,74	Arcilloso - Franco Arcilloso
		B1	0,35	6,40	0,13	0,05	35,60	0,90	2,90	0,27	0,05	13,03	6,56	Franco Arcilloso
		B2	0,65	6,10	0,10	0,04	28,10	0,90	2,50	0,19	0,04	13,07	7,60	Franco Arcilloso

Fuente: AGROBIOLAB, agosto 2022; Levantamiento de campo, Entrix, julio- agosto 2022
 Elaborado por: Entrix, agosto 2022

Página en blanco

5.1.10.3.4 Taxonomía

Los suelos desde el punto de vista edafológico, del área geográfica del proyecto, se ubican fisiográficamente en el Gran Paisaje de la cuenca amazónica del Ecuador. Comprende un sistema bien definido en cuanto a la altitud topográfica, como de temperatura y humedad del suelo: topográficamente comprendido ente los de 320 a 520 msnm, cuyo régimen de humedad que predomina es Udico (el perfil del suelo permanece seco al menos tres meses al año); en cuanto a la temperatura, es Térmico a Isohitérmico ($T = 20$ a 22 °C).

Se ha identificado los siguientes tipos de suelos en relación a su taxonomía:

- > Orden: Inceptisoles. Suborden: Udepts y Aquepts. Subgrupos: Typic Dystrudepts; Humic Dystrudepts, Oxyaquic Eutrudepts, Oxic Dystrudepts; Dystric Eutrudepts, Fluventic Dystrudepts y Fluvaquentic Endoaquepts.
- > Orden: Ultisoles. Suborden: Udults. Subgrupo: Typic Paleudults
- > Orden: Entisoles. Suborden: Aquepts. Subgrupo: Humaqueptic Endoaquepts

A continuación, se describen las características generales de los materiales edáficos identificados en los paisajes más sobresalientes del sector, los cuales están cartografiados en el Anexo D. Cartografía, 5.1-12 Mapa de Suelos.

Inceptisoles

Los Inceptisoles son suelos de las regiones subhúmedas y húmedas que no han alcanzado a desarrollar caracteres diagnósticos de otros órdenes. Muestran horizontes alterados que han sufrido pérdida de bases, hierro y aluminio, pero conservan considerables reservas de minerales meteorizables. Se incluye un horizonte pobre en materia orgánica. Este tipo de suelo es el dominante y está presente en gran parte del sector estudiado incluyendo a la mayoría de los relieves. Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Mesa, dentro de las geoformas denominada: Superficie de cono de esparcimiento muy disectado, Valle fluvial, Terraza media, llanura de inundación y abruptos de cono de esparcimiento, en pendientes suaves a fuertes (>15- 70%).

- > El perfil de suelo descrito en la plataforma Siccha, calicata MS-01, es un *Oxyaquic Eutrudepts*, tiene las siguientes propiedades:
 - Presenta un perfil A/B1/B2, el horizonte A de 50 cm, de espesor, presenta textura arcillosa, de color negro, epipedón mólico de estructura granular, fina, débil, muy friable; luego aparecen horizontes B1 y B2, que en conjunto tienen 100 cm de espesor, de color marrón a marrón amarillento, friable de textura franco-arcillosa-arenosa a franco, de estructura granular fina a bloques medios, límite muy claro duro, poco firme en húmedo, muy plástico, con presencia de clastos de roca alterada.
 - Químicamente, se caracterizan por presentar reacción ligeramente ácida (5,9 a 5,6), la materia orgánica es baja en todo el perfil; el calcio es de elevado a alto, el fósforo es bajo a medio; el potasio bajo; el magnesio de alto a alto; la conductividad eléctrica es baja, el hierro es de alto a elevado; la saturación de aluminio es media a elevado, capacidad de intercambio catiónico es de medio a alta y la saturación de bases elevada.
- > El perfil de suelo descrito en la calicata MS-03-Siccha (vía de acceso da la plataforma Siccha) es un *Typic Dystrudepts*, tiene las siguientes propiedades:
 - Presenta un perfil A/B1/B2, el horizonte A de espesor 20 cm, presenta textura arcillosa, de color gris muy oscuro epipedón ócrito, estructura granular, fina, débil, muy friable, límite claro muy friable; luego aparecen horizontes B1 y B2, que en conjunto tienen 100 cm de espesor, de color castaño gris a castaño amarillento, de textura arcillosa, de estructura granular fina a bloques medios, duro, poco firme en húmedo, muy plástico.

- Químicamente, se caracterizan por presentar reacción ácida (5,10 a 5,40); la materia orgánica es de suficiente en el primer horizonte y baja en los horizontes inferiores; el calcio es bajo; el fósforo es bajo; el potasio bajo; el magnesio de alto a medio; el hierro es elevado; capacidad de intercambio catiónico es bajo y la saturación de bases es medio a elevado a medio.
- > El perfil de suelo descrito en la calicata MS-05-Paparawa es un *Fluvaquentic Endoaquepts*, tiene las siguientes propiedades:
 - Presenta un perfil Ap/B1/B2, el horizonte A de espesor 20 cm, presenta textura arcillosa, de color gris muy oscuro, estructura granular, fina, débil, muy friable, límite muy claro, muy friable; luego aparecen horizontes B1 y B2, de 0,30 y 0,40 cm de espesor respectivamente, de color castaño oscuro a castaño amarillento, de textura arcillosa franco arenosa, de estructura granular fina a bloques medios, de dureza media, poco firme en húmedo, muy plástico.
 - Químicamente, se caracterizan por presentar reacción ácida (4,90 a 5,40); la materia orgánica es de suficiente en el primer horizonte y baja en los horizontes inferiores; el calcio es bajo; el fósforo es bajo; el potasio bajo; el magnesio medio; el hierro es elevado; capacidad de intercambio catiónico es de bajo y la saturación de bases es bajo.

Ultisoles

Son aquellos suelos considerados los “hermanos pequeños” de los Alfisoles, simplemente porque la diferencia entre ambos es el porcentaje de saturación de bases; esta característica junto a la presencia de un horizonte argílico o un kándico y otras propiedades, darán lugar al desarrollo de estos suelos. El factor climático es uno de los más importantes, puesto que la precipitación favorece la translocación del material de una parte del perfil a zonas inferiores y mantiene el porcentaje de saturación de bases en sus niveles adecuados para pertenecer a este orden. Se pueden presentar en cualquier régimen de humedad del suelo excepto el arídico, así como en cualquier régimen de temperatura del suelo.

- > El subgrupo dominante es el Typic Paleudults, descrito en las calicatas MS6-Villano. Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Mesa, dentro de la geoforma denominada relieve colinado, en pendientes fuertes (>40- 70%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo Ap/B1/B2, superficial (15 cm), bien drenado y de escorrentía normal. Muestra un epipedón ócrico (Ap) de 15 cm de espesor, color pardo oscuro (7.5YR 3/2), textura arcilla franca arcillosa y estructura tipo granular. Subyace un horizonte argílico (B1) de 20 cm de espesor, color castaño gris (10YR 3/2), textura franca arcilla y estructura tipo bloques subangulares, presencia de abundantes revestimientos de arcilla. Continúa un horizonte argílico (B2) de 30 cm de espesor, color castaño amarillento (10YR 3/4), textura franca arcillosa y estructura tipo bloques subangulares.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH ligeramente ácido (6,60 a 6,10); con niveles medios a bajos de materia orgánica, el fósforo es bajo, el hierro de suficiente a alto, el potasio de medio a bajo, el calcio elevado en todo el perfil, el magnesio alto, el sodio bajo. La capacidad de intercambio catiónico es de medio a alta y la saturación de bases alta.

Entisoles

Este tipo de suelos están presentes en la unidad de paisaje corresponde a los cauces abandonados, meandros abandonados de los ríos Villano y Lliquino; son zonas relativamente planas, en dirección noroeste, con pendientes no mayores al 2%. Su litología consiste en depósitos aluviales de edad cuaternaria, donde se han desarrollado suelos de origen aluvial, en régimen de temperatura del suelo Térmico a Isohitérmico (T = 20 a 22 °C) y precipitaciones mayores a los 3000 mm al año.

- > Las características morfológicas y físicas del Subgrupo taxonómico, *Humaqueptic Endoaquents*, presentan un perfil tipo A/Cg1/Cg2, superficial (15 cm) a esta profundidad presenta toxicidad alta por

aluminio o acidez libre, mal drenado y de escorrentía normal. Muestra un epipedón ócrico (A) de 15 cm de espesor, color pardo-grisáceo muy oscuro (2.5Y 3/2), textura franca y estructura tipo masiva. Subyace un horizonte (Cg1) de 20 cm de espesor, color gris oscuro (2.5Y 4/1), textura franco-arcillo-limosa y estructura tipo masiva. Finalmente, un horizonte (Cg2) de 25 cm de espesor, color gris muy oscuro (2.5Y 3/1), textura franco-limosa y estructura tipo masiva. (Sigtierras 2015).

Su química indica que son suelos de pH ácido; con niveles altos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es alta y la saturación de bases baja. La principal característica es presentar endosaturación, y una saturación de bases menor a 50% dentro de 100 cm de profundidad. (Sigtierras 2015).

5.1.10.4 Cobertura Vegetal

5.1.10.4.1 Metodología

La cartografía fue elaborada a partir de la interpretación de una imagen satelital SPOT, resolución 1.5 m/pixel, de agosto 2020 y octubre 2021 y para su interpretación se tomaron criterios, tales como: tono, color, textura, tamaño y luego con trabajos de campo se llegó a definir los diferentes tipos de uso existentes en el sector. Anexo D Cartografía, 5.1-14 Mapa de Cobertura y Uso del Suelo.

A continuación, se detalla el tipo de cobertura vegetal existente en el área geográfica del proyecto. Es importante indicar que en la sección 5.2 Línea Base Biótica, se encuentra descrita en mayor detalle.

5.1.10.4.2 Bosque Maduro

Este es el tipo de vegetación, que domina en el área de estudio del punto control, se caracteriza por tener una continua estratificación vertical del bosque en donde se evidenció la presencia de especies emergentes que superan los 30 m de altura, como es el caso de *Phragmotheca* sp. 1 y *Parkia multijuga* (guarango).

El dosel es un estrato continuo con árboles que oscilan entre 20-30 m; entre las especies representativas están: *Iryanthera grandis* (sangre de gallina), *Parkia multijuga* (guarango), *Pterocarpus rohrii*, *Iriartea deltoidea* (pambil), *Socratea exorrhiza* (patona) y *Apeiba membranacea* (peine de mono). El subdosel se localiza entre los 10-20 m y sus especies más conspicuas son: *Minuartia guianensis* (wampula), *Hasseltia floribunda* (sara muyu), *Conceveiba rhytidocarpa* y *Guarea macrophylla* (tukuta). El sotobosque es abierto y alcanza los 10 m, está representado por varias especies arbustivas y árboles de pequeño porte, como es el caso de: *Browneopsis ucayalina*, *Hippotis elegantula*, *Matisia obliquifolia* (sacha zapote), *Tetrathylacium nutans*, entre otros. El último estrato corresponde al crecimiento bajo y está conformado por una gran variedad de herbáceas y arbustos de las familias Marantaceae, Zingiberaceae, Heliconiaceae, Araceae, Cyclanthaceae, Piperaceae, Melastomataceae, Rubiaceae y Gesneriaceae; además, se observa una alta diversidad de helechos.

Las especies epífitas vasculares (Bromeliaceae, Gesneriaceae, Ericaceae, Araceae, Orchidaceae y varias familias de helechos) y los briofitos (hepáticas, musgos, antoceros) son un componente importante en la composición, estructura y dinámica de estos bosques; se los encuentra creciendo sobre los troncos y ramas de sus forófitos, así como también sobre materia orgánica en descomposición y sobre el suelo.

5.1.10.4.3 Bosque Intervenido (Bi)

No se encontró este tipo de vegetación en el área de estudio ni en sus alrededores más próximos. Sin embargo, se evidenciaron varios senderos de cacería, los cuales son utilizados por los habitantes de los asentamientos humanos.

5.1.10.4.4 Cultivos (C)

La presencia de terrenos dedicados al cultivo de especies tradicionales (yuca, plátano, maíz, etc.) dentro del área de estudio y sus alrededores es evidente. El desbroce de la vegetación se lo realiza para el establecimiento de chacras.

5.1.10.4.5 Pastizales (P)

El desbroce de la cobertura boscosa para la creación de pastizales se evidenció en las áreas de evaluación de la línea de flujo, sus accesos y alrededores.

5.1.10.4.6 Cuerpo de agua (Ca)

Estas coberturas son minoritarias en el área geográfica, no llegando ninguna de ellas al 0,78% del área geográfica. La cobertura dominante es el río Villano

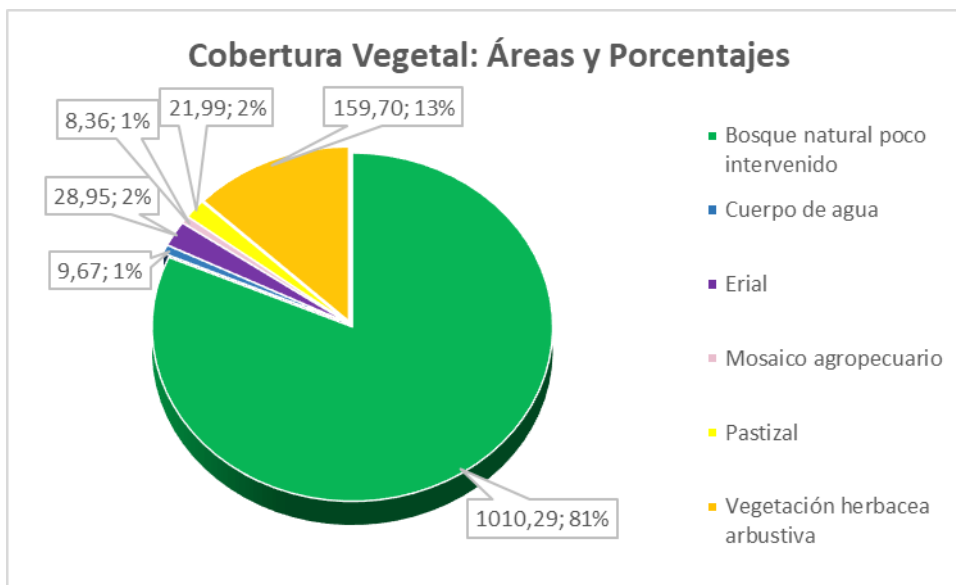


Figura 5-46 Cobertura Vegetal en Áreas (ha) y Porcentajes

Elaboración: Entrix, 2022

5.1.10.5 Capacidad de Uso del Suelo

La cartografía temática sobre las aptitudes agrícolas o capacidad de uso de la tierra es un ordenamiento sistemático de carácter práctico e interpretativo, fundamentado en la aptitud natural que presenta la tierra para producir constantemente bajo tratamiento continuo y usos específicos. Anexo D. Cartografía, 5.1-15 Mapa de Capacidad de Uso del Suelo.

5.1.10.5.1 Metodología

El sistema de clasificación utilizado está basado 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 geográfica.

El sistema básico de agrupación comprende los siguientes niveles o categorías:

- > Grupos de capacidad
- > Clases de capacidad
- > Subclases de capacidad.

Con el análisis, evaluación y correlación de factores, tales como: profundidad efectiva del suelo, pendiente del terreno, pedregosidad, riesgos de erosión, características químicas y clima, se logra obtener la información necesaria para la elaboración de la cartografía de Capacidad de Uso.

Los grupos de capacidad son cuatro: a) Tierras apropiadas para cultivos y otros usos; b) Tierras apropiadas para cultivos permanentes, pastos y aprovechamiento forestal; c) Tierras marginales para uso agropecuario, aptas, generalmente, para uso forestal con fines de protección; y d) Tierras no apropiadas para fines agropecuarios ni explotación forestal.

Las clases de capacidad son categorías menores de los grupos de capacidad y se diferencian unas de otras por el grado de limitaciones o riesgos.

- > En el primer grupo de capacidad se incluye a cuatro clases de capacidad, que van de la clase I a la IV, diferenciándose por el incremento de las limitaciones,
- > El segundo grupo está integrado por las clases V y VI,
- > El tercer grupo consta de solo la clase VII, y,
- > El cuarto grupo consta solo de la clase VIII, y presenta severas limitaciones que impiden el aprovechamiento agropecuario y forestal.

Las clases de capacidad comprenden, a su vez, subclases, las cuales están determinadas de acuerdo con la naturaleza de las limitaciones y en función de los siguientes factores: condición del suelo: profundidad efectiva (s1), textura, (s2), pedregosidad (s3), salinidad (s5) y toxicidad (s6), riesgos de erosión: (condiciones topográficas ligero (e1), moderado (e2), alto (e3), humedad del suelo: drenaje (h1) inundación (h2) y clima: isohipertérmicos (c1), isotérmico (c2).

La evaluación de las características morfológicas, químicas y de clima de los suelos, se analiza comparativamente con la pendiente del terreno (rangos de pendiente), que juega un papel importante debido a que se usa para establecer los límites de las clases.

En el área de estudio se ha identificado los siguientes grupos, clases y subclases de capacidad (Mapa 5.1-15 Mapa de Mapa de Capacidad de Uso del Suelo).

5.1.10.5.2 Tierras Generalmente Aptas para Cultivos Permanentes, Pasto y Aprovechamiento Forestal

Clase V

Clase de tierras que tienen limitaciones severas y continuas que no pueden ser corregidas fácilmente, son suelos moderadamente profundos, baja fertilidad y texturas generalmente finas, con alto escurrimiento de agua y peligros de erosión cuando son intervenidos inadecuadamente. El área de la plataforma Siccha se encuentran en esta clase.

El suelo, la pendiente, la baja fertilidad y el clima lluvioso impiden el normal desarrollo de cultivos anuales; permiten, con muchas limitaciones, el establecimiento de cultivos permanentes de carácter arbóreo o arbustivo que otorguen protección al suelo en sistemas mixtos (agroforestales).

Las subclases corresponden a: Ve2s4c1, Ve2s1s4h1c1, Ve2s1s4h1c1 y Ve2s1s2s4s6c1, por limitaciones de suelos y peligros de erosión.

Tierras marginales para uso agropecuario, aptas, generalmente, para uso forestal con fines de protección

Clase VI

Clase de tierras aptas para el aprovechamiento forestal, con limitaciones muy fuertes limitaciones severas y continuas que no pueden ser corregidas fácilmente, son suelos poco profundos, baja fertilidad y texturas generalmente finas, con alto escurrimiento de agua y peligros de erosión cuando son intervenidos

inadecuadamente. Ocupa áreas de relieves de colinas altas, abrupto de cono de esparcimiento y coluviones antiguos, con pendientes inferiores al 25 %.

El suelo, la pendiente, la baja fertilidad y el clima lluvioso impiden el normal desarrollo de cultivos anuales; permiten, con muchas limitaciones, el establecimiento de cultivos permanentes de carácter arbóreo o arbustivo que otorguen protección al suelo en sistemas mixtos (agroforestales).

Las subclases corresponden a: Vle2c1; Vle2s4c1; Vle2s1s4s6c1, por limitaciones de suelos y peligros de erosión.

Tierras marginales para uso agropecuario, aptas, generalmente, para uso forestal con fines de protección

Clase VII

Tienen limitaciones de uso como consecuencia de las deficiencias relacionadas a las características morfológicas de los suelos (textura, fertilidad), al relieve de laderas, socavado, con pendientes mayores al 45 % y por consiguiente a la moderada y/o alta susceptibilidad a la erosión pluvial.

Tierras inapropiadas para uso agropecuario; se presentan favorables para uso forestal con fines de protección.

Las subclases identificadas son: VIIe3s4c1, VIIe3s1s2s4s6c1 y VIIe3s1s4s6c1 por limitaciones de: erosión y suelos.

Tierras muy marginales para el uso agropecuario, con limitaciones muy fuertes. Deben ser para protección.

Clase VIII

Tierras con grandes limitaciones de uso como consecuencia de las deficiencias relacionadas a las características morfológicas de los suelos, drenaje muy deficiente y pobre fertilidad.

Tierras no apropiadas para uso agropecuario; se presentan favorables para uso forestal, con fines de protección. Ocupan áreas de los desbordes de los ríos y esteros, en zonas de niveles inferiores altos y vaguadas de colinas; actualmente bajo vegetación de carácter arbóreo natural, la que debe ser mantenida y protegida.

Las subclases identificadas son: VIIIe2s1s2s4s6c1 y VIIIe3s1s2s4s6c1 por limitaciones de suelos y deficiente drenaje.

5.1.10.6 Conflicto de Uso

5.1.10.6.1 Metodología

Cuando el equilibrio natural no se ve perturbado, los procesos naturales se desarrollan a un ritmo normal; sin embargo, el equilibrio se rompe al ser alterado produciendo efectos negativos al recurso suelo, como: erosión, degradación, pérdida de fertilidad, etc.

La sobreposición de la cartografía de capacidad de uso con la de cobertura vegetal y uso actual permitió, por medio de la matriz de interpretación, delimitar áreas de tierras que están en Uso Correcto, en Uso Factible o en Uso Incorrecto (Anexo D. Cartografía, 5.1-16 Mapa Conflicto de Uso).

Tabla 5-26 Matriz de Interpretación del Conflicto de Uso del Suelo

Cobertura Vegetal Capacidad de Uso	Bosque Natural Poco Intervenido (B1)	Bosque Secundario (B2)	Vegetación Arbustiva (Va)	Cultivo (C)	Mosaico Agropecuario (Ma)	Pastizal (P)	Erial (E)
IV	Correcto	Correcto	Correcto	Correcto-factible	Correcto-factible	Incorrecto	No aplica

Cobertura Vegetal Capacidad de Uso	Bosque Natural Poco Intervenido (B1)	Bosque Secundario (B2)	Vegetación Arbustiva (Va)	Cultivo (C)	Mosaico Agropecuario (Ma)	Pastizal (P)	Erial (E)
V	Correcto	Correcto	Correcto	Factible-correcto	Factible-correcto	Incorrecto	No aplica
VI	Correcto	Correcto	Correcto	Incorrecto	Incorrecto	Incorrecto	No aplica
VIII	Correcto	Correcto	Correcto	Incorrecto	Incorrecto	Incorrecto	No aplica

Fuente: Modificado del Esquema Metodológico para Obtener los Conflictos de Uso de las Tierras en Ecuador, de Sigtierras, 2017
 Elaboración: Entrix, octubre 2022

En el área geográfica se han identificado las siguientes categorías:

5.1.10.6.2 Uso Correcto (C)

Se determina cuando el uso actual coincide con la aptitud de la tierra propuesta, por lo que no se observan procesos que tiendan a degradar a los suelos; sin embargo, cuando estas tierras estén bajo actividades agropecuarias requerirán que se realicen prácticas de manejo.

5.1.10.6.3 Uso Factible (F)

Corresponden a áreas en las cuales sus tierras están siendo utilizadas con menor intensidad que su aptitud, por lo que pueden soportar un uso mayor.

La utilización más intensa de la tierra demandará tomar medidas de manejo técnico y socialmente adecuadas para evitar que se presenten conflictos.

5.1.10.6.4 Uso Incorrecto (I)

Corresponde a las clases de uso actual, en las que la aptitud de la tierra está siendo aprovechada en forma más intensiva que la que puede soportar, por lo que los procesos de deterioro se van a presentar reflejándose en el empobrecimiento de la tierra y, por ende, la baja producción y posterior abandono de estos suelos. La plataforma no se ubica en uso de suelo incorrecto.

5.1.11 Calidad de Aire

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

Los monitoreos de calidad de aire fueron realizados por el laboratorio AFH Services, acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE) (Anexo B. Documentos de Respaldo, B.1. Físico; B.1.3. Acreditación Laboratorio, Alcance Acreditación AFH).

5.1.11.1 Metodología

La metodología utilizada para realizar la medición de calidad de aire se basó en lo indicado en el Normativa Ambiental vigente. Los equipos, métodos y procedimientos utilizados se rigen bajo los requerimientos de la Norma de Calidad del Aire Ambiente o Nivel de Inmisión, Anexo 4, A. M. 097-A.

Los procedimientos y referencias utilizados en el monitoreo son:

- > Norma NTE ISO 17025:2017 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.

- > Registro Oficial N387, Acuerdo N097-A del Ministerio del Ambiente, publicado el 4 de noviembre de 2015.

El tiempo de medición total ha sido de 24 horas, sin embargo, los tiempos específicos se presentan a continuación:

Tabla 5-27 Detalle de Parámetros de Medición, Horas de Monitoreo y Límites Permisibles según el Anexo 4, Acuerdo Ministerial 097 A


Parámetros de Medición y Horas de Monitoreo Normativa Ambiental	Límite Permissible, Anexo 4 Acuerdo Ministerial 097 A, Acuerdo Ministerial 061 (sustitutivo del libro VI), TULSMA
Material particulado menor a 10 micrones (PM10): promedio aritmético de monitoreo continuo durante 24 horas.	100 µg/m ³
Material particulado menor a 2,5 micrones (PM2,5): promedio aritmético de monitoreo continuo durante 24 horas.	50 µg/m ³
Dióxido de azufre (SO ₂): medición durante 24 horas.	125 µg/m ³
Dióxido de azufre (SO ₂): valor en un periodo de diez minutos	500 µg/m ³
Monóxido de carbono (CO): promedio de la medición continua durante ocho horas.	10 000 µg/m ³
Monóxido de carbono (CO): máxima concentración de la medición durante una hora.	30 000 µg/m ³
Ozono (O ₃): máxima concentración de la medición continua en un periodo de ocho horas.	100 µg/m ³
Dióxido de nitrógeno (NO ₂): máxima concentración en una hora de medición continua.	200 µg/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 x 30 días)	1,0 mg/cm ² x 30 días





Fuente: Anexo 4, Acuerdo Ministerial 097-A
 Elaboración: Entrix, octubre 2022

5.1.11.1.1 Equipos Utilizados

La descripción de los equipos utilizados, el método de análisis y el límite de detección se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 5-28 Equipos Utilizados para la Medición

Equipo	Parámetro Técnica de Análisis	Método	Límite de Detección
E-BAM Mass Monitor Met One Instruments 	Material particulado PM ₁₀ Beta Atenuación	AFHPE15- USEPA EQPM 0798-122	1 ug
	Material Particulado PM _{2,5} Beta Atenuación		1 ug

Equipo	Parámetro Técnica de Análisis	Método	Límite de Detección
THERMO 43 i 	SO ₂ Fluorescencia	AFHPE15- USEPA EQSA 0486-060	0,001 ppm
THERMO 48 i 	CO Absorción de Energía Infrarroja	AFHPE15- USEPA RFCA - 0981-054	0,001 ppm
THERMO 42 i 	NO, NO ₂ , NO _x Quimiluminiscencia	AFHPE15- USEPA RFNA 1289-074	0,0001 ppm
THERMO 49 i 	Ozono O ₃ Absorción ultravioleta	AFHPE15- USEPA EQOA- 0880-047	0,0001 ppm

Fuente: AFH Services, septiembre 2022
 Elaboración por: Entrix, octubre 2022

5.1.11.1.2 Correcciones Aplicables

Los datos recolectados en campo están en condiciones de presión y temperatura del sitio de monitoreo. Para realizar la comparación respectiva con los límites máximos permitidos, se debe 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:

$$C_c = C_o \times \frac{760 \text{ mmHg}}{P_{bl}} \times \frac{(273,15 + t^{\circ}\text{C})K}{298,15K}$$

Donde:

C_c = Concentración corregida

C_o = Concentración observada

P_{bl} = Presión atmosférica local

t °C = Temperatura local

5.1.11.1.3 Parámetros Analizados

A continuación, se presenta una tabla con los parámetros analizados y los criterios de calidad establecidos en el Anexo 4 del Acuerdo Ministerial 097-A, que fueron comparados con los resultados del monitoreo.

Tabla 5-29 Parámetros Analizados y Criterios de Calidad de Aire

Contaminante	Legislación
PM ₁₀	El promedio aritmético de monitoreo continuo durante 24 horas no deberá exceder 100 µg/m ³ .
PM _{2,5}	El promedio aritmético de monitoreo continuo durante 24 horas no deberá exceder 50 µg/m ³ .
NO ₂	La concentración máxima en una hora no deberá exceder 200 µg/m ³ .
SO ₂	La concentración SO ₂ en 24 horas no deberá exceder 125 µg/m ³ .
CO	La concentración de monóxido de carbono de las muestras determinadas de forma continua, en un período de ocho horas, no deberá exceder 10 000 µg/m ³ .
O ₃	La máxima concentración de ozono obtenida mediante muestra continua en un período de ocho horas no deberá exceder de 100 µg/m ³ .
Partículas sedimentables	La máxima concentración de una muestra colectada durante 30 días de forma continua será de un miligramo por centímetro cuadrado (1 mg/cm ² x 30 días)

Fuente: Acuerdo Ministerial 097-A, 2015
Elaboración por: Entrix, octubre 2022

5.1.11.2 Ubicación de Puntos de Muestreo

Para el presente análisis se realizaron tres puntos de monitoreo en el área geográfica del proyecto, los cuales fueron efectuados por el Laboratorio Ambiental AFH, acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE-LEN-05-010) (Anexo B. Documentos de Respaldo, B.1. Físico, B.1.3. Acreditación Laboratorios). La cantidad y ubicación de los puntos de muestreo de calidad de aire se establecieron en función de la ubicación de la infraestructura en proceso de licenciamiento, la dirección del viento e infraestructura existente y receptores sensibles cercanos, razón por la que los sitios de muestreo seleccionados sirven para determinar la línea base con respecto a calidad del aire (Anexo D. Cartografía, 5.1-20 Mapa de Ubicación de Puntos de Medición de Calidad de Aire).




Los puntos CA1 y CA2 se ubican en los receptores sensibles definido como la comunidad Pandanque asociado a la línea de flujo y sus accesos (fase de explotación) y comunidad Paparawa asociado a la plataforma Siccha y vía de acceso (fase de perforación exploratoria y de avanzada), en estos puntos se aplicó la metodología establecida en el procedimiento técnico interno del Laboratorio AFHPE15 para Monitoreo de Calidad de Aire Ambiente los parámetros analizados con esta metodología corresponden a Gases; (CO, NO₂, SO₂, O₃) y Partículas contaminantes (PM₁₀, PM_{2,5} y partículas sedimentables).

El punto CA3 se ubica en el área donde se implementará la plataforma Siccha y vía de acceso (fase de exploración), considerando las condiciones de accesibilidad al área y capacidad de energía eléctrica requerida para el funcionamiento de los equipos de medición se aplicó la metodología de calidad de aire por método pasivo de los parámetros SO₂, NO₂ y O₃, cabe señalar que no existe método pasivo para CO (Monóxido de Carbono). (Anexo B. Documentos de Respaldo, B.1. Físico; B.1.3. Acreditación Laboratorios, Método Pasivo).

Por lo antes mencionado se establecieron 3 puntos de calidad de aire, que permitan caracterizar la plataforma Siccha, vía de acceso y su línea de flujo y sus accesos a ser implementada y cuyo recorrido llega a la plataforma Villano A.

El monitoreo fue realizado del 1 al 3 de agosto de 2022 para los parámetros: Material particulado (PM₁₀ y PM_{2,5}), SO₂, CO, NO_x, O₃, y del 2 de agosto al 2 de septiembre de 2022 para el parámetro partículas sedimentables (TSP), de acuerdo con los procedimientos y metodología que se señala en el AM 097-A.

Tabla 5-30 Ubicación de Puntos de Monitoreo de Calidad de Aire

Número de Muestra	Código de la Muestra	Coordenadas WGS 84 Zona 18 Sur		Fecha de Muestreo	Hora del Muestreo	Infraestructura Asociada	Descripción del sitio de muestreo	Fotografía
		Este (m)	Norte (m)					
1	CA1	226332,00	9835587,00	02/08/2022 03/08/2022	Inicio:13h00 Fin: 12h00	Comunidad Pandanuque Receptor sensible Línea de flujo y sus accesos (fase de explotación)	Punto de monitoreo ubicado en la Comunidad Pandanuque	
2	CA2	220337,00	9835176,00	01/08/2022 02/08/2022	Inicio:12h00 Fin: 11h00	Comunidad Paparawa Receptor sensible Plataforma Siccha y vía de acceso (fase de perforación exploratoria y e avanzada)	Punto de monitoreo ubicado en la Unidad Educativa Monte Sinai	
3	CA3	236392,00	9835521,00	02/08/2022 09/08/2022	Inicio:11h00 Fin: 11h00	PAD SICCHA	Punto de monitoreo ubicado en la Plataforma Siccha	

Fuente: AFH Services Cía. Ltda., septiembre 2022
 Elaboración por: Entrix, octubre 2022

Página en blanco

5.1.11.3 Análisis de Resultados

En la Tabla 5-31 se muestra el resumen de los valores obtenidos en los puntos de monitoreo considerados para el presente proyecto.

Tabla 5-31 Resultados del Monitoreo de Calidad de Aire

Parámetros	Unidades	Concentraciones máximas permitidas A.M.097-A	CA1	CA2	CA3
			02-03/08/2022	01-02/08/2022	02-09/08/2022
		Este (m)	226362,00	220337,00	236392,00
		Norte (m)	9835587,00	9935176,00	9835521,00
Gases					
CO	(ug/m ³)	10 000 (8 horas)	219	185	-
NO ₂	(ug/m ³)	200 (1 hora)	1	5	1,43
SO ₂	(ug/m ³)	125 (24 horas)	6	7	5,45
O ₃	(ug/m ³)	100 (8 horas)	20	19	6,33
Partículas Contaminantes del Aire Ambiente					
PM10	(ug/m ³)	100 (24 horas)	15	8	-
PM 2,5	(ug/m ³)	50 (24 horas)	7	4	-
Partículas sedimentables	mg/cm ² x 30 días	1 (30 días)	0,61	0,12	0,2

Fuente: AFH Services Cía. Ltda., septiembre 2022
 Elaboración por: Entrix, octubre 2022

Los informes de resultados constan en el Anexo B. Documentos de Respaldo, B.1. Físico, B.1.4. Resultados de Laboratorio, B.1.4.5. Aire. Los puntos de monitoreo se presentan en el Anexo D. Cartografía, 5.1-20 Mapa de Ubicación de Puntos de Medición de Calidad de Aire.

Los resultados obtenidos del trabajo de campo fueron comparados con las concentraciones máximas establecidas en el Anexo 4 del Acuerdo Ministerial 097-A, conforme lo estipulado en el Acuerdo Ministerial 100-A. Los puntos monitoreados indican el cumplimiento de todos los parámetros analizados, como se puede observar en la Tabla 5-31.

5.1.11.4 Conclusión

Durante el monitoreo realizado para el presente estudio, todos los parámetros analizados, como monóxido de carbono [CO], óxido de nitrógeno [NO₂], óxidos de azufre [SO₂], ozono [O₃], material particulado [PM10 y PM_{2,5}] y partículas sedimentables, se encuentran por debajo de los criterios de calidad establecidos en el A. M. 097-A.

5.1.12 Hidrología y Calidad de Agua

5.1.12.1 Hidrología

La hidrología del área geográfica del proyecto está descrita en función de las unidades hidrográficas identificadas en dicha; busca determinar la calidad del agua de los cursos hídricos más representativos obteniendo valores referenciales de su condición ambiental actual, que servirán de base al compararlos con datos que se generan durante las actividades de implementación y el posterior monitoreo de la ejecución del proyecto.

5.1.12.1.1 Unidades Hidrográficas

Metodología

Basado en la información secundaria existente y la información de campo, se describen los sistemas y unidades hidrográficas del área geográfica, conforme la metodología Pfasftetter²; evaluando la información hidrodinámica de las unidades hidrográficas y los fenómenos relacionados con esta, así como la calidad de los cuerpos de agua principales existentes.

La caracterización de la hidrología es relevante, por cuanto su conocimiento resulta imprescindible para el entendimiento del comportamiento del medio físico de la zona y su relación con los potenciales impactos durante el desarrollo del proyecto.

Los cuerpos hídricos están estrechamente ligados al contexto geográfico: relieve, naturaleza, grado de meteorización de las rocas, cobertura vegetal, uso del suelo y clima, los cuales se combinan para establecer las características de la hidrología.

De conformidad con el convenio interinstitucional suscrito entre la SENAGUA³, la Secretaría General de la Comunidad Andina de Naciones (CAN) y la UICN (Unión Nacional para la Conservación de la Naturaleza), en mayo del 2009 se elaboró el mapa de Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas del Ecuador, mediante la aplicación de la metodología Pfasftetter, escala 1:250 000, nivel 5.

Mediante Resolución No. 2011-245 del 24 de marzo de 2011, de la SENAGUA, se aprobó oficialmente el mapa arriba mencionado, al igual que la metodología Pfasftetter, desarrollada en Brasil en 1989. Dicha metodología se detalla en el “Manual de Procedimientos de Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas, Caso: Ecuador”, elaborado por la UICN en el 2009. El manual fue desarrollado con la finalidad de presentar las pautas técnicas de un sistema semiautomático para delimitar y codificar las unidades hidrográficas del Ecuador, aplicando la metodología Pfasftetter para la división y codificación, así como técnicas de análisis espacial ráster para la delimitación.

La determinación de las unidades hidrográficas y sus características físicas para el área del proyecto se realizó sobre la base de información cartográfica oficial del Instituto Geográfico Militar a escala 1:50 000 aplicando la metodología Pfasftetter, “Manual de Procedimientos de Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas, Caso: Ecuador”; en función del Acuerdo Ministerial No. 2017-0023 del 15 de noviembre de 2017 (vigente a la fecha), de la en ese entonces Secretaría Nacional del Agua, SENAGUA.

A continuación, se detallan las unidades hidrográficas presentes en el área geográfica del proyecto.

² Mediante Resolución No. 2011-245, emitida por la Secretaría Nacional del Agua el 24 de marzo de 2011, la Secretaría Nacional del Agua aprueba la metodología Pfasftetter para la delimitación y codificación de unidades hidrográficas del Ecuador, así como el Mapa de Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas del Ecuador en escala 1:250 000 hasta el nivel 5, elaborado por la SENAGUA con la metodología antes mencionada. En este sentido, se declara de aplicación obligatoria el Mapa aprobado en todos los procesos oficiales de ordenamiento de unidades hidrográficas.

Dicha metodología se encuentra detallada en el “Manual de Procedimientos de Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas, Caso: Ecuador”, elaborado por la UICN en el 2009. El Manual fue desarrollado con la finalidad de presentar las pautas técnicas de un sistema semiautomático para delimitar y codificar las unidades hidrográficas del Ecuador, aplicando la metodología Pfasftetter para la división, codificación y técnicas de análisis espacial ráster para la delimitación.

Este documento describe la generación automática de las unidades hidrográficas con el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), desde modelos digitales de elevación (MDE), redes de drenaje hasta la obtención de las unidades hidrográficas.

³ Mediante Decreto Ejecutivo Nro. 1007 de 04 de marzo de 2020 se ejecutó la fusión del Ministerio del Ambiente (MAE) y la Secretaría del Agua (SENAGUA), creando el Ministerio del Ambiente y Agua; actualmente denominado el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE).

Tabla 5-32 Unidades Hidrográficas del Proyecto

Unidad Hidrográfica Pfasftetter	Código	Nivel	Nombre del Drenaje
Unidad Hidrográfica 497849463	497849463	Nivel Jerárquico 9	RÍO LLIQUINO
Unidad Hidrográfica 49784947	49784947	Nivel Jerárquico 8	RÍO VILLANO
Unidad Hidrográfica 497849462	497849462	Nivel Jerárquico 9	RÍO S/N
Unidad Hidrográfica 497849461	497849461	Nivel Jerárquico 9	RÍO LLIQUINO
Unidad Hidrográfica 497849491	497849491	Nivel Jerárquico 9	RÍO VILLANO
Unidad Hidrográfica 497849492	497849492	Nivel Jerárquico 9	RÍO S/N
Unidad Hidrográfica 4978494931	4978494931	Nivel Jerárquico 10	RÍO VILLANO
Unidad Hidrográfica 4978494932	4978494932	Nivel Jerárquico 10	RÍO S/N
Unidad Hidrográfica 4978494933	4978494933	Nivel Jerárquico 10	RÍO VILLANO

Fuente: Pfasftetter Metodología, Entrix, agosto 2022
 Elaborado por: Entrix, octubre 2022

A pesar de que la autoridad competente ha establecido el uso del método Pfasftetter, que no realiza una clasificación en unidad, subunidad y microunidad hidrográfica, a continuación, se presenta una clasificación de los niveles superiores en los que se encuentran las unidades del proyecto:

Página en blanco

Tabla 5-33 Características de las Unidades Hidrográficas del área geográfica

Nombre del Drenaje	Pfasftetter			Características Principales					
	Unidad Hidrográfica Pfasftetter	Codificación	Nivel	Área (km ²)	Perímetro (km)	Longitud del Cauce Principal (km)	Longitud Media del Cauce Principal (km)	Longitud de los Cauces Secundarios (km)	Dirección del Drenaje
RÍO LLIQUINO	Unidad Hidrográfica 497849463	497849463	9	36,25	35,62	19,34	9,33	1,49	E-O
RÍO VILLANO	Unidad Hidrográfica 49784947	49784947	8	24,31	27,62	13,24	6,69	1,78	E-O
RÍO S/N	Unidad Hidrográfica 497849462	497849462	9	4,49	11,34	5,54	4,34	0,71	SE-NO
RÍO LLIQUINO	Unidad Hidrográfica 497849461	497849461	9	22,59	34,37	16,04	8,85	1,23	E-SO
RÍO VILLANO	Unidad Hidrográfica 497849491	497849491	9	22,85	26,68	20,50	9,43	0,95	E-O
RÍO S/N	Unidad Hidrográfica 497849492	497849492	9	5,49	12,44	6,01	4,35	0,95	S-N
RÍO VILLANO	Unidad Hidrográfica 4978494931	4978494931	10	10,00	14,13	6,65	3,07	1,23	E-O
RÍO S/N	Unidad Hidrográfica 4978494932	4978494932	10	2,91	8,24	4,05	2,75	0,50	SE-NO
RÍO VILLANO	Unidad Hidrográfica 4978494933	4978494933	10	19,75	22,07	8,79	6,00	2,53	E-O

Fuente: Metodología Pfasftetter, Entrix, agosto 2022
 Elaborado por: Entrix, octubre 2022

Página en blanco

Con estas características se puede determinar la configuración de las unidades hidrográficas dentro de cada zona de estudio por medio de índices o coeficientes que relacionan el movimiento del agua y las respuestas de la cuenca a estos movimientos. Las variables para calcular serán: la forma de la unidad hidrográfica, en base al coeficiente de compacidad (K_c) y al coeficiente de forma (K_f); la densidad de drenaje (D_d) de la unidad hidrográfica, en base a la longitud total de los cauces; y, la sinuosidad del cauce principal, para lo cual se utilizaron las siguientes relaciones:

Coeficiente de Forma (k_f)

Es uno de los parámetros que explica la elongación de una unidad hidrográfica. Este parámetro está definido por la siguiente expresión:

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

Donde⁴:

A, área de la unidad hidrográfica, km²

L, longitud del cauce principal, km

Es un parámetro adimensional y la longitud de la unidad hidrográfica puede considerarse según tres criterios diferentes: la longitud del cauce principal considerando su sinuosidad, la longitud del cauce principal considerando su eje o la distancia en línea recta entre el punto de control de la cuenca y el punto más alejado de este punto (López Cadenas de Llano & Mintegui Aguirre, 1987).

En la siguiente tabla se muestra la forma que puede adoptar una unidad hidrográfica según los rangos aproximados del factor de forma.

Tabla 5-34 Rangos Aproximados del Factor de Forma

Factor de Forma (valores aproximados)	Forma de la Unidad Hidrográfica
<0,22	Muy alargada
0,22 a 0,30	Alargada
0,30 a 0,37	Ligeramente alargada
0,37 a 0,45	Ni alargada ni ensanchada
0,45 a 0,60	Ligeramente ensanchada
0,60 a 0,80	Ensanchada
0,80 a 1,20	Muy ensanchada
>1,20	Rodeando el desagüe

Fuente: Metodología Pfafstetter, Entrix, agosto 2022

Elaborado por: Entrix, octubre 2022

Coeficiente de Compacidad (k_c)

Establece la relación entre el perímetro de la unidad hidrográfica y el perímetro de una circunferencia de área equivalente a la superficie de la unidad hidrográfica correspondiente. Este índice representa la forma de la superficie de la unidad hidrográfica según su delimitación y su influencia sobre los escurrimientos, y el hidrograma resultante de una precipitación (López Cadenas de Llano & Mintegui Aguirre, 1987).

⁴ Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas del Ecuador; Metodología Pfafstetter, SENAGUA 2009

De otra manera, este índice se basa en la comparación con una unidad hidrográfica ideal de forma circular con sus cauces dispuestos radialmente y que desembocan en el punto central (López Cadenas de Llano, 1998). Se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$K_c = \frac{0,28 P}{A^{0,5}}$$

Donde⁵:

A, área de la unidad hidrográfica, km²

P, perímetro de la unidad hidrográfica, km

Cuando el valor de K_c tienda a uno, la unidad hidrográfica tendrá una forma casi circular. Esto significa que las crecientes tendrán mayor coincidencia debido a que los tiempos de concentración de los diferentes puntos de la unidad hidrográfica serán iguales. El tiempo de concentración consiste en la duración necesaria para que una gota de agua que cae en el punto más alejado de la cuenca llegue al punto de salida o desembocadura. En cuencas muy alargadas, el valor de K_c sobrepasa a 2, como se puede observar en la siguiente figura:

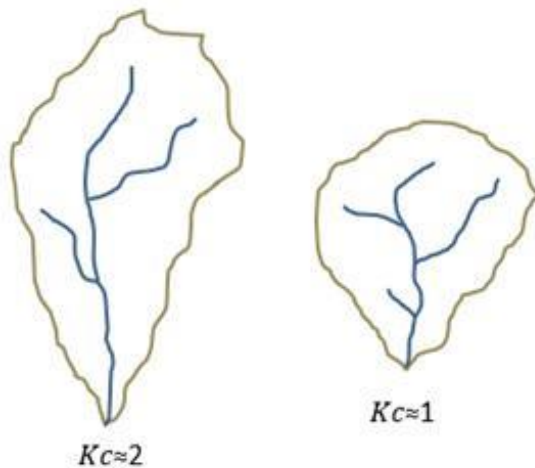


Figura 5-47 Comparación de la Forma de Unidades Hidrográficas según K_c

Fuente: Metodología Pfafstetter, Entrix, agosto 2022
Elaborado por: Entrix, octubre 2022

Densidad de Drenaje (Dd)

Este parámetro indica la relación entre la longitud total de los cursos de agua irregulares y regulares de la unidad hidrográfica y la superficie total de esta. De otra manera, expresa la capacidad de desalojar un volumen de agua dado (López Cadenas de Llano, 1998). Este parámetro es muy representativo respecto a la topografía de la unidad hidrográfica.

Valores mínimos de esta relación están asociados a regiones con materiales de suelo poco erosionables, baja cubierta de vegetación y pendientes planas. Mientras que, valores altos refieren a que las precipitaciones intervienen rápidamente sobre las descargas de los ríos. Se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$D_d = \frac{L_T}{A}$$

⁵ Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas del Ecuador; Metodología Pfafstetter, SENAGUA 2009

Donde⁶:

A, área de la unidad hidrográfica, km²

LT, longitud total de los cauces, km

Tabla 5-35 Rangos Aproximados de la Densidad del Drenaje

Densidad de Drenaje (valores aproximados)	Clases
0,1 a 1,8	Baja
1,9 a 3,6	Moderada
3,7 a 5,6	Alta

Fuente: Metodología Pfafstetter, Entrix, agosto 2022

Elaborado por: Entrix, octubre 2022

Sinuosidad (Si)

Es el índice que representa la distancia en la que el trazado del río se aparta de una línea recta. Se mide por la relación entre la distancia que separa dos puntos a lo largo de la parte más profunda del cauce y la distancia en línea recta entre ellos. Un cauce en línea recta tiene una sinuosidad de 1, mientras que se describen los ríos como meándricos cuando la sinuosidad es mayor que 1,5 (López Cadenas de Llano & Mintegui Aguirre, 1987). Se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$Si = \frac{L}{L_m}$$

Donde:

L, longitud del cauce principal, km

Lm, longitud media del cauce principal en línea recta o curva, km

Análisis de Resultados

En las siguientes tablas se presentan los resultados de los cálculos antes mencionados.

Tabla 5-36 Coeficientes a partir de los Parámetros Fisiográficos de las Unidades Hidrográficas Analizadas

Unidad Hidrográfica Pfafstetter	Nombre del Drenaje	Código	Nivel	Coefficiente de Forma (kf)	Coefficiente de Compacidad (kc)	Densidad de Drenaje (Dd) (km/km ²)	Sinuosidad (Si)
Unidad Hidrográfica 497849463	RÍO LLIQUINO	497849463	9	0,10	1,66	0,04	2,07
Unidad Hidrográfica 49784947	RÍO VILLANO	49784947	8	0,14	1,57	0,07	1,98
Unidad Hidrográfica 497849462	RÍO S/N	497849462	9	0,15	1,50	0,16	1,28

⁶ Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas del Ecuador; Metodología Pfafstetter, SENAGUA 2009

Unidad Hidrográfica Pfasftetter	Nombre del Drenaje	Código	Nivel	Coefficiente de Forma (kf)	Coefficiente de Compacidad (kc)	Densidad de Drenaje (Dd) (km/km ²)	Sinuosidad (Si)
Unidad Hidrográfica 497849461	RÍO LLIQUINO	497849461	9	0,09	2,03	0,05	1,81
Unidad Hidrográfica 497849491	RÍO VILLANO	497849491	9	0,05	1,56	0,04	2,17
Unidad Hidrográfica 497849492	RÍO S/N	497849492	9	0,15	1,49	0,17	1,38
Unidad Hidrográfica 4978494931	RÍO VILLANO	4978494931	10	0,23	1,25	0,12	2,17
Unidad Hidrográfica 4978494932	RÍO S/N	4978494932	10	0,18	1,35	0,17	1,47
Unidad Hidrográfica 4978494933	RÍO VILLANO	4978494933	10	0,26	1,39	0,13	1,46

Fuente: Metodología Pfasftetter, Entrix, agosto 2022
 Elaborado por: Entrix, octubre 2022

Coefficiente de Forma (kf)

Tabla 5-37 Análisis de Resultados del Coeficiente de Forma (kt)

Unidad Hidrográfica Pfasftetter	Nombre del Drenaje	Nivel	Coefficiente de Forma (kf)	Forma de la Unidad Hidrográfica
Unidad Hidrográfica 497849463	RÍO LLIQUINO	9	0,10	Muy alargada
Unidad Hidrográfica 49784947	RÍO VILLANO	8	0,14	Muy alargada
Unidad Hidrográfica 497849462	RÍO S/N	9	0,15	Muy alargada
Unidad Hidrográfica 497849461	RÍO LLIQUINO	9	0,09	Muy alargada
Unidad Hidrográfica 497849491	RÍO VILLANO	9	0,05	Muy alargada
Unidad Hidrográfica 497849492	RÍO S/N	9	0,15	Muy alargada
Unidad Hidrográfica 4978494931	RÍO VILLANO	10	0,23	Alargada
Unidad Hidrográfica 4978494932	RÍO S/N	10	0,18	Muy alargada
Unidad Hidrográfica 4978494933	RÍO VILLANO	10	0,26	Alargada

Fuente: Metodología Pfasftetter, Entrix, agosto 2022
 Elaborado por: Entrix, octubre 2022

Coefficiente de Compacidad (kc)

Tabla 5-38 Análisis de Resultados del Coeficiente de Compacidad (kc)

Unidad Hidrográfica Pfasftetter	Nombre del Drenaje	Nivel	Coefficiente de Compacidad (kc)	Forma de la Unidad Hidrográfica
Unidad Hidrográfica 497849463	RÍO LLIQUINO	9	1,66	Circular-alargada

Unidad Hidrográfica Pfasftetter	Nombre del Drenaje	Nivel	Coefficiente de Compacidad (kc)	Forma de la Unidad Hidrográfica
Unidad Hidrográfica 49784947	RÍO VILLANO	8	1,57	Circular-alargada
Unidad Hidrográfica 497849462	RÍO S/N	9	1,50	Circular-alargada
Unidad Hidrográfica 497849461	RÍO LLIQUINO	9	2,03	Circular-muy alargada
Unidad Hidrográfica 497849491	RÍO VILLANO	9	1,56	Circular-alargada
Unidad Hidrográfica 497849492	RÍO S/N	9	1,49	Circular-alargada
Unidad Hidrográfica 4978494931	RÍO VILLANO	10	1,25	Circular-alargada
Unidad Hidrográfica 4978494932	RÍO S/N	10	1,35	Circular-alargada
Unidad Hidrográfica 4978494933	RÍO VILLANO	10	1,39	Circular-alargada

Fuente: Metodología Pfasftetter, Entrix, agosto 2022
 Elaborado por: Entrix, octubre 2022

Densidad de Drenaje (Dd)

Tabla 5-39 Análisis de Resultados de la Densidad de Drenaje (Dd)

Unidad Hidrográfica Pfasftetter	Nombre del Drenaje	Nivel	Densidad de Drenaje (Dd) (km/km ²)	Rangos Aproximados
Unidad Hidrográfica 497849463	RÍO LLIQUINO	9	0,04	Baja
Unidad Hidrográfica 49784947	RÍO VILLANO	8	0,07	Baja
Unidad Hidrográfica 497849462	RÍO S/N	9	0,16	Baja
Unidad Hidrográfica 497849461	RÍO LLIQUINO	9	0,05	Baja
Unidad Hidrográfica 497849491	RÍO VILLANO	9	0,04	Baja
Unidad Hidrográfica 497849492	RÍO S/N	9	0,17	Baja
Unidad Hidrográfica 4978494931	RÍO VILLANO	10	0,12	Baja
Unidad Hidrográfica 4978494932	RÍO S/N	10	0,17	Baja
Unidad Hidrográfica 4978494933	RÍO VILLANO	10	0,13	Baja

Fuente: Metodología Pfasftetter, Entrix, agosto 2022
 Elaborado por: Entrix, octubre 2022

Sinuosidad (Si)

Tabla 5-40 Análisis de Resultados de Sinuosidad (Si)

Unidad Hidrográfica Pfasftetter	Nombre del Drenaje	Nivel	Sinuosidad (Si)	Tipo de Cauce
Unidad Hidrográfica 497849463	RÍO LLIQUINO	9	2,07	Meándrico
Unidad Hidrográfica 49784947	RÍO VILLANO	8	1,98	Meándrico

Unidad Hidrográfica Pfasftetter	Nombre del Drenaje	Nivel	Sinuosidad (Si)	Tipo de Cauce
Unidad Hidrográfica 497849462	RÍO S/N	9	1,28	Lineal
Unidad Hidrográfica 497849461	RÍO LLIQUINO	9	1,81	Meándrico
Unidad Hidrográfica 497849491	RÍO VILLANO	9	2,17	Meándrico
Unidad Hidrográfica 497849492	RÍO S/N	9	1,38	Lineal
Unidad Hidrográfica 4978494931	RÍO VILLANO	10	2,17	Meándrico
Unidad Hidrográfica 4978494932	RÍO S/N	10	1,47	Lineal
Unidad Hidrográfica 4978494933	RÍO VILLANO	10	1,46	Lineal

Fuente: Metodología Pfasftetter, Entrix, agosto 2022

Elaborado por: Entrix, octubre 2022

5.1.12.1.2 Hidrometría y Cálculo de Caudales

La hidrometría es una rama de la hidrología, encargada de la medición del agua que circula por una sección en un tiempo determinado.

La ecuación de caudal se detalla a continuación:

$$Q = A * V$$

Donde:

Q: caudal (m³/s)

A: área de la sección transversal (m²)

V: velocidad media del agua (m/s)

A continuación, se detalla el cálculo de las características hidrométricas de los cuerpos hídricos muestreados como parte de la línea base del presente informe (Anexo B. Documentos de Respaldo, B.1. Físico, B.1.5. Hojas de Campo) (Anexo D. Cartografía, 5.1-18 Mapa de Ubicación de Puntos de Medición de Calidad de Agua e Hidrológico).

Tabla 5-41 Cálculo de Caudales de los Cuerpos Hídricos Muestreados

Cálculo de Caudales													
Infraestructura Asociada	Código de la Muestra	Coordenadas WGS 84 18 Sur			Nombre del Cuerpo de Agua	Tipo	Cálculo del Volumen de los Cuerpos de Agua				Cálculo de Caudal [Q (m³/s)]		
		Este (m)	Norte (m)	Fecha			Ancho Cuerpo de Agua (m)	Profundidad Cuerpo de Agua (m)	Longitud de Medición (m)	Área de la Sección (m²)	Tiempo (s)	Velocidad de Flujo (m/s)	Caudal (m³/s)
Línea de flujo	AG-01-Paparawa	231050,00	9835123,00	04/08/2022	Estero S/N	Lotico	2,0	0,2	2,0	0,4	4,78	0,41	0,16
Línea de flujo	AG-02 - Paparawa	231244,00	9835126,00	04/08/2022	Estero S/N	Lotico	1,0	0,30	4,0	0,30	10,18	0,39	0,12
Línea de flujo	AG-03 – Paparawa	232309,00	9834799,00	03/08/2022	Estero S/N	Lotico	2,0	0,30	3,0	0,60	8,57	0,35	0,21
Línea de flujo	AG-04 – Paparawa	232730,00	9834469,00	03/08/2022	Estero S/N	Lotico	3,0	0,20	6,0	0,60	11,2	0,53	0,32
Línea de flujo	AG-05 – Paparawa	232875,00	9834446,00	03/08/2022	Estero S/N	Lotico	2,0	0,6	6,0	1,20	11,27	0,53	0,64
Línea de flujo Acceso 2	AG-06 – Paparawa	233250,00	9834600,00	03/08/2022	Estero S/N	Lotico	1,0	0,30	3,0	0,30	9,37	0,32	0,10
Línea de flujo	AG-07 – Paparawa	233663,00	9834691,00	03/08/2022	Estero S/N	Lotico	1,0	0,10	2,0	0,10	7,8	0,25	0,03
Línea de flujo	AG-08 – Paparawa	233858,00	9834649,00	05/08/2022	Estero S/N	Lotico	1,5	0,30	2,0	0,45	10,8	0,19	0,09
Línea de flujo	AG-09 – Paparawa	234043,00	9834437,00	02/08/2022	Estero S/N	Lotico	3,0	1,50	2,0	4,50	8,4	0,24	1,08
Línea de flujo	AG-10 – Paparawa	234524,00	9834153,00	02/08/2022	Estero S/N	Lotico	2,0	0,3	3,0	0,60	21,8	0,14	0,08
Línea de flujo	AG-11 - Paparawa	234840,00	9833966,00	02/08/2022	Estero S/N	Lotico	2,0	0,40	1,0	0,8	8,2	0,12	0,10
Línea de flujo	AG-12 - Paparawa	234869,00	9834142,00	02/08/2022	Estero S/N	Lotico	1,0	0,20	1,0	0,20	14,4	0,069	0,01
PAD SICCHA	AG-13 -Siccha	237247,00	9835697,00	18/03/2022	Estero S/N	Lotico	1,5	0,15	1,0	0,22	7	0,14	0,032
PAD SICCHA	AG-14 – Siccha	237046,00	9835681,00	19/03/2022	Estero Pambayacu	Lotico	4	0,3	6,0	1,2	11,8	0,51	0,61
PAD SICCHA	AG-15 – Siccha	236759,00	9835561,00	18/03/2022	Estero S/N	Lotico	1	0,15	1,0	0,15	4,6	0,22	0,033
PAD SICCHA	AG-16 - Siccha	236397,00	9835495,00	18/03/2022	Estero S/N	Lotico	1,5	0,15	1,0	0,22	8,4	0,12	0,027
PAD SICCHA	AG-17 – Siccha	236567,00	9835725,00	18/03/2022	Estero S/N	Lotico	3	0,5	2,0	3	5,4	0,37	0,56
PAD SICCHA	AG-18 – Siccha	236377,00	9835730,00	18/03/2022	Estero S/N	Lotico	3	0,4	3,0	3,6	8,4	0,36	0,43
PAD SICCHA	AG-19 – Siccha	236209,00	9835708,00	18/03/2022	Estero S/N	Lotico	3	0,4	3,0	3,6	12,2	0,24	0,29
PAD SICCHA	AG-20 – Siccha	236519,00	9835336,00	18/03/2022	Estero Pambayacu	Lotico	0,5	0,15	1,0	0,07	43	0,02	0,0015
Plataforma Villano A	AG-21 – Villano A	227507,00	9838440,00	26/07/2022	Estero S/N	Lotico	12,0	2,0	10,0	24	8,32	1,2	28,8
Línea de flujo – Plataforma Villano A	AG-22 – Villano A	226934,00	9836411,00	27/07/2022	Estero S/N	Lotico	0,6	0,3	3,0	0,18	8	0,38	0,07
Línea de flujo	AG-22	230606,00	9835262,00	7/1/2023	Estero S/N	Lotico	3	0,3	6	0,9	7,67	0,78	0,70
Línea de flujo	AG-23	230269,00	9835399,00	7/1/2023	Estero S/N	Lotico	0,8	0,2	3	0,16	6,82	0,44	0,07
Línea de flujo	AG-24	229942,00	9835468,00	7/1/2023	Estero S/N	Lotico	2	0,3	6	0,6	8,27	0,73	0,44
Acceso 4	AG-25	229206,00	9835452,00	7/1/2023	Estero S/N	Lotico	2	0,3	4	0,6	6,16	0,65	0,39
Línea de flujo	AG-26	226191,00	9836265,00	7/1/2023	Estero S/N	Lotico	1,5	0,3	5	0,45	6,11	0,82	0,37
Punto de caracterización aguas arriba del área Geográfica	AG-27	225947,00	9836088,00	7/1/2023	Río Villano	Lotico	80	4	5	320	5,77	0,87	277,30

Cálculo de Caudales													
Infraestructura Asociada	Código de la Muestra	Coordenadas WGS 84 18 Sur			Nombre del Cuerpo de Agua	Tipo	Cálculo del Volumen de los Cuerpos de Agua				Cálculo de Caudal [Q (m³/s)]		
		Este (m)	Norte (m)	Fecha			Ancho Cuerpo de Agua (m)	Profundidad Cuerpo de Agua (m)	Longitud de Medición (m)	Área de la Sección (m²)	Tiempo (s)	Velocidad de Flujo (m/s)	Caudal (m³/s)
Acceso 1	AG-28	235544,00	9834351,00	7/1/2023	Estero S/N	Lotico	0,8	0,15	3	0,12	6,06	0,50	0,06

Elaborado por: Entrix, enero 2023

5.1.12.2 Hidrogeología

Las características hidrogeológicas regionales del área geográfica se analizaron sobre la base de la litología y grado de permeabilidad estimada, debido a porosidad intergranular y/o fracturamiento que presentan las formaciones geológicas aflorantes en el sector; estos factores determinan la posibilidad de contener acuíferos de variadas características.

5.1.12.2.1 Metodología

Para la elaboración del Mapa Hidrogeológico Regional del Proyecto, se empleó la metodología propuesta por la UNESCO (1995), el Mapa I Mapa Geológico del sector a 1: 50 000 (Anexo B. Cartografía, 5.1-8 Mapa Geológico) y la base topográfica del área a escala 1: 50 000, teniendo como referencia el Mapa Hidrogeológico del Ecuador, SENAGUA, 2015 escala 1: 100 000. Además, se empleó el Inventario de pozos y vertientes de SENAGUA, 2015.

Para aplicar la metodología, se realiza una conceptualización general del comportamiento hidrogeológico de las unidades de roca y sedimentos, las cuales consideran los siguientes tipos:

Acuíferos: Unidad de roca o sedimento, capaz de almacenar y transmitir agua, entendida como el sistema que involucra las zonas de recarga tránsito y descarga, así como sus interacciones con otras unidades similares, aguas superficiales y marinas.

Acuitardos: Formación geológica que, conteniendo apreciables cantidades de agua, la transmiten muy lentamente, por lo que no son aptos para el emplazamiento de captaciones de aguas subterráneas; sin embargo, bajo condiciones especiales, permiten una recarga vertical de otros acuíferos que pueden llegar a ser muy importantes en ciertos casos.

Acuicludos: Formación geológica que, conteniendo agua en su interior incluso hasta la saturación, no la transmite y, por lo tanto, no es posible su explotación. Se pueden citar como ejemplos los depósitos de arcillas de cualquier origen.

Acuifugos: Aquellas formaciones geológicas que no contienen agua ni la pueden transmitir, como, por ejemplo, un macizo granítico que no esté fisurado o unas rocas metamórficas sin meteorización ni fracturación, se consideran impermeables.

Los acuíferos, de acuerdo con su condición hidráulica, se clasifican en:

Acuífero libre: Se denominan también no confinados o freáticos y son aquellos en los cuales existe una superficie libre del agua encerrada en ellos, que está en contacto directo con el aire y, por lo tanto, a presión atmosférica (Custodio, E. y Llamas, M. R., 1983. Hidrología subterránea [segunda edición]. Ediciones Omega, S. A.).

Acuífero confinado: Llamados también cautivos, confinados o a presión y son aquellos en los que el agua está sometida a una cierta presión, superior a la atmosférica (Custodio, E. y Llamas, M. R., 1983. Hidrología subterránea [segunda edición]. Ediciones Omega, S. A.).

Acuífero semiconfinado: Son aquellos en los que la unidad que los encierra no es totalmente impermeable, sino un acuitardo, es decir, un material que permite la lenta filtración vertical de agua (Custodio, E. y Llamas, M. R., 1983. Hidrología subterránea [segunda edición]. Ediciones Omega, S. A.).

A partir de la información disponible y basados en la relación directa existente entre la litología, la permeabilidad estimada y el comportamiento hidrogeológico de una unidad, a continuación, se realiza la caracterización hidrogeológica de las rocas presentes en el área de influencia.

El propósito del análisis hidrogeológico fue proveer una descripción de las unidades litológicas que existen en la zona de estudio y determinar las características básicas de los acuíferos potenciales que podría haber en la zona. En la descripción se presentan datos sobre parámetros que facilitan la clasificación de las unidades litológicas de acuerdo con su capacidad y utilidad.

5.1.12.2.2 Categorías

Las características hidrogeológicas se analizaron sobre la base de la litología y grado de permeabilidad estimada debido a porosidad intergranular y/o fracturamiento que presentan las formaciones geológicas aflorantes en el sector; estos factores determinan la posibilidad de contener acuíferos de variadas características. El Mapa Hidrogeológico (5.1-17A Mapa de Hidrogeología) muestra la hidrogeología del área geográfica; así, en la siguiente tabla, se resumen las características hidrogeológicas de las unidades aflorantes:

Tabla 5-42 Unidades Litológicas por Permeabilidad Intergranular y por Fracturamiento

Unidad Litológica	Permeabilidad Estimada	Tipo de Permeabilidad	Tipos de Acuíferos	Vulnerabilidad Estimada
Depósitos Aluviales	Alta A	Intergranular	Rocas clásticas no consolidadas que conforman terrazas y depósitos aluviales, contienen acuíferos superficiales, extensión limitada y buen rendimiento. Los niveles piezométricos poco profundos, inferiores a 5 metros. Son recargados por los cursos de los ríos.	Alta
Formación Mera	Media M	Intergranular	Sedimentos clásticos ligeramente consolidados contienen acuíferos locales o discontinuos de extensión limitada y difícil explotación. Las aguas subterráneas generadas alimentan los cursos de agua superficiales. Niveles piezométricos > 5 m.	Media
Formación Chambira	Baja M - B	Intergranular	Sedimentos clásticos consolidados, constituidos por areniscas, generan acuíferos locales y discontinuos, de bajo rendimiento y difícil explotación. Niveles piezométricos > a 10 m.	Baja

Fuente: Entrix., 2022

5.1.12.2.3 Unidades Litológicas por Porosidad Intergranular

Unidades Litológicas de Alta Permeabilidad A

Las unidades de alta permeabilidad son rocas clásticas no consolidadas, de edad holocénica; son las terrazas y depósitos aluviales de los ríos Villano y Lliquino.

Los acuíferos aquí son localizados y superficiales, de extensión limitada y de aceptable rendimiento. Los niveles piezométricos generalmente son superficiales, menores de 5 m de profundidad. Normalmente, el flujo de los ríos recarga a los acuíferos. El agua subterránea de estos acuíferos puede ser aprovechada mediante captaciones de pozos someros de gran diámetro. Parte del trazado de la línea de flujo se encuentra ubicada en esta unidad litológica.

Unidades Litológicas de Permeabilidad Media: M

Corresponde la formación Mera como a depósitos coluviales, compuestos principalmente de clastos volcánicos y, en menor proporción, metamórficos, soportados por una matriz arcillo-arenosa de afinidad volcánica, que permiten asignarle cualitativamente una permeabilidad media, donde se puede localizar acuíferos discontinuos y de bajo rendimiento. Los niveles piezométricos son mayores a 5 m de profundidad. Su recarga proviene de la infiltración local y regional. Las instalaciones de la plataforma Siccha, su vía de acceso, y la mayor parte de la línea de flujo y sus accesos se localizan en esta unidad litológica. Esta unidad hidrogeológica cubre el mayor porcentaje del área geográfica estudiada.

De acuerdo con el Inventario de Pozos y Vertientes de SENAGUA, 2018 en esta unidad hidrogeológica no se detectó ningún pozos someros o vertientes en un área de 5 km de su área de influencia.

Existen tres piezómetros de monitoreo hidrogeológico instalados en la plataforma Villano A y un sondeo manual geotécnico en la plataforma Siccha que se localiza en esta unidad hidrogeológico y tienen las siguientes características:

Tabla 5-43 Inventario de Puntos de Agua Subterránea

Piezómetro	WGS 84 17 S		Ubicación	Cota (msnm)	Profundidad (m)	Nivel Freáticos (m)	pH	Conductibilidad (uS)
	Latitud	Longitud						
VA-P1	9837095,50	227050,38	Villano A	420,75	10,70	9,70	7,3	370
VA-P2	9837130,41	227024,64	Villano A	416,70	5,00	2,60	6,0	139
VA-P3	9837160,93	227068,15	Villano A	418,75	6,10	5,10	7,0	256
P1	9835462,25	236509,01	Siccha	364,37	20,45	16,00	-	-

Fuente: AOC Ingeniería, 2022

En los pozos someros inventariados los niveles freáticos son superficiales de 2,60 a 16,00 metros, son aguas subterráneas de aceptables características físico químico, caracterizadas por su baja salinidad que se expresan por su bajo contenido de sólidos disueltos y baja conductibilidad eléctrica y un pH mediamente neutro.

Unidades Litológicas de Permeabilidad Media a Baja: M - B

Corresponde a los sedimentos de la formación Chambira. Su conformación es principalmente de lutitas verdosas y amarillenta - rojizas, interestratificadas con areniscas arcillosas y algunos horizontes de conglomerados en matriz arenosa, que permiten asignarle cualitativamente una permeabilidad media a baja, donde se puede localizar acuíferos discontinuos y de bajo rendimiento; los niveles piezométricos son mayores a los 5 metros de profundidad; su recarga proviene de la infiltración local y regional.

5.1.12.2.4 Vulnerabilidad de los Acuíferos

La información que existe del componente hidrogeológico en el sector es un tanto limitada, solo se tiene el Mapa Hidrogeológico, que es de litopermeabilidad estimada. Revisado el Inventario de Pozos y Vertientes realizado por la SENAGUA, 2018, no hay información técnica de detalle del sector del área estudiada, por lo que no se puede aplicar los diferentes métodos que existen en la literatura relacionada, como: modelos de simulación, métodos estadísticos y métodos de superposición de índices.

Sin embargo, con el fin de evaluar la vulnerabilidad de las diferentes unidades hidrogeológicas identificadas en el área de influencia, en términos cualitativos, se realiza el análisis basado en la indexación de los índices GOD, la cual es una adaptación de las metodologías propuestas por el Banco Mundial en la Guía Técnica-Propuestas Metodológicas para la Protección del Agua Subterránea, 2003, para lo cual en dicha guía propone una definición práctica de clases de vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos. La metodología considera la evaluación de un valor asociado a las propiedades intrínsecas del acuífero y de la zona no saturada. El método determina la vulnerabilidad intrínseca, por lo que no toma en cuenta el tipo de contaminante.

Como se señaló en la metodología del componente hidrogeológico, se caracteriza la vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos en función de los siguientes parámetros (generalmente disponibles o fácilmente determinables):

G = Grado de confinamiento hidráulico del acuífero en consideración. Índice por condición de confinamiento del acuífero u ocurrencia del agua subterránea (*Groundwater occurrence*).

O = Ocurrencia del sustrato suprayacente (zona no saturada o capas confinantes), en términos de características litológicas y grado de consolidación, que determinan su capacidad de atenuación de contaminantes. (*Overall aquifer class*).

D = Distancia al agua determinada como: la profundidad al nivel del agua en acuíferos no confinados o la profundidad al techo de acuíferos confinados (*Depth*).

Estos tres parámetros se multiplican para obtener una valoración de la vulnerabilidad de 0 (despreciable) a 1 (extrema): $GOD = G \cdot O \cdot D \approx 0-1$

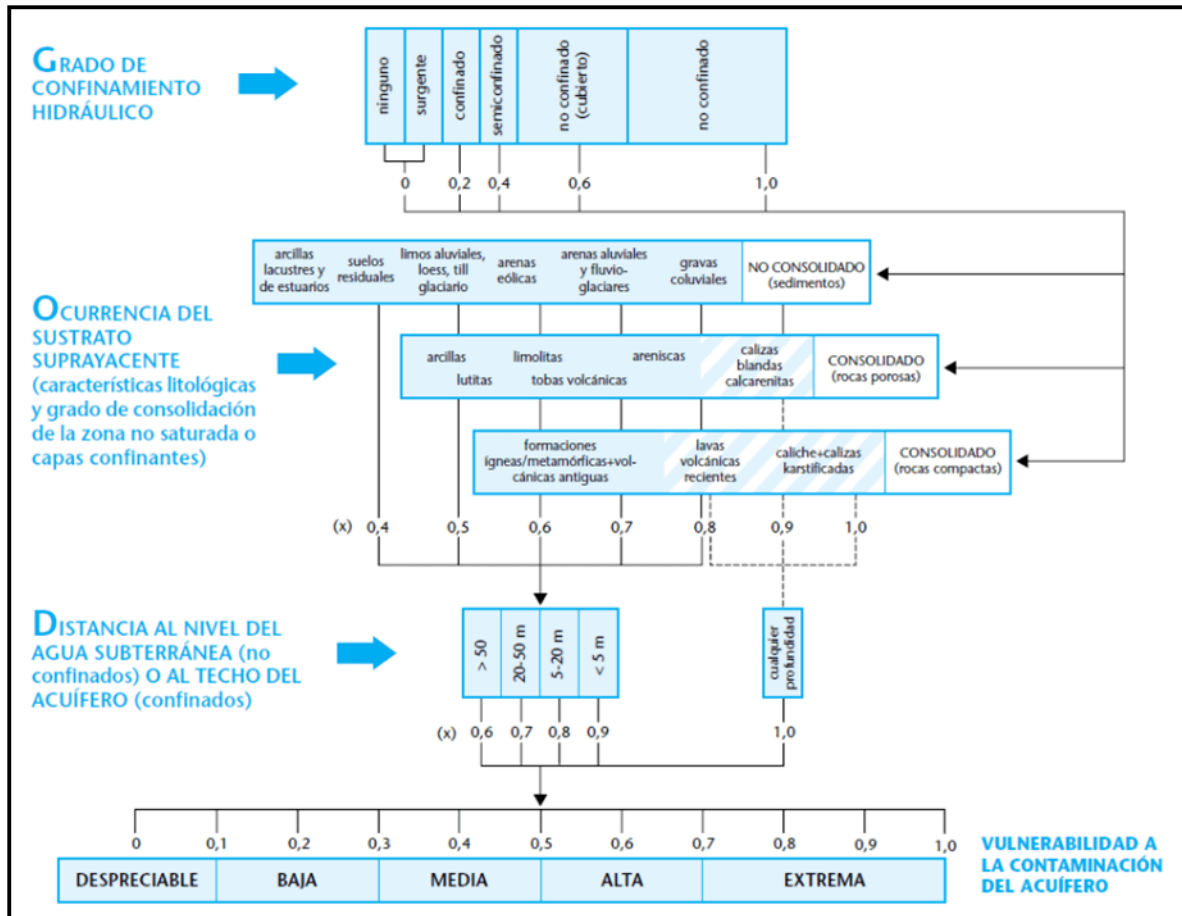


Figura 5-48 Valoración GOD para Vulnerabilidad de Acuíferos

Fuente: Foster., 1998

La vulnerabilidad del agua subterránea a la contaminación se define por la facilidad con la cual ingresan las sustancias contaminantes al acuífero mediante infiltración a través del suelo y la zona no saturada (ZNS). En la Tabla 5-44 se resumen los niveles de vulnerabilidad.

Tabla 5-44 Definición Práctica de Clases de Vulnerabilidad a la Contaminación de Acuíferos

Clase de Vulnerabilidad	Definición Correspondiente
Extrema	Vulnerable a la mayoría de los contaminantes, con impacto rápido en muchos escenarios de contaminación.

Clase de Vulnerabilidad	Definición Correspondiente
Alta	Vulnerable a muchos contaminantes (excepto a los que son fuertemente absorbidos o fácilmente transformados) en muchos escenarios de contaminación.
Moderada	Vulnerable a algunos contaminantes, solo cuando son continuamente descargados o lixiviados.
Baja	Solo vulnerable a contaminantes conservativos cuando son descargados en forma amplia y continua durante largos periodos de tiempo.
Despreciable	Presencia de capas confinantes en las que el flujo vertical (percolación) es insignificante.

Fuente: Banco Mundial en la Guía Técnica-Propuestas Metodológicas para la Protección del Agua Subterránea, 2003

Tabla 5-45 Análisis de la Vulnerabilidad de Acuíferos a la Contaminación

Unidad Hidrogeológica	Unidad Geológica	Características Hidrogeológicas	Vulnerabilidad				Categoría de Vulnerabilidad
			GG	O	D	GOD	
A	Depósitos y Terrazas Aluviales (QA, QT)	Superficiales, locales, muy discontinuos, de pequeña potencia, de alto rendimiento. Porosidad intergranular alta a media. Niveles piezométricos < 5 m. Sobrepuestos por suelos residuales-aluviales de escasa potencia. Se lo puede conceptualizar como un acuífero libre.	1,0	0,7	0,9	0,63	ALTA
M	Formación Mera (PLQM)	Discontinuos, de bajo rendimiento, de pequeña potencia, de alto rendimiento. Porosidad intergranular media . Niveles piezométricos > 5 m. Sobrepuestos por suelos residuales potentes. Se lo puede conceptualizar como un acuitardo.	0,6	0,4	0,9	0,22	BAJA
M - B	Formación Chambira (Mplch)	Muy discontinuos, de muy bajo rendimiento. De difícil explotación geológicamente, esta unidad se comporta como un acuitardo , los niveles piezométricos se localizan a profundidades > de 10 m.	0,4	0,4	0,8	0,13	BAJA

Fuente: Banco Mundial en la Guía Técnica-Propuestas Metodológicas para la Protección del Agua Subterránea, 2003
Elaborado por: Entrix, 2022

Análisis

Los acuíferos de los depósitos y terrazas aluviales de los ríos Villano y Lliquino, pueden sufrir alteración en su calidad físico-química por actividades antrópicas por tratarse de acuíferos superficiales (profundidad menor a 5 m), de alta permeabilidad, recargados por los ríos del sector, los cuales pueden transportar contaminantes hacia los acuíferos. Por esta razón el grado de vulnerabilidad en esta unidad litológica es **Alta**.

La formación Mera, es de características permeables media, forman acuíferos de poca extensión, los niveles piezométricos son superficiales, su recarga es regional y local, por lo cual su vulnerabilidad es Baja. En los pozos someros inventariados los niveles freáticos son superficiales de 2,60 a 16,00 metros, esta

unidad se comporta como un acuitardo; son aguas subterráneas de aceptables características físico químico, caracterizadas por su baja salinidad que se expresan por su bajo contenido de sólidos disueltos y baja conductibilidad eléctrica y un pH mediamente neutro.

Los acuíferos de la formación Chambira son locales y tienen un escurrimiento subterráneo intergranular. Los posibles acuíferos de esta formación geológica son muy locales y discontinuos, esta unidad se comporta como un acuitardo; descargan mediante vertientes en los cañones de los drenajes. Se consideró por ello una vulnerabilidad Baja.

La construcción y operación de la plataforma Siccha no alterará las condiciones de drenaje y propiedades físicoquímicas de las aguas subterráneas del sector, al encontrarse sobre la formación mera por lo cual su vulnerabilidad es baja. (Anexo D. Cartografía, 5-1-17 Mapa de Hidrogeología).

Finalmente, y con base en que el proyecto no considera pozos inyectores, reinyectores o tanques de almacenamiento de hidrocarburos, no aplica lo relacionado con monitoreos de aguas subterráneas, conforme lo indicado en el numeral 3 del artículo 63 del AM 100-A.

5.1.12.3 Usos del Recurso

Conforme a la recopilación de información en área del proyecto, el recurso hídrico de los principales ríos y esteros es utilizado para preservación de flora y fauna, agrícola, actividades de pesca y, en ocasiones, las comunidades aledañas utilizan el agua para consumo doméstico; mayor detalle de esta información se presenta en la sección 5 Diagnóstico Ambiental Línea Base, 5.3 Componente Socioeconómico.

5.1.12.4 Calidad de Agua

5.1.12.4.1 Metodología

Para la toma de muestras para el presente estudio se consideró la caracterización del componente hídrico basado en la evaluación de las características fisiográficas de los sistemas de drenaje, los resultados analíticos de las muestras y la identificación de diferentes actividades antrópicas que podrían aportar concentraciones de parámetros que incidan en la caracterización y las condiciones climatológicas.

La línea base del presente EsIA busca caracterizar el área geográfica del proyecto de la Fase de Perforación Exploratoria y de Avanzada y Fase de Explotación del Campo Siccha que permita contar con valores de línea base toda vez que no existen actividades petroleras en dicha área. El número de muestras y su localización estuvo basado en la ubicación de la infraestructura en proceso de licenciamiento, la topografía y las características propias de los cuerpos de agua existentes en el área geográfica del proyecto, esto es, por ejemplo, si los cuerpos de agua cuentan con flujo laminar, estacionalidad, entre otros. También se buscó contar con datos de línea base de los cuerpos de agua donde se propone se instalen los sitios de captación de agua previo aprobación por parte de la autoridad respectiva.

También se consideró tomar una muestra de agua ubicada aguas arriba del área geográfica del proyecto con el objetivo de caracterizar la calidad de agua antes de la ejecución del proyecto.

La ubicación de los puntos de muestreo se definió en función de lo antes mencionado; teniendo como objeto determinar la calidad del agua de los cursos hídricos más representativos y cuya estacionalidad permitió tomar la muestra. Se llevo a cabo el muestreo entre julio y agosto de 2022, y posteriormente en el mes de enero de 2023.

Las muestras de agua fueron recolectadas en recipientes de vidrio color ámbar y recipientes transparentes de plástico, luego etiquetados y debidamente preservados hasta la recepción en el laboratorio acreditado (Gruentec) (Anexo B. Documentos de Respaldo, B.1. Físico; B.1.3. Acreditación Laboratorios), acompañado de las cadenas de custodia correspondientes (Anexo B. Documentos de Respaldo, B.1. Físico, B.1.2 Cadenas de Custodia, B.1.2.3 Agua).

Se realizaron mediciones in situ de agua superficial en cada punto de muestreo previo a la toma de muestras con el fin de medir los siguientes parámetros: pH, sólidos totales disueltos, conductividad eléctrica y temperatura, mediante el uso de un multiparámetro previamente calibrado. Anexos B. Documentos de Respaldo, B.1. Físico, B.1.6. Acreditación Parámetros.

Tabla 5-46 Características del Equipo de Medición de Parámetros In Situ

Instrumento	Especificaciones
Multiparámetro (AI413) HACH Portable pH, Conductividad, Oxígeno Disuelto, ORP, and ISE Multi-Parameter Meter	Modelo PC400 Portable Serial number: PC400X1019071008
	Rango de detección de temperatura: 0-100 °C Rango de detección Oxígeno Disuelto: 0,00-20,0mg/L; 0-200 % Rango de detección pH: 0,0-14,0 Rango de detección Conductividad Eléctrica: 0,01µS/cm-200 mS/cm

Fuente y Elaboración: Entrix, agosto 2022

A continuación, se presenta una tabla con los parámetros analizados y los criterios de calidad establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A correspondientes, que fueron comparados con los resultados de laboratorio, con base en lo establecido en el Acuerdo Ministerial 100-A.

Tabla 5-47 Parámetros a ser Analizados

Parámetro	Unidades	Criterios de Calidad Tabla 2 Anexo 1 A. M. 097A
pH	Unid. pH	6,5-9
Conductividad	uS/cm	N/A
Oxígeno Disuelto	mg/l	N/A
Oxígeno Saturación	%	>80
Temperatura	°C	N/A
Sólidos Disueltos Gravimétricos	mg/l	N/A
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	máx. incremento 10% de la condición natural
Amonio	mg/l	N/A
Cloro Total residual	mg/l	0,01
Sulfato	mg/l	N/A
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	20
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	40
Fenoles	mg/l	0,001
TPH	mg/l	0,5
Sustancias Tensoactivas	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	N/A
Bario	mg/l	1
Cadmio	mg/l	0,001
Cromo	mg/l	0,032

Parámetro	Unidades	Criterios de Calidad Tabla 2 Anexo 1 A. M. 097A
Hierro	mg/l	0.3
Níquel	mg/l	0,025
Plomo	mg/l	0,001
Vanadio	mg/l	N/A

N/A No aplica, la Tabla 2 del Anexo 1 del Acuerdo Ministerial 097 A no establece un límite máximo permisible.

Fuente: Acuerdo Ministerial 097-A, 2015

Elaboración: Entrix, enero 2023

Es importante señalar que se seleccionaron los parámetros de interés aplicables a la industria hidrocarburífera de la Tabla 2 del Anexo 1 del Acuerdo Ministerial 097-A (Anexo B. Documentos de Respaldo, B.1 Físico, B.1.3. Acreditación Laboratorio), conforme establece el AM 100 A, en su disposición transitoria primera.

De los parámetros que establece la Tabla 2 del AM 097 A, no se analizaron Aluminio, Amoníaco Total, Arsénico, Berilio, Bifenilos policlorados, Boro, Cianuros, Clorofenoles, Cobalto, Cobre, Estaño, Manganeso, Mercurio, Piretroides, Plaguicidas organoclorados totales, Plaguicidas organofosforados (Pesticidas), Plata y Selenio en base a los siguientes criterios y justificación técnica:

- > **Aluminio:** El aluminio es un elemento muy reactivo y nunca se encuentra en forma de metal libre en la naturaleza. Se encuentra combinado con otros elementos, generalmente oxígeno, sílice y fluoro. Estos compuestos químicos se encuentran comúnmente en el suelo, en minerales (por ejemplo, zafiros, rubíes, turquesas), en rocas (especialmente rocas ígneas) y en arcillas. La minería y el procesamiento de minerales de aluminio o la producción de aluminio metálico, aleaciones y otros productos pueden generar cantidades altas de aluminio en el ambiente (ATSDR, Resumen de Salud Pública Aluminio, 2008). La actividad del proyecto a realizarse no requiere aplicación de este tipo de elemento y tampoco los genera durante su proceso, por lo que no tiene incidencia sobre su presencia o ausencia, por lo tanto, no se requiere su análisis ni posterior monitoreo.
- > **Amoníaco Total:** El amoníaco ocurre naturalmente y es también manufacturado. Es una fuente importante de nitrógeno que necesitan las plantas y los animales. El amoníaco no permanece mucho tiempo en el ambiente. Es incorporado rápidamente por las plantas, las bacterias y los animales. El amoníaco se aplica directamente al suelo en terrenos agrícolas, y se usa para fabricar abonos para cosechas agrícolas, prados y plantas. (LENNTECH, 2022). La actividad del proyecto a realizarse no requiere aplicación de este tipo de elemento y tampoco los genera durante su proceso, por lo que no tiene incidencia sobre su presencia o ausencia, por lo tanto, no se requiere su análisis ni posterior monitoreo.
- > **Arsénico:** En los medios acuáticos, el arsénico existe principalmente en la forma de arseniuros y arseniatos. En los sedimentos y los suelos, los arseniatos son rápidamente absorbidos en forma de hierro o de hidróxido de aluminio, lo que reduce su capacidad y velocidad de percolación así como su disponibilidad para los sistemas biológicos. El arsénico es utilizado en las aleaciones no ferrosas (por ejemplo para reforzar la dureza de las aleaciones de plomo); el arsénico de alta pureza se necesita para producir semiconductores de arseniuro de galio y arseniuro de indio, también son utilizados en la elaboración de productos farmacéuticos, pesticidas y para la producción de pigmentos. La actividad del proyecto a realizarse no requiere aplicación de este tipo de elemento y tampoco los genera durante su proceso, por lo que no tiene incidencia sobre su presencia o ausencia, por lo tanto, no se requiere su análisis ni posterior monitoreo.
- > **Berilio:** El berilio existe en el aire en pequeñas partículas de polvo. Entra en el agua durante los procesos de desintegración de suelos y rocas o procesos mineros. El berilio como elemento químico está presente en los suelos en pequeñas cantidades de forma natural, pero las actividades humanas

han incrementado esos niveles de berilio (LENNTECH, 2022). La actividad del proyecto a realizarse no requiere aplicación de este tipo de elemento y tampoco los genera durante su proceso, por lo que no tiene incidencia sobre su presencia o ausencia, por lo tanto, no se requiere su análisis ni posterior monitoreo.





- > **Boro:** El Boro ocurre de forma natural en el ambiente debido a que es liberado al aire, suelo y agua a través de los procesos de erosión. El Boro se utiliza en las industrias del vidrio (LENNTECH, 2022). La actividad del proyecto a realizarse no requiere aplicación de este tipo de elemento y tampoco los genera durante su proceso, por lo que no tiene incidencia sobre su presencia o ausencia, por lo tanto, no se requiere su análisis ni posterior monitoreo.
- > **Cianuros:** El cianuro entra al aire, al agua y al suelo como consecuencia de procesos naturales y de actividades industriales. Este compuesto lo hallamos en diferentes tipos de industrias como por ejemplo en la minera para la extracción de oro y plata. También se utiliza para la elaboración de pinturas, papel, textiles y plásticos (Energy, 2021). Este parámetro no está asociado a la industria hidrocarburífera, no requiere aplicación de este tipo de elemento y tampoco los genera durante su proceso, por lo que no tiene incidencia sobre su presencia o ausencia, por lo tanto, no se requiere su análisis ni posterior monitoreo.
- > **Clorofenoles:** Los Clorofenoles son un grupo de sustancias químicas producidas cuando se añade cloro al fenol. Se utiliza comúnmente como pesticidas, como agentes conservantes para proteger materiales textiles, se encuentra en impurezas resultantes en la producción de tintes, en procesos de blanqueado con cloro elemental para materiales textiles o papel, entre otros (Agencia para Sustancias y el Registro de Enfermedades (a), 2016; Mejía, 2004). No obstante, se realizó el análisis de cloro y de fenoles, precursores de esta sustancia, a fin de determinar la existencia de concentraciones anómalas de estos parámetros.
- > **Cobalto:** El cobalto es un elemento que se encuentra de forma natural en el ambiente. El cobalto puede liberarse en pequeñas cantidades a la atmósfera a partir de la combustión del carbón y la minería, el procesamiento de minerales que contienen cobalto y la producción y el uso de productos químicos con cobalto. Este parámetro no está asociado a la industria hidrocarburífera, no requiere aplicación de este tipo de elemento y tampoco los genera durante su proceso, por lo que no tiene incidencia sobre su presencia o ausencia, por lo tanto, no se requiere su análisis ni posterior monitoreo.
- > **Cobre, Plata, Mercurio, Selenio:** estos elementos están asociados a las actividades mineras, industrias metalúrgicas que producen o utilizan estos elementos. Estos parámetros no está asociado a la industria hidrocarburífera, no requiere aplicación de este tipo de elemento y tampoco los genera durante su proceso, por lo que no tiene incidencia sobre su presencia o ausencia, por lo tanto, no se requiere su análisis ni posterior monitoreo.
- > **Piretroides:** es un tipo de insecticida que se aplican a cosechas, plantas de jardines, animales domésticos y también directamente a seres humanos. Este tipo de compuestos son poco solubles en agua, generalmente se detecta su presencia en suelo, cuando llegan al agua pueden ser degradados por microorganismos (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (b), 2014; Moreno, et al., 2012). Este tipo de productos sintéticos no se encuentran de forma natural en el ambiente, así mismo la actividad del proyecto a realizarse, no requiere aplicación de este tipo de químicos y tampoco los genera por lo que no tiene incidencia sobre su presencia o ausencia, por lo tanto, no se requiere su análisis ni posterior monitoreo .
- > **Pesticidas Organoclorados:** Los insecticidas organoclorados comprenden los derivados clorados del etano, son compuestos sintéticos (no existen de forma natural), pocos solubles en agua y persistentes en el ambiente (Sierra, y otros, 2020). La actividad del proyecto no requiere aplicación de este tipo de pesticidas y tampoco los genera, lo que no influye en su presencia o ausencia, por lo tanto, no se requiere su análisis ni posterior monitoreo .





- > **Pesticidas Organofosforados:** Se trata de grupo de compuestos sintéticos, poco solubles en agua y en general altamente tóxicos (Ministerio de Trabajo y Asuntos sociales España, 1999). La actividad del proyecto no requiere aplicación de este tipo de pesticidas y tampoco los genera, lo que no influye en su presencia o ausencia, por lo tanto, no se requiere su análisis ni posterior monitoreo .

5.1.12.4.2 Ubicación de Puntos de Muestreo






A continuación, se detalla la ubicación de los puntos de muestreo caracterizados en la fase de campo (Anexo D. Cartografía, Mapa 5.1-18 Mapa de Ubicación de Puntos de Medición de Calidad de Agua e Hidrológico):






Tabla 5-48 Ubicación de Puntos de Muestreo de Calidad de Agua






Número de Muestra	Código de la Muestra	Coordenadas WGS 84 Zona 18 Sur		Fecha de Muestreo	Infraestructura Asociada	Descripción del Sitio de Muestreo	Fotografía
		Este (m)	Norte (m)				
1	AG-01-Paparawa	231050,00	9835123,00	04/08/2022	Línea de flujo	Cuerpo de agua secundario (Estero Sin Nombre) a 400 m del puerto de Paparawa	
2	AG-02 - Paparawa	231244,00	9835126,00	04/08/2022	Línea de flujo	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre) a 300 m del Puerto de Paparawa, tributario Río Villano	
3	AG-03 – Paparawa	232309,00	9834799,00	03/08/2022	Línea de flujo	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre), a 250 m del puerto de Paparawa	
4	AG-04 – Paparawa	232730,00	9834469,00	03/08/2022	Línea de flujo	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre), a 250 m del puerto de Paparawa	


Número de Muestra	Código de la Muestra	Coordenadas WGS 84 Zona 18 Sur		Fecha de Muestreo	Infraestructura Asociada	Descripción del Sitio de Muestreo	Fotografía
		Este (m)	Norte (m)				
5	AG-05 – Paparawa	232875,00	9834446,00	03/08/2022	Línea de flujo	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre), a 200 m del puerto de Paparawa	
6	AG-06 – Paparawa	233250,00	9834600,00	03/08/2022	Línea de flujo Acceso 2	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre), a 150 m del Campamento Flotante	
7	AG-07 – Paparawa	233663,00	9834691,00	05/08/2022	Línea de flujo	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre), a 500 m del puerto de Paparawa	
8	AG-08 – Paparawa	233858,00	9834649,00	05/08/2022	Línea de flujo	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre), a 400 m del puerto de Paparawa	

Número de Muestra	Código de la Muestra	Coordenadas WGS 84 Zona 18 Sur		Fecha de Muestreo	Infraestructura Asociada	Descripción del Sitio de Muestreo	Fotografía
		Este (m)	Norte (m)				
9	AG-09 – Paparawa	234043,00	9834437,00	02/08/2022	Línea de flujo	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre), a 500 m del puerto de Paparawa	
10	AG-10 – Paparawa	234524,00	9834153,00	02/08/2022	Línea de flujo	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre), a 600 m del puerto de Paparawa	
11	AG-11 - Paparawa	234840,00	9833966,00	02/08/2022	Línea de flujo	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre), a 600 m del puerto de Paparawa	
12	AG-12 - Paparawa	234869,00	9834142,00	02/08/2022	Línea de flujo	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre), a 100 m del Campamento Pucapandi, en la propiedad del señor Hugo Mayancha-Paparawa	
13	AG-13 - Siccha	237247,00	9835970,00	30/07/2022	PAD Siccha	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre), a 400 m del río Lliquino	

Número de Muestra	Código de la Muestra	Coordenadas WGS 84 Zona 18 Sur		Fecha de Muestreo	Infraestructura Asociada	Descripción del Sitio de Muestreo	Fotografía
		Este (m)	Norte (m)				
14	AG-14 – Siccha	237046,00	9835681,00	30/07/2022	PAD Siccha	Cuerpo de agua secundario (estero pambayacu), a 800 m del río Lliquino	
15	AG-15 – Siccha	236759,00	9835561,00	30/07/2022	PAD Siccha	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre) a 300 m de la PAD Siccha	
16	AG-16 - Siccha	236697,00	9835495,00	30/07/2022	PAD Siccha	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre) a 100 m de la PAD Siccha	
17	AG-17 – Siccha	236567,00	9835725,00	01/08/2022	PAD Siccha	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre) a un costado de la PAD Siccha	
18	AG-18 – Siccha	236377,00	9835730,00	31/07/2022	PAD Siccha	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre) a un costado de la PAD Siccha	

Número de Muestra	Código de la Muestra	Coordenadas WGS 84 Zona 18 Sur		Fecha de Muestreo	Infraestructura Asociada	Descripción del Sitio de Muestreo	Fotografía
		Este (m)	Norte (m)				
19	AG-19 – Siccha	236209,00	9835708,00	31/07/2022	PAD Siccha y vía de acceso	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre) a 20 m de la PAD Siccha	
20	AG-20 – Siccha	236519,00	9835336,00	31/07/2022	PAD Siccha	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre) a 30 m de la PAD Siccha	
21	AG-21 – Villano A	227507,00	9838440,00	26/07/2022	PAD Villano A	Cuerpo de agua primario (rio Lliquino) a 1.5 Km aproximado desde la plataforma Villano A	
22	AG-22 – Villano A	226934,00	9836411,00	27/07/2022	Línea de flujo – Plataforma Villano A	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre) a 1.5 Km aproximado desde la plataforma Villano A	
23	AG-22	230606	9835262	7/1/2023	Línea de flujo	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre) muestra de agua tomada al noreste del centro de salud de Paparawa	

Número de Muestra	Código de la Muestra	Coordenadas WGS 84 Zona 18 Sur		Fecha de Muestreo	Infraestructura Asociada	Descripción del Sitio de Muestreo	Fotografía
		Este (m)	Norte (m)				
24	AG-23	230269	9835399	7/1/2023	Línea de flujo	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre) muestra tomada al norte del centro de salud de Paparawa	
25	AG-24	229942	9835468	7/1/2023	Línea de flujo	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre), muestra de agua tomada al noroeste del centro de salud de Paparawa	
26	AG-25	229206	9835452	7/1/2023	Acceso 4	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre), muestra de agua tomada a 300 m. aproximadamente al norte del río Villano	
27	AG-26	226191	9836265	7/1/2023	Línea de flujo	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre), muestra de agua tomada a 500 m. aproximadamente al norte del río Villano	
28	AG-27	225947	9836088	7/1/2023	Punto de caracterización aguas arriba del área Geográfica	Cuerpo de agua Principal (Río Villano), muestra de agua tomada al margen izquierdo del Río Villano	

Número de Muestra	Código de la Muestra	Coordenadas WGS 84 Zona 18 Sur		Fecha de Muestreo	Infraestructura Asociada	Descripción del Sitio de Muestreo	Fotografía
		Este (m)	Norte (m)				
29	AG-28	235544	9834351	7/1/2023	Acceso 1	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre)	

Fuente: Levantamiento de campo, Entrix, julio - agosto 2022, enero 2023.
 Elaborado por: Entrix, enero 2023

Página en blanco

5.1.12.4.3 Resultados de Laboratorio

Conforme lo antes mencionado, se detallan los resultados de las mediciones in situ de los diferentes cuerpos de agua muestreados durante la fase de campo mediante el equipo multiparámetros (Anexo B. Documentos de Respaldo, B.1.Físico, B.1.5. Hojas de Campo, Agua):

Tabla 5-49 Parámetros In Situ de los Cuerpos de Agua Muestreados

Punto de Muestreo	Cuerpo de Agua	Fecha	Infraestructura Asociada	pH (unid. pH)	Temperatura (°C)	Sólidos Disueltos (ppm)	Conductividad (µS/cm)
				Criterios de Calidad Tabla 2 Anexo 1 A.M. 097A			
				6,5-9 Unid. pH	N/A	N/A	N/A
AG-01- Paparawa	Cuerpo de agua secundario (Estero Sin Nombre) a 400 m del puerto de Paparawa	04/08/2022	Línea de flujo	7,52	25,35	116,2	121,0
AG-02 - Paparawa	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre) a 300 m del Puerto de Paparawa, tributario Río Villano	04/08/2022	Línea de flujo	7,84	23,43	119,9	121,0
AG-03 – Paparawa	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre), a 250 m del puerto de Paparawa	03/08/2022	Línea de flujo	7,97	24,25	98,7	115,0
AG-04 – Paparawa	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre), a 250 m del puerto de Paparawa	03/08/2022	Línea de flujo	7,64	23,9	100,7	86,0
AG-05 – Paparawa	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre), a 200 m del puerto de Paparawa	03/08/2022	Línea de flujo	7,67	24,14	101,1	116,0
AG-06 – Paparawa	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre), a 150 m del Campamento Flotante	03/08/2022	Línea de flujo Acceso 2	7,37	24,16	97,9	87,0
AG-07 – Paparawa	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre), a 500 m del puerto de Paparawa	05/08/2022	Línea de flujo	7,72	23,32	92,7	149,0
AG-08 – Paparawa	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre), a 400	05/08/2022	Línea de flujo	7,54	23,19	96,9	123,0

Punto de Muestreo	Cuerpo de Agua	Fecha	Infraestructura Asociada	pH (unid. pH)	Temperatura (°C)	Sólidos Disueltos (ppm)	Conductividad (µS/cm)
				Criterios de Calidad Tabla 2 Anexo 1 A.M. 097A			
				6,5-9 Unid. pH	N/A	N/A	N/A
	m del puerto de Paparawa						
AG-09 – Paparawa	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre), a 500 m del puerto de Paparawa	02/08/2022	Línea de flujo	8,09	23,4	103,0	141,0
AG-10 – Paparawa	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre), a 600 m del puerto de Paparawa	02/08/2022	Línea de flujo	7,33	23,32	101,5	128,0
AG-11 - Paparawa	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre), a 600 m del puerto de Paparawa	02/08/2022	Línea de flujo	7,6	25,16	102,2	123,0
AG-12 - Paparawa	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre), a 100 m del Campamento Pukapandi en la propiedad del señor Hugo Mayancha-Paparawa	02/08/2022	Línea de flujo	7,98	23,62	122,7	110,0
AG-13 - Siccha	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre), a 400 m del río Lliquino	30/07/2022	PAD Siccha	7,19	23,4	111,5	76,0
AG-14 – Siccha	Cuerpo de agua secundario (estero pambayacu), a 800 m del río Lliquino	30/07/2022	PAD Siccha	7,98	23,0	125,1	118,0
AG-15 – Siccha	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre) a 300 m de la PAD Siccha	30/07/2022	PAD Siccha	7,58	23,82	121,5	132,0
AG-16 - Siccha	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre) a 100 m de la PAD Siccha	30/07/2022	PAD Siccha	7,64	23,82	108,0	138,0
AG-17 – Siccha	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre) a un costado de la PAD Siccha	01/08/2022	PAD Siccha	7,94	23,71	113,0	120,0

Punto de Muestreo	Cuerpo de Agua	Fecha	Infraestructura Asociada	pH (unid. pH)	Temperatura (°C)	Sólidos Disueltos (ppm)	Conductividad (µS/cm)
				Criterios de Calidad Tabla 2 Anexo 1 A.M. 097A			
				6,5-9 Unid. pH	N/A	N/A	N/A
AG-18 – Siccha	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre) a un costado de la PAD Siccha	31/07/2022	PAD Siccha	8,05	24,07	122,7	121,0
AG-19 – Siccha	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre) a 20 m de la PAD Siccha	31/07/2022	PAD Siccha	7,97	24,1	117,3	113,0
AG-20 – Siccha	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre) a 30 m de la PAD Siccha	31/07/2022	PAD Siccha	6,84	24,04	75,4	82,75
AG-21 – Villano A	Cuerpo de agua primario (rio Lliquino) a 1.5 Km aproximado desde la plataforma Villano A	26/07/2022	PAD Villano A	7,38	23,0	41,11	56,0
AG-22 – Villano A	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre) a 1.5 Km aproximado desde la plataforma Villano A	27/07/2022	Línea de flujo – Plataforma Villano A	8,32	23,4	109,0	129,0
AG-22	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre) muestra de agua tomada al noreste del centro de salud de Paparawa	07/01/2023	Línea de flujo	7,5	23,8	76	82
AG-23	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre) muestra tomada al norte del centro de salud de Paparawa	07/01/2023	Línea de flujo	7,7	24	83	96
AG-24	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre), muestra de agua tomada al noroeste del centro de salud de Paparawa	07/01/2023	Línea de flujo	7,5	24.1	94	96
AG-25	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre),	07/01/2023	Acceso 4	7,5	23.9	61	71

Punto de Muestreo	Cuerpo de Agua	Fecha	Infraestructura Asociada	pH (unid. pH)	Temperatura (°C)	Sólidos Disueltos (ppm)	Conductividad (µS/cm)
				Criterios de Calidad Tabla 2 Anexo 1 A.M. 097A			
				6,5-9 Unid. pH	N/A	N/A	N/A
	muestra de agua tomada a 300 m. aproximadamente al norte del río Villano						
AG-26	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre), muestra de agua tomada a 500 m. aproximadamente al norte del río Villano	07/01/2023	Línea de flujo	7,3	23.6	48	63
AG-27	Cuerpo de agua Principal (Río Villano), muestra de agua tomada al margen izquierdo del Río Villano	07/01/2023	Punto de caracterización aguas arriba del área Geográfica	7,4	23.4	42	65
AG-28	Cuerpo de agua secundario (estero sin nombre)	07/01/2023	Acceso 1	7,0	22.6	31	57

Fuente: Levantamiento de campo, Entrix, julio - agosto 2022, enero 2023
 Elaborado por: Entrix, enero 2023

A continuación, se presentan los resultados del análisis fisicoquímico realizado en el laboratorio de las muestras levantadas en campo, los resultados que se encuentran sobre los criterios de calidad establecidos en la Tabla 2 del Anexo 1 de AM 097 A, se marcan de color rojo:

Tabla 5-50 Resultados de Calidad de Agua

Parámetro	Unidades	Criterios de Calidad de Anexo 1-Tabla 2	ID DE LA MUESTRA																												
			AM 097-A. Paparawa	AG-01- Paparawa	AG-02- Paparawa	AG-03- Paparawa	AG-04- Paparawa	AG-05- Paparawa	AG-06- Paparawa	AG-07- Paparawa	AG-08- Paparawa	AG-09- Paparawa	AG-10- Paparawa	AG-11- Paparawa	AG-12- Paparawa	AG-13- SICCHA	AG-14- SICCHA	AG-15- SICCHA	AG-16- SICCHA	AG-17- SICCHA	AG-18- SICCHA	AG-19- SICCHA	AG-20- SICCHA	AG-21- VILLANO	AG-22- VILLANO	AG-22	AG-23	AG-24	AG-25	AG-26	AG-27
pH	Unid pH	6,5-9	7,5	7,8	8	7,6	7,7	7,9	7,7	7,5	8,1	7,3	7,6	8	7,2	8	7,6	7,6	7,9	8,1	8	6,8	7,4	8,3	7,5	7,7	7,5	7,5	7,3	7,4	7
Conductividad	uS/cm	-	121	121	115	86	116	87	149	123	141	128	123	110	76	118	132	138	120	121	113	82	56	129	82	96	96	71	63	65	57
Oxígeno Disuelto	mg/l	-	9,2	9,9	8	8,1	8,2	7,9	7,7	8,4	8,5	8,3	8,1	10	9,1	10	9,9	9,6	9,3	9,9	9,5	6,1	7,2	8,8	8,1	8	7,9	7,9	7,7	7,8	8,1
Oxígeno Saturación	%	>80	116,2	119,9	98,7	100,7	101,1	97,9	92,7	96,2	103,8	101,5	102,2	122,7	111,5	125,1	121,5	118	113	122,7	117,3	75,4	91,1	109,2	99,3	98,7	97,9	97	93,9	95,2	97,8
Temperatura	°C	-	25,4	23,4	24,3	23,9	24,1	24,2	23,3	23,2	23,4	23,3	25,2	23,6	23,6	23	23,8	23,8	23,7	24,1	24,1	24	23	23,4	23,8	24	24,1	23,9	23,6	23,4	22,6
Sólidos Disueltos Gravimétricos	mg/l	-	102	96	107	77	107	76	129	113	118	101	107	94	70	108	119	110	127	110	106	69	35	109	76	83	94	61	48	42	31
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	máx. incremento 10% de la condición natural	6,4	23	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	30	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	13	<5,0	<5,0	60	19	<5,0	8,9	60	60	416	55	18	26	61	6.1	11	1244	49
Amonio	mg/l	-	0,11	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	1,3	<0,02	<0,02	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03
Cloro Total Residual (1)	mg/l	0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Sulfato	mg/l	-	0,14	0,23	<0,05	<0,05	0,08	0,1	0,43	0,21	0,16	0,17	0,3	0,24	0,16	0,27	0,26	0,28	<0,05	0,22	0,23	<0,05	0,31	0,1	0,58	0,39	0,48	0,38	0,47	1,1	0,88
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	20	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	40	5	5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	6	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	20	<5	<5	17	16	25	16	24	14	23	
Fenoles	mg/l	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
TPH	mg/l	0,5	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<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	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,2	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	-	110	68	230	110	490	78	110	<30	270	230	790	78	45	110	330	<30	490	230	790	1700	130	45	1700	330	3500	230	1700	9200	220
Bario	mg/l	1	0,034	0,028	0,027	0,034	0,03	0,032	0,029	0,023	0,02	0,029	0,03	0,036	0,022	0,028	0,057	0,059	0,13	0,052	0,033	0,043	0,034	0,056	0,05	0,041	0,08	0,041	0,028	0,19	0,079
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	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Cromo	mg/l	0,032	0,0004	0,0024	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0063	0,0037	0,0053	0,0014	0,0026	0,0028	0,0011	0,0015	0,0065	0,0035	0,0065	0,0021	0,0019	0,0006	0,0015	0,0009	0,00042	0,00048	0,00085	0,00088	0,0027	0,038	0,007
Hierro	mg/l	0,3	0,21	0,14	0,28	0,33	0,18	0,49	0,5	0,14	0,08	0,71	0,19	0,62	0,05	0,12	1,2	0,33	17	0,21	0,17	2,3	0,7	2,3	1,5	1,6	4	1,7	1,3	38	4
Níquel	mg/l	0,025	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Parámetro	Unidades	Criterios de Calidad	ID DE LA MUESTRA																												
			AM 097-A. Anexo 1-Tabla 2	AG-01-Paparawa	AG-02-Paparawa	AG-03-Paparawa	AG-04-Paparawa	AG-05-Paparawa	AG-06-Paparawa	AG-07-Paparawa	AG-08-Paparawa	AG-09-Paparawa	AG-10-Paparawa	AG-11-Paparawa	AG-12-Paparawa	AG-13-SICCHA	AG-14-SICCHA	AG-15-SICCHA	AG-16-SICCHA	AG-17-SICCHA	AG-18-SICCHA	AG-19-SICCHA	AG-20-SICCHA	AG-21-VILLANO	AG-22-VILLANO	AG-22	AG-23	AG-24	AG-25	AG-26	AG-27
Plomo	mg/l	0,001	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0006	<0,0005	0,0007	0,0007	0,0008	0,0018	0,0006
Vanadio	mg/l	-	0,044	0,041	0,046	0,037	0,038	0,027	0,029	0,017	0,029	0,0041	0,021	0,026	0,11	0,038	0,11	0,13	0,081	0,077	0,082	0,04	0,026	0,17	0,05	0,11	0,077	0,047	0,13	0,18	0,1

Valor con acreditación del laboratorio (Certificado No. SAE LEN 05-008), pero con un límite de cuantificación mayor al criterio de calidad de la norma, lo cual no permite verificar concordancia
 Fuente: GRUENTEC, agosto 2022, enero 2023
 Elaborado por: Entrix, enero 2023

Los informes de resultados constan en el Anexo B. Documentos de Respaldo, B.1. Físico, B.1.4. Resultados de Laboratorio, B.1.4.4. Agua. Todos los puntos de muestreo se presentan en el Anexo D. Cartografía, 5.1-18 Mapa de Ubicación de Puntos de Medición de Calidad de Agua e Hidrológico.

El parámetro Cloro residual cuenta con acreditación del método (Certificado No. SAE LEN 05-008) (Ver Anexos B. Documentos de Respaldo, B.1. Físico, B.1.3. Acreditación del Laboratorio), pero con un límite de cuantificación mayor al criterio de calidad establecido en la Tabla 2 del Anexo 1 del AM 097 A, lo cual no permite verificar concordancia; sin embargo, es importante aclarar que el cloro es una especie inestable que tiende a convertirse en cloro gaseoso y ser volatilizado, por lo tanto, se trata de un parámetro de holding time muy corto. Por los motivos expuestos las metodologías disponibles están encaminadas a su análisis en campo y, en consecuencia, los límites de cuantificación son altos. De esta manera, el nivel más bajo determinado como LC corresponde a 0.1 mg/l. (Anexo B. Documentos de respaldo, B.1 Físico, B.1.6 Acreditación Parámetros, Oficio GRU-CAL-2023-008) y (Anexo B. Documentos de respaldo, B1. Físico, B.1.4 Resultados, B.1.4.4 Agua).

Adicional, mediante oficio Nro. EA-0127-23 de 04 de mayo de 2023 se solicita al Servicio de Acreditación Ecuatoriana (SAE) indique los laboratorios acreditados en dicho parámetro con un rango inferior al límite máximo permisible establecido la normativa ambiental. Buscando obtener una respuesta del Servicio de Acreditación Ecuatoriana (SAE), mediante oficio Nro. EA-0242-23 de 15 de agosto de 2023, en mención al comunicado EA-0217-23, se reitera la solicitud (Anexo. B Documentos de respaldo, B.1 Físico, B.1.6 Acreditación Parámetros, SAE).

A espera del pronunciamiento del Servicio de Acreditación Ecuatoriano, y con el fin de que el parámetro Cloro residual cuente con resultados evaluables con los criterios de calidad establecidos en la Tabla 2 del Anexo 1 del AM 097 A, en el Plan de Manejo Ambiental de la Fase de Exploración y de Avanzada y Fase de Explotación se han incluido medidas que permitan el levantamiento de la información respecto al pronunciamiento del SAE.

5.1.12.4.4 Análisis de Resultados

Los resultados obtenidos del trabajo de campo fueron comparados con los criterios de calidad establecidos en la Tabla 2 “Criterios de Calidad Admisibles para la Preservación de la Vida Acuática y Silvestre en Aguas Dulces, Marinas y de Estuarios” Anexo 1 del Acuerdo Ministerial 097-A, conforme lo establecido en el Acuerdo Ministerial 100-A. Las muestras analizadas se encuentran bajo los criterios de calidad en algunos de los parámetros analizados, como se puede observar en la Tabla 5-50; sin embargo, se han evidenciado parámetros que se encuentran fuera de los criterios de calidad establecidos por la legislación ambiental vigente, que se analizan a continuación:

Oxígeno de Saturación

En un cuerpo de agua se produce y a la vez se consume oxígeno. La producción de oxígeno está relacionada con la fotosíntesis, mientras que el consumo dependerá de la respiración, descomposición de sustancias orgánicas y otras reacciones químicas. También puede intercambiarse oxígeno con la atmósfera por difusión o mezcla turbulenta. La concentración total de oxígeno disuelto dependerá del balance entre todos estos fenómenos. Si es consumido más oxígeno que el que se produce y capta en el sistema, el tenor de O₂ caerá, pudiendo alcanzar niveles por debajo de los necesarios para la vida de muchos organismos. Los peces son particularmente sensibles a la hipoxia, es decir, a bajas concentraciones de oxígeno (Peña, 2007).

A diferencia de los demás parámetros analizados, la Tabla 2, Anexo 1 del Acuerdo Ministerial 097-A establece como criterio de calidad el valor mínimo en la que un cuerpo de agua debe contar con oxígeno saturado (%) para determinar la calidad de agua, que representa su poder de autodepuración. Con base en lo antes mencionado, la muestra AG20-SICCHA (Tabla 5-50 y Figura 5-49) cuentan con un valor que se encuentra por debajo del criterio de calidad establecido en la norma ambiental vigente, que corresponde a > 80 %. Al respecto, y a pesar de tratarse de un cuerpo de agua lótico, el resultado obtenido puede

responder a una baja tasa de flujo de las masas de agua en el estero objeto de la toma de muestra, de esta forma se puede aducir que este resultado se vincula a la estacionalidad del cuerpo de agua.

Adicionalmente, si bien no se poseen registros de aumento representativo de DQO y DBO, cabe mencionar que en el parámetro DQO de la muestra AG20-SICCHA presenta un valor de 20 mg/l, es decir, en este punto existe una demanda de oxígeno, pudiendo esto reflejar en la disminución del registro detectado del parámetro oxígeno disuelto.

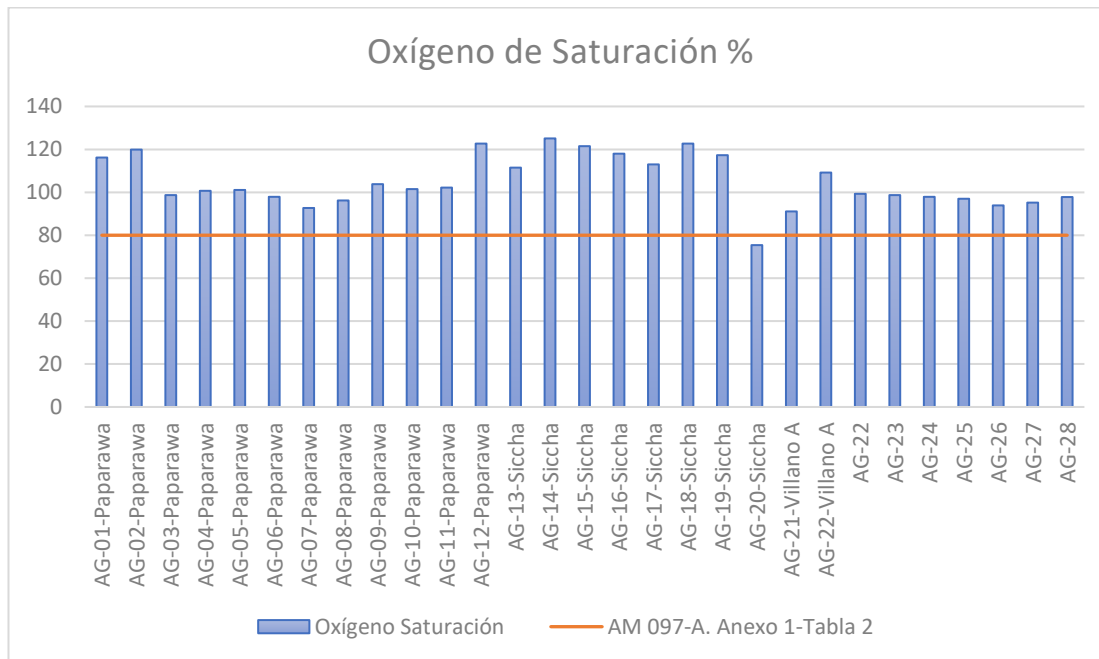


Figura 5-49 Análisis de Resultados de Calidad de Agua [Oxígeno de Saturación (%)]

Fuente: GRUENTEC, agosto 2022, enero 2023; Levantamiento de campo, Entrix, julio - agosto 2022, enero 2023
 Elaborado por: Entrix, enero 2023

Cromo

El elemento cromo no se encuentra en la naturaleza en estado libre, se lo halla como constituyente de numerosos minerales. La contaminación ambiental con cromo se debe principalmente a causas antropogénicas como resultado de ciertas actividades industriales, entre las que podemos citar, galvanizados (inhibidores de corrosión), pinturas, tratamiento para la preservación de postes de madera, fungicidas, tintas, curtiembres, cerámicas, preservadores de telas, en la fabricación de explosivos (Jiménez.D, 2012).

La muestra AG-27, tomada en el Río Villano, ubicada aguas arriba del área geográfica del proyecto, presenta un valor de cromo de 0,038 mg/l sobre el criterio de calidad establecido en la Tabla 2 del Anexo 1 del AM 97A, correspondiente a (0,032 mg/l). La presencia de Cromo puede estar asociado a procesos antrópicos por fuentes de contaminación que se muestra en áreas pobladas donde se generan descargas no controladas, uso de químicos, pesticidas, descargas domésticas (residuales), etc.

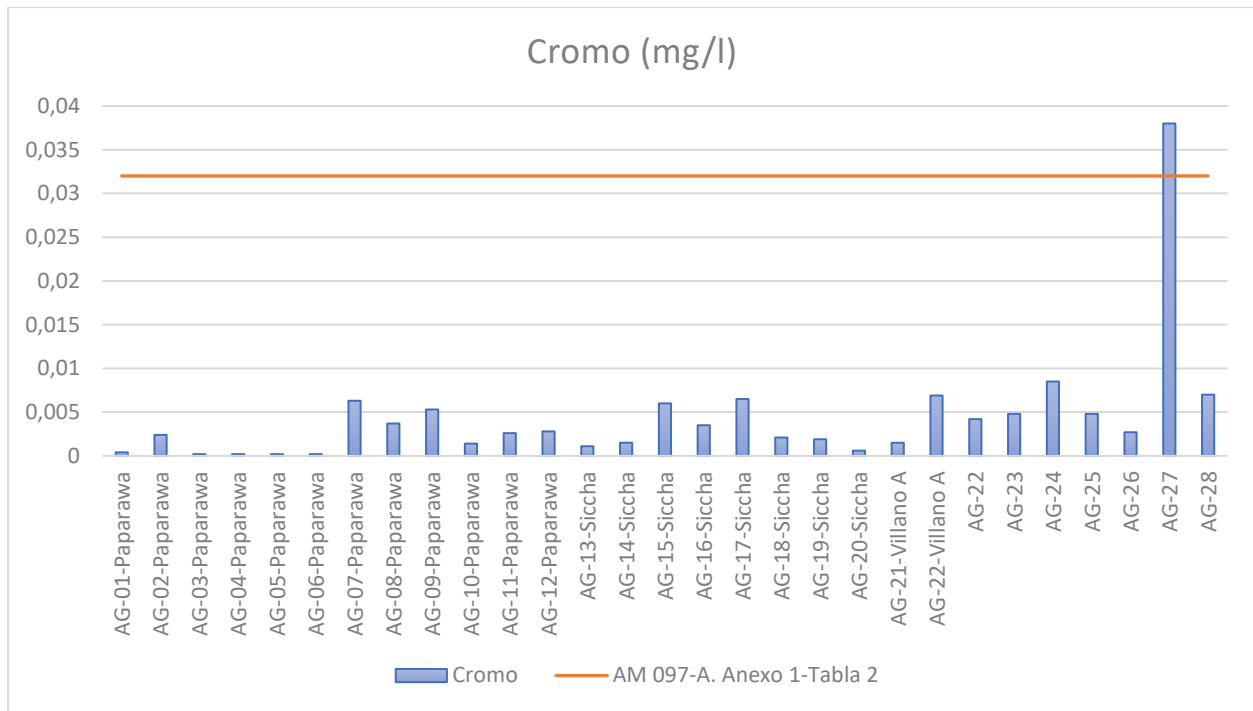


Figura 5-50 Análisis de Resultados de Calidad de Agua [Cromo (mg/l)]

Fuente: GRUENTEC, agosto 2022, enero 2023; Levantamiento de campo, Entrix ,julio - agosto 2022, enero 2023
 Elaborado por: Entrix, enero 2023

Hierro

El hierro es un metal abundante en la corteza terrestre, donde se encuentra principalmente en sus diferentes óxidos. Los iones de hierro Fe²⁺ y Fe³⁺ se combinan fácilmente con compuestos que contienen oxígeno y azufre para formar óxidos, hidróxidos, carbonatos y sulfuros (Mark L. McFarland, Monty C. Dozier, 2001).

Las muestras AG-04-Paparawa, AG-06- Paparawa, AG-07- Paparawa, AG-10- Paparawa, AG-12- Paparawa, AG-15-SICCHA, AG-16-SICCHA, AG-17-SICCHA, AG-20-SICCHA, AG-21-VILLANO A y AG-22-VILLANO A, AG-22, AG-23, AG-24, AG-25, AG-26, AG-27, AG-28 se encuentran por encima del del criterio de calidad establecido en la norma ambiental vigente, que corresponde a 0,3 mg/l. El incumplimiento puede deberse a que la concentración de este elemento en el agua está controlada por procesos de equilibrio químico, como oxidación-reducción, precipitación y disolución de hidróxidos, carbonatos y sulfuros, formación de complejos especialmente con materia orgánica y también por la actividad metabólica de animales y plantas.

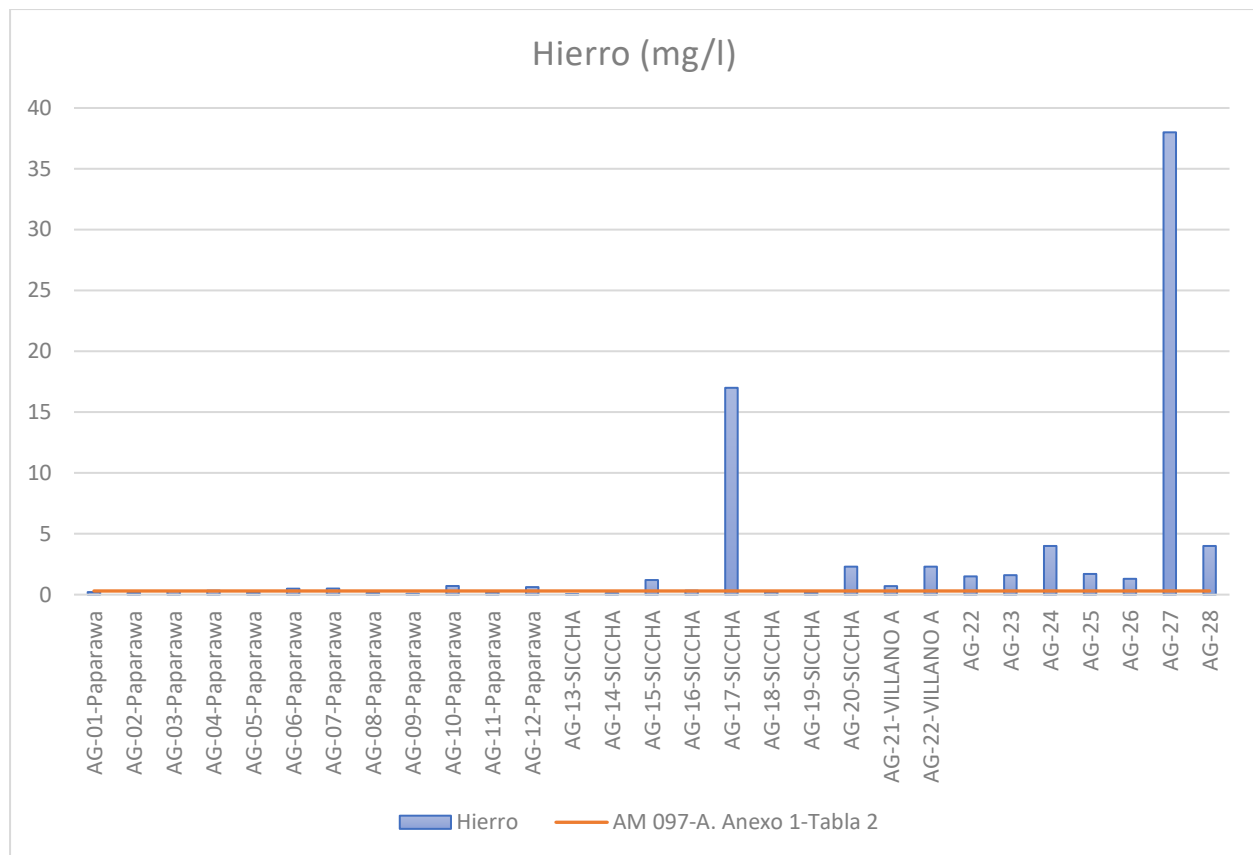


Figura 5-51 Análisis de Resultados de Calidad de Agua [Hierro (mg/l)]

Fuente: GRUENTEC, agosto 2022, enero 2023; Levantamiento de campo, Entrix, julio - agosto 2022, enero 2023.
 Elaborado por: Entrix, enero 2023

Níquel

El níquel puro es un metal duro, blanco-plateado, que tiene propiedades que lo hacen muy deseable para combinarse con otros metales y formar mezclas llamadas aleaciones; es un elemento abundante que constituye cerca de 0,008 % de la corteza terrestre y 0,01 % de las rocas ígneas; se presenta en pequeñas cantidades en plantas y animales así como en el agua de mar, petróleo y en la mayor parte de carbón; en la industria se lo puede encontrar principalmente en el acero inoxidable, pilas recargables, turbinas, artefactos de uso doméstico, como lavaplatos y baterías de cocina. (Ruiz, 2008)

La muestra AG-27, tomada en el Río Villano, ubicada aguas arriba del área geográfica del proyecto, presenta un valor de Níquel de 0,029 mg/l sobre el criterio de calidad establecido en la Tabla 2 del Anexo 1 del AM 97A, correspondiente a (0,025 mg/l). La presencia de Níquel puede estar asociado a procesos antrópicos como descargas domésticas (residuales), uso de pesticidas etc., así como también a las condiciones naturales del área.

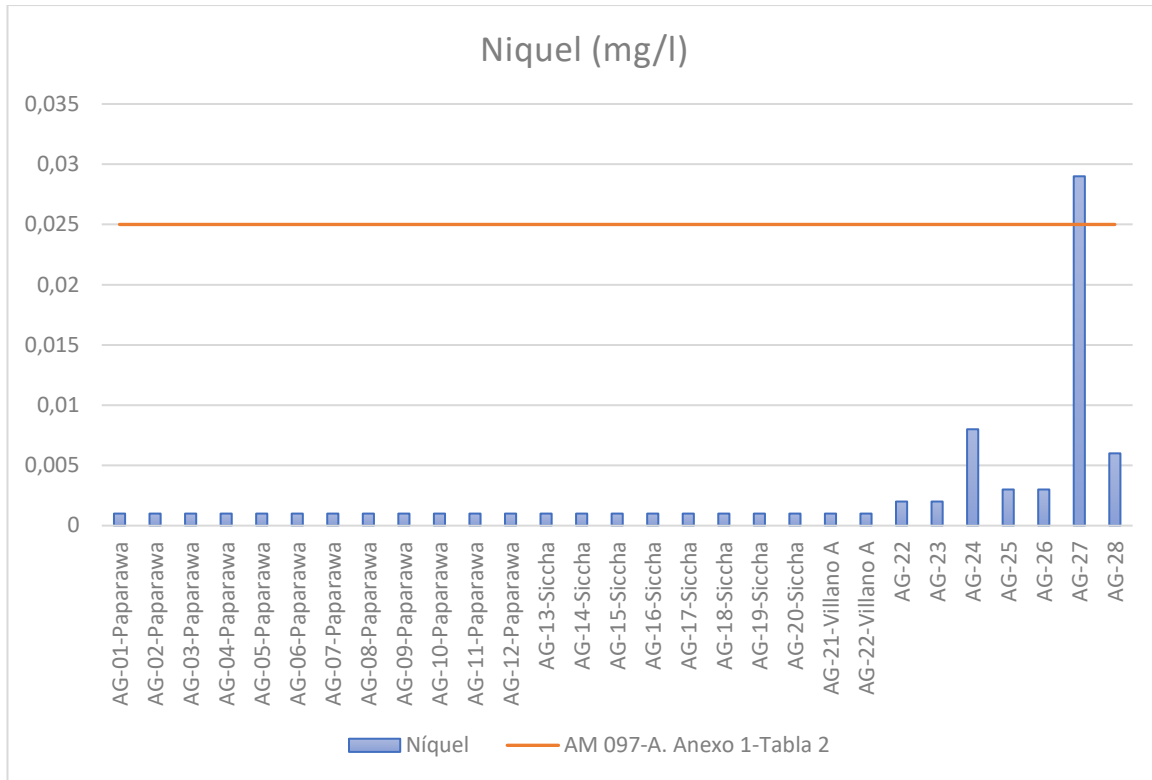


Figura 5-52 Análisis de Resultados de Calidad de Agua [Níquel (mg/l)]

Fuente: GRUENTEC, agosto 2022, enero 2023; Levantamiento de campo, Entrix ,julio - agosto 2022, enero 2023.
 Elaborado por: Entrix, enero 2023

Plomo

El plomo es un metal pesado de origen natural que se encuentra en la corteza terrestre. Parte del plomo se libera en el medio ambiente a través de procesos geofísicos como la meteorización de las rocas y la actividad volcánica (Organización Mundial de la Salud, 2022).

El plomo proviene de la fabricación de acumuladores eléctricos, baterías, pigmentos, explosivos, reactivos químicos, compuestos para soldadura, gasolina y aguas residuales (industriales, negras y grises) (ATSDR D. d., 2005).

La muestra AG-26 y AG-27 presentan un valor de Plomo sobre el criterio de calidad establecido en la Tabla 2 del Anexo 1 del AM 97A, correspondiente a (0,001 mg/l). La presencia de Plomo puede estar asociado a las condiciones naturales del área o actividades antrópicas como descargas domésticas (residuales), industriales, etc.

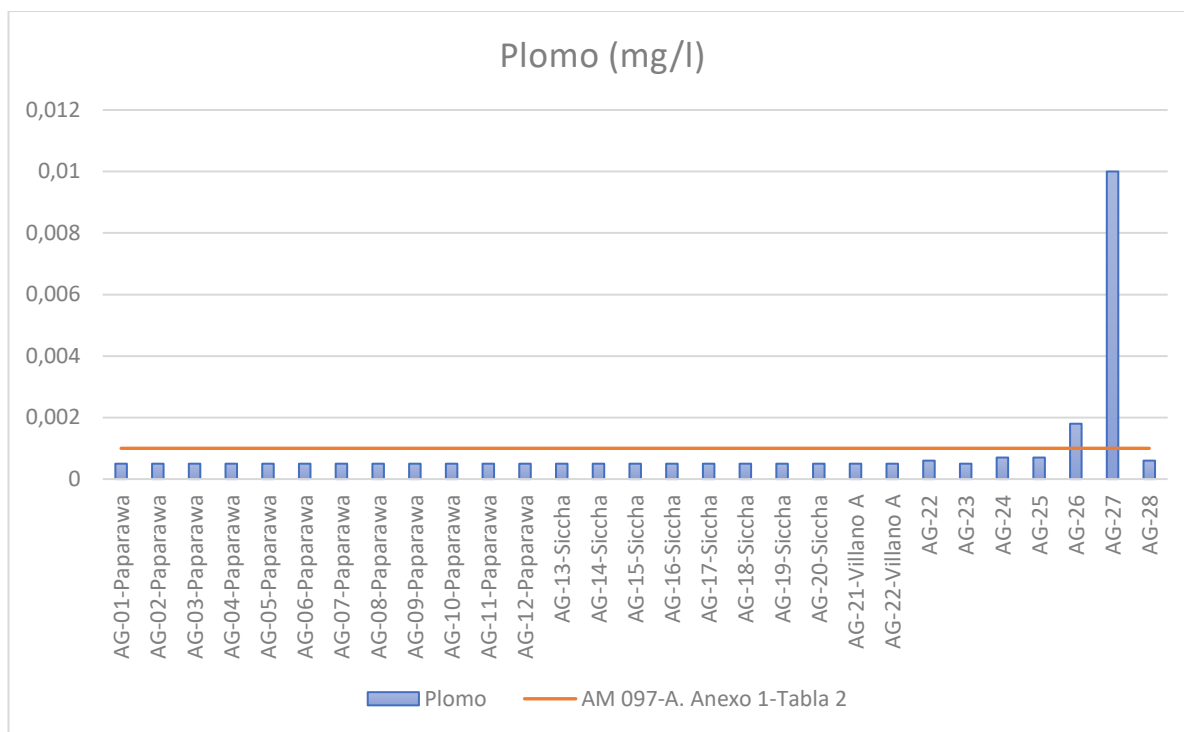


Figura 5-53 Análisis de Resultados de Calidad de Agua [Plomo (mg/l)]

Fuente: GRUENTEC, agosto 2022, enero 2023; Levantamiento de campo, Entrix, julio - agosto 2022, enero 2023.
 Elaborado por: Entrix, enero 2023

5.1.12.4.5 Conclusiones

- > Las muestras fueron analizadas conforme los criterios de calidad detallados en la Tabla 2 “Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios” del Anexo 1 del Acuerdo Ministerial 097-A, con base en lo estipulado en el Acuerdo Ministerial 100-A. Los resultados de las muestras se encuentran bajo el criterio de calidad en algunos de los parámetros analizados, como se puede observar en la Tabla 5-50; sin embargo, los valores obtenidos del análisis del laboratorio del parámetro oxígeno por saturación, cromo, hierro, níquel y plomo presenta valores por fuera de los criterios de calidad establecidos en la Tabla 2, Anexo 1 del A. M. 097-A.
- > En cuanto al parámetro Oxígeno de Saturación que se encuentra por debajo de los criterios de calidad establecidos en la normativa ambiental vigente (> 80 %), si bien la reducción del porcentaje de este parámetro puede afectar en la capacidad de autodepuración, los parámetros de DBO y DQO que se interrelacionan se encuentran en valores por debajo de los criterios de calidad admisibles establecidos en la Tabla 2 del Anexo 1 del A. M. 097-A, por lo que la afectación de este parámetro puede estar influenciado por estacionalidad, actividades antrópicas, estancamiento, entre otros.
- > Respecto al Cromo, el valor reportado por encima del criterio de calidad se asocia a procesos antrópicos como descargas no controladas, uso de químicos, pesticidas, descargas domésticas (residuales), etc.
- > Con relación al Hierro, los valores reportados por encima del criterio de calidad de este parámetro se asocian a procesos de equilibrio químico dado por la actividad metabólica de animales y plantas.
- > Los valores reportados para los metales Níquel y Plomo, sobre el criterio de calidad establecido en la normativa ambiental, puede estar asociado a las condiciones naturales del área al ser elementos

constituyente de la corteza terrestre, así como también proveniente de actividades antrópicas como descargas domésticas (residuales), industriales, etc.

5.1.13 Paisaje Natural

Se puede describir un paisaje por sus rasgos característicos o definirlo refiriéndose a las condiciones en las cuales se formó, así como a aquellas que determinan su evolución actual ante nuestros ojos. Los elementos pueden ser: la vegetación o sus sistemas de explotación, la estructura geológica o topográfica, el clima actual o el balance de la evolución climática anterior, los escurrimientos y el drenaje, el suelo, así como otros más o menos primordiales por la anterioridad cronológica o la anterioridad causal en un sistema interactivo (Winckell et al., 1997).

Con base en la revisión bibliográfica del Centro Ecuatoriano de Investigación Geográfica, en su libro “Los Paisajes Naturales del Ecuador; las Regiones y Paisajes de Ecuador”, el área de estudio pertenece a los paisajes de la Amazonía ecuatoriana, entre ellos terrazas y cordones arenosos (unidad 270) y colinas bajas orientales (unidad 273), como se puede observar en la Figura 5-54.

5.1.13.1 Terrazas y Cordones Arenosos

La extensión de esta unidad coincide muy parcialmente con la de la formación Mera. Se puede suponer que los geólogos no realizaron el reconocimiento y procesamiento cartográfico de esta formación en los lugares donde su depósito se reduce a menos de 2 m de espesor encima de la plataforma arcillosa desgastada subyacente, y que tenían alguna razón en particular para privilegiar a la formación Chambira, que la representaron como aflorante.

Son llanuras de divagación externa. Proviene del esparcimiento de aluviones bajo el efecto del desplazamiento lateral de los cauces ocasionado por fuertes variaciones de las cargas de los ríos (Winckell et al., 1997).

5.1.13.2 Colinas Bajas Orientales

Estas forman el paisaje más común, hasta se podría decir el más característico de la Amazonía ecuatoriana. Bajo su aspecto más típico se trata de conjuntos de pequeños relieves con escasos desniveles (10 a 20 m), convexos, con pendiente baja (menos del 40 %), iguales y nivelados entre sí (unidad 273) (Winckell et al., 1997).

Las colinas ocupan las zonas de afloramiento de arcillas, areniscas y conglomerados de las series miopliocenas (Araujo, Curaray y Chambira). Estas colinas estaban cubiertas por bosques húmedos, densos. (Winckell et al., 1997).

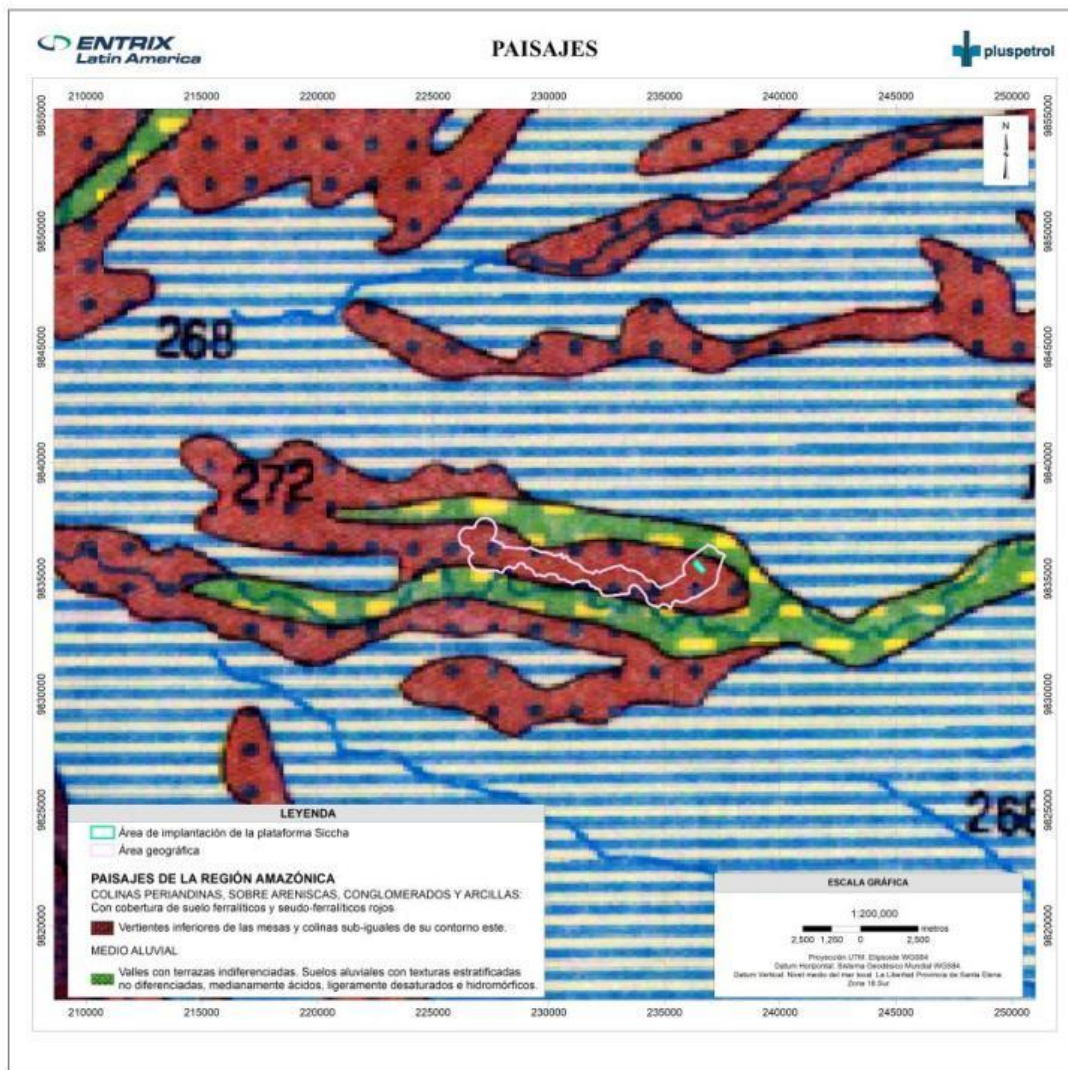


Figura 5-54 Paisajes del Área de Estudio

Fuente: Centro Ecuatoriano de Investigación Geográfica, en su libro “Los Paisajes Naturales del Ecuador; las Regiones y Paisajes de Ecuador” (Winckell et al., 1997).

5.1.13.3 Interpretación de Paisaje por Componentes Ambientales

Conceptualmente, se define al paisaje como “una parte del espacio sobre la superficie terrestre que comprende un estudio de las relaciones de los ecosistemas presentes y constituye una entidad reconocible”.

La evaluación del paisaje no solo comprende la interacción de los elementos naturales, sino su relación con los elementos antrópicos. El paisaje es un elemento dinámico, permanece en continua evolución y transformación, aunque esta no sea perceptible. Su característica dinámica depende de procesos naturales del medio biótico y abiótico y procesos antrópicos, considerando al hombre como un componente elemental de la naturaleza. A pesar de esta influencia, las dinámicas a largo plazo tienden a restaurar el equilibrio causado por cambios bruscos y llevar el conjunto a fases más estables (C. Troll-1971; Zonneveld-1979).

El propósito de este análisis es lograr una recopilación de todos los componentes físicos, biológicos y culturales del área geográfica. Estos componentes incluyen: geología, geomorfología, suelos, hidrología, flora, fauna, uso de suelo y arqueología.

La metodología utilizada es la de Canter (*Environmental Impact Assessment*, 1996, Capítulo 13, Predicción y estudios de impactos visuales), que se basa en información colectada en campo, a la cual se le da una valoración de:

- > **3** = alta
- > **2** = media
- > **1** = baja
- > **0** = ninguna

En base a la valoración, se analizan los siguientes componentes:

5.1.13.3.1 Estado Natural

Esta es una medida que evalúa la cercanía de cada componente al estado natural sin cambios antropogénicos. Cualitativamente, una calificación Alta implica que no existen cambios antrópicos significativos; Media, que hay evidencia de algunos cambios significativos; y, Baja que el componente ha sido visiblemente alterado.

5.1.13.3.2 Escasez

Esta es una medida que evalúa la rareza de un componente estético dentro del contexto del ambiente donde ocurra. Alta significa que el componente estético no es común en la región. Media significa que el componente estético está presente y no es raro. Baja significa que el componente estético es común.

5.1.13.3.3 Estética

Es una medida que evalúa la apreciación y las consideraciones sobre la calidad sensorial del componente (sentidos), especialmente la capacidad de agrado hacia el observador. Es importante decir que la cuantificación de esta variable es subjetiva, ya que dependerá del criterio y conocimiento que tenga el observador sobre el área analizada. Un valor Alto significa que el valor visual es considerado muy atractivo. Medio significa que el valor visual es considerado atractivo. Bajo significa que el valor visual no tiene una significancia especial para el observador.

5.1.13.3.4 Importancia para la Conservación

Es una medida que evalúa la importancia para la conservación de la zona, incluyendo su relevancia turística, histórica, arqueológica, ecológica o de interés arquitectónico. Una calificación cuantitativa Alta significa que es un área muy importante para la conservación (como parques nacionales, reservas, bosques protectores). Media significa que es un área importante para la conservación (como pantanos y bosques maduros). Baja significa que son áreas intervenidas.

5.1.13.3.5 Resultados

En la siguiente tabla se presenta un resumen de la valoración de las características del paisaje, que muestra un promedio de la valoración considerada por cada especialista.

Tabla 5-51 Valoración del Paisaje

Factores	Componentes					
	Geología y Geomorfología	Hidrología	Flora	Fauna	Arqueología	Resumen de Componentes
Estado Natural	2	2	2	2	2	2
Escasez	2	2	2	2	1	1,8
Estética	2	3	2	2	1	2
Importancia para la Conservación	2	3	2	2	2	2,2
General	2	2,5	2	2	1,5	2

Elaboración: Entrix, octubre 2022

5.1.13.3.6 Análisis de la Valoración del Paisaje

Estado Natural

La fisiografía del área en estudio se caracteriza por presentar los siguientes tipos de paisajes geomorfológicos bien definidos:

- > Paisaje tectónico erosivo: Relieves colinados medios y relieves colinados altos
- > Paisaje Fluvial: Superficie de cono de esparcimiento muy disectado, abrupto de cono de esparcimiento, paisaje de valle fluvial de inundación y terrazas medias
- > Paisaje Laderas: vertiente rectilínea y paisajes de coluvión antiguo.

Mantiene su estado natural con bajas intervenciones e intrusiones antrópicas corresponde a un bosque natural poco intervenido, en vista a su escasa accesibilidad mediante vías de acceso.

En cuanto a la hidrología, presenta grandes pendientes que sirven de drenajes naturales, permitiendo la formación de flujos laminares de agua en la parte baja.

En cuanto a los aspectos biológicos de las áreas de estudio, la mayor parte existen gran cobertura vegetal y bosques con evidencia de poca intervención antropogénica.

Escasez

Estas geoformas o características superficiales son comunes en la Amazonía de este país, por tal motivo no es un componente estético raro, pero no deja de ser un atractivo por su condición selvática y natural.

En relación con las geoformas y características superficiales, hidrológicamente, el área geográfica presenta características comunes de la Amazonía, con pendientes pronunciadas, áreas mal drenadas y nivel freático que se encuentra entre los 2 y 4 m.

En cuanto a flora y fauna de las especies identificadas el tipo de vegetación que domina el área geográfica y sus alrededores es el Bosque siempreverde de tierras bajas del Tigre-Pastaza (BsTa03), que presenta un estado de conservación relativamente bueno. Su estructura vertical está compuesta por todos los estratos del bosque (emergentes, dosel, subdosel, sotobosque y crecimiento bajo), e identificando especies faunísticas de sensibilidad media-alta.

Estética

En cierta medida, los paisajes, por las grandes extensiones que ocupan, presentan un aceptable contraste entre ellos, por lo que resulta interesante su apreciación; esto da una valoración de 2, media.

Respecto a la hidrología, es un aspecto estético importante a nivel de paisaje y, tomando en cuenta que el geográfica cuenta con pendientes que forman cuerpos de agua y vertientes resultado de la escorrentía se lo ha calificado con 3, alto.

En cuanto a la flora y fauna, se le ha asignado una valoración de 2, media, considerando sus características de conservación relativamente bueno.

Importancia para la Conservación

En vista de que el área del proyecto presenta un valor alto de conservación, por ser un sector poco intervenido, respecto a la geología y geomorfología se ha asignado una calificación de conservación 2, media.

Respecto a la hidrología, el área del proyecto presenta pendientes que forman quebradas y drenajes naturales que dan lugar a cuerpos de agua y vertientes. Se ha considerado la relación directa con aspectos climáticos y ecosistémicos que influyen en la recarga hídrica de los cuerpos de agua existentes, por ello se ha asignado un valor de 3, alto.

En cuanto a la flora y fauna, el área de estudio se encuentra poco alterada por actividades antrópicas; presentando especies de sensibilidad Media-Alta, por lo que se le ha asignado un valor de 2, media.

5.1.13.3.7 Conclusiones

El área de estudio ha sido catalogada a nivel de paisaje con un valor de 2 (media) debido a las características geomorfológicas, hidrológicas, bióticas y culturales evidenciadas durante el levantamiento de información de campo, como se detalla en la Tabla 5-51. Es importante señalar que el Plan de Manejo Ambiental está diseñado para las diferentes actividades a ser ejecutadas por el proyecto, el cual mantendrá un enfoque preventivo respecto a los diferentes componentes paisajísticos, velando por su preservación y la interacción entre ellos.

Página en blanco