

Historial del Documento

Versión	Fecha Entrega	Descripción o actualización	Elaborado Por	Revisado por
0.0	08/03/2022	Elaboración del Informe	Freddy Tamayo	Adriana Jaramillo
1.0	06/06/2022	Elaboración del Informe	Freddy Tamayo	
2.0	14/12/2022	Respuesta a observaciones	Andrea Meza	Adriana Jaramillo

© 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

6	Diagnóstico Ambiental Línea Base	6-13
6.2	Componente Físico	6-13
6.2.1	Climatología	6-13
6.2.2	Geología.....	6-25
6.2.3	Geomorfología	6-28
6.2.4	Estabilidad Geomorfológica	6-35
6.2.5	Tectónica.....	6-37
6.2.6	Vulcanismo.....	6-38
6.2.7	Sismicidad.....	6-38
6.2.8	Hidrologeología	6-43
6.2.9	Geotecnia	6-49
6.2.10	Suelos	6-56
6.2.11	Hidrología y Calidad de Agua	6-81
6.2.12	Calidad de Aire.....	6-106
6.2.13	Ruido Ambiental.....	6-112
6.2.14	Campos Electromagnéticos	6-124
6.2.15	Paisaje Natural.....	6-133

Tablas

Tabla 6-7	Estaciones Meteorológicas Cercanas al Área del Proyecto	6-13
Tabla 6-8	Ubicación de la Estación Meteorológica Puyo.....	6-17
Tabla 6-9	Caracterización Climática-Estación Meteorológica Puyo-Período 2009-2019.....	6-17
Tabla 6-10	Rangos de Pendientes.....	6-28
Tabla 6-11	Unidades del Paisaje Geomorfológico.....	6-31
Tabla 6-12	Estabilidad Geomorfológica y Riesgo Físico	6-36
Tabla 6-13	Unidades Litológicas por Permeabilidad Intergranular y por Fracturamiento.....	6-44
Tabla 6-14	Inventario de Puntos de Agua Subterránea.....	6-45
Tabla 6-15	Definición Práctica de Clases de Vulnerabilidad a la Contaminación de Acuíferos.....	6-47
Tabla 6-16	Análisis de Vulnerabilidad de Acuíferos a la Contaminación	6-48
Tabla 6-17	Calidad Geotécnica y Valoración.....	6-50
Tabla 6-18	Descripción de las Zonas Geotécnicas.....	6-51
Tabla 6-19	Ubicación de los Puntos de Muestreo	6-52
Tabla 6-20	Características Físicas de los Suelos	6-53
Tabla 6-21	Ubicación de Muestras Edafológicas.....	6-57
Tabla 6-22	Resultados de Edafología.....	6-57
Tabla 6-23	Matriz de Interpretación del Conflicto de Uso del Suelo.....	6-63

Tabla 6-24	Parámetros Analizados para Calidad de Suelo	6-67
Tabla 6-25	Ubicación de Puntos de Muestreo de Calidad de Suelo	6-68
Tabla 6-26	Resultados de Calidad de Suelo.....	6-71
Tabla 6-27	Asociación de las Muestras de Suelo tomadas para Adecuación de Accesos	6-80
Tabla 6-28	Unidades Hidrográficas del Área de Estudio	6-82
Tabla 6-29	Características de las Unidades Hidrográficas del Área de Estudio	6-84
Tabla 6-30	Rangos Aproximados del Factor de Forma	6-87
Tabla 6-31	Rangos Aproximados de la Densidad del Drenaje	6-89
Tabla 6-32	Coeficientes a partir de los Parámetros Fisiográficos de las Unidades Hidrográficas del Área de Estudio	6-89
Tabla 6-33	Análisis de Resultados del Coeficiente de Forma (kt).....	6-91
Tabla 6-34	Análisis de Resultados del Coeficiente de Compacidad (kc)	6-92
Tabla 6-35	Análisis de Resultados de Densidad de Drenaje (Dd).....	6-93
Tabla 6-36	Análisis de Resultados de Sinuosidad (Si)	6-94
Tabla 6-37	Características del Equipo de Medición de Parámetros In Situ	6-95
Tabla 6-38	Parámetros a ser Analizados.....	6-96
Tabla 6-39	Ubicación de Puntos de Muestreo de Calidad de Agua	6-97
Tabla 6-40	Parámetros In Situ de los Cuerpos de Agua Muestreados.....	6-100
Tabla 6-41	Resultados de Calidad de Agua	6-101
Tabla 6-42	Asociación de las muestras de agua tomadas para adecuación de accesos	6-104
Tabla 6-43	Equipos Utilizados para la Medición	6-106
Tabla 6-44	Parámetros Analizados y Criterios de Calidad de Aire.....	6-109
Tabla 6-45	Ubicación de Puntos de Monitoreo de Calidad de Aire	6-110
Tabla 6-46	Resultados del Monitoreo de Calidad de Aire	6-111
Tabla 6-47	Ubicación de Puntos de Medición de Ruido Ambiental	6-115
Tabla 6-48	Análisis de Resultados de las Mediciones de Ruido Ambiental	6-121
Tabla 6-49	Asociación de las Mediciones de Ruido tomadas para Adecuación de Accesos	6-124
Tabla 6-50	Equipo Utilizado para la Caracterización de Campos Electromagnéticos.....	6-125
Tabla 6-51	Niveles de Referencia para la Exposición a CEM de 60 Hz.....	6-125
Tabla 6-52	Ubicación de los Puntos de Medición de CEM.....	6-127
Tabla 6-53	Resultados de Medición del Campo Eléctrico	6-131
Tabla 6-54	Resultados de Medición del Campo Magnético	6-132
Tabla 6-55	Evaluación del Paisaje.....	6-135
Tabla 6-56	Valoración del Paisaje	6-136

Figuras

Figura 6-1	Tipos de Clima de las Estaciones más Cercanas al Área del Proyecto.....	6-14
Figura 6-2	Isoyetas de las Estaciones más Cercanas al Área del Proyecto	6-15
Figura 6-3	Isotermas de las Estaciones más Cercanas al Área del Proyecto	6-16
Figura 6-4	Precipitación Media-Estación Meteorológica M 008 (2009-2019)	6-18
Figura 6-5	Temperatura Media-Estación Meteorológica M 008 (2009-2019)	6-19
Figura 6-6	Humedad Relativa-Estación Meteorológica M 008 (2009-2019).....	6-20
Figura 6-7	Nubosidad-Estación Meteorológica M 008 (2009-2019)	6-20
Figura 6-8	Velocidad del Viento-Estación Meteorológica M 008 (2009-2019).....	6-21
Figura 6-9	Rosa de los Vientos-Estación Meteorológica M 008 (2009-2019)	6-22
Figura 6-10	Evapotranspiración Potencial-Estación Meteorológica M 008 (2009-2019).....	6-23
Figura 6-11	Balance Hídrico-Estación Meteorológica M 008 (2009-2019)	6-23
Figura 6-12	Diagrama Ombrométrico-Estación Meteorológica M 008 (2009-2019).....	6-24
Figura 6-13	Columna Estratigráfica de la Cuenca Oriente	6-26
Figura 6-14	Llanura Ligeramente Ondulada (UTM: 194509-9844979).....	6-33
Figura 6-15	Coluvial Antiguo (UTM: 182623-983974)	6-34
Figura 6-16	Áreas en Porcentaje en Función de las Geoformas del Área de Estudio	6-35
Figura 6-17	Magnitudes de los Eventos en las Fuentes Corticales, Terremotos con Profundidades \leq 35 km	6-40
Figura 6-18	Magnitudes de los Eventos en las Fuentes Profundas, Terremotos con Profundidades $>$ 35 km	6-40
Figura 6-19	Fallas Cuaternarias en las Cercanías de la LT.....	6-41
Figura 6-20	Mapa de Zonas Sísmicas para Propósitos de Diseño y Valor del Factor de Zona Z.....	6-42
Figura 6-21	Valoración GOD para Vulnerabilidad de Acuíferos	6-47
Figura 6-22	Muestreo de Suelo-Calidad de Suelo	6-65
Figura 6-23	Análisis de Resultados de Calidad de Suelo pH (unid. pH).....	6-73
Figura 6-24	Análisis de Resultados de Calidad de Suelo Azufre (mg/kg)	6-74
Figura 6-25	Análisis de Resultados de Calidad de Suelo Bario (mg/kg)	6-75
Figura 6-26	Análisis de Resultados de Calidad de Suelo Cobalto (mg/kg)	6-76
Figura 6-27	Análisis de Resultados de Calidad de Suelo Cobre (mg/kg).....	6-77
Figura 6-28	Análisis de Resultados de Calidad de Suelo Cromo (mg/kg).....	6-78
Figura 6-29	Análisis de Resultados de Calidad de Suelo Mercurio (mg/kg).....	6-79
Figura 6-30	Análisis de Resultados de Calidad de Suelo Vanadio (mg/kg)	6-80
Figura 6-31	Comparación de la Forma de Unidades Hidrográficas según Kc.....	6-88
Figura 6-32	Ubicación de Puntos de Muestreo de Calidad de Agua	6-97
Figura 6-33	Análisis de Resultados de Calidad de Agua pH (unid. pH)	6-103

Figura 6-34	Análisis de Resultados de Calidad de Agua Aluminio (mg/l).....	6-104
Figura 6-35	Ubicación de Puntos de Monitoreo de Calidad de Aire	6-110
Figura 6-36	Ubicación de Puntos de Medición de Ruido Ambiental	6-113
Figura 6-37	Análisis de Resultados de Ruido Ambiental Nocturno (dB).....	6-123
Figura 6-38	Ubicación de Puntos de Medición de CEM	6-126
Figura 6-39	Paisajes del Área de Estudio (línea de transmisión SE CPF-SE Puyo).....	6-134

6 Diagnóstico Ambiental Línea Base

6.2 Componente Físico

6.2.1 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).

6.2.1.1 Metodología

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 y recolectados durante un lapso de al menos 10 años, conforme lo establecen los requerimientos establecidos por el Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica (MAATE). De esta manera, la información recolectada permite realizar la caracterización de los parámetros climáticos de la zona.

Las estaciones públicas analizadas son operadas por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) y por 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 6- y Figura 6-1 muestran las estaciones meteorológicas más cercanas al área del proyecto.

Tabla 6-7 Estaciones Meteorológicas Cercanas al Área del Proyecto

Nombre de la Estación	Tipo de Estación	Código	Coordenadas UTM WGS 84 Zona 18 Sur		Altitud	Operador	Distancia* (km)
			Este (m)	Norte (m)			
Puyo	Meteorológica	M0008	171037,27	9833351,39	956	INAMHI	3,81
Río Pastaza en nuevo Puente a Palora	Hidrológica	H5029	179316,13	9807686,62	784	INAMHI	30,55
Aeropuerto Amazonas Río	Meteorológica	N/A	159129,42	9833423,5	1051	DGAC	8,94

* Distancia al área del proyecto

Fuente: INAMHI, 2022; DGAC, 2022

Elaboración: Entrix, febrero 2022

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 de 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.

Todas las estaciones descritas en la Tabla 6-, según la información proporcionada por el INAMHI 2017, poseen el mismo tipo de clima, que corresponde a clima superhúmedo sin déficit de agua, mesotérmico templado-cálido o cálido, como se puede apreciar en la siguiente figura:

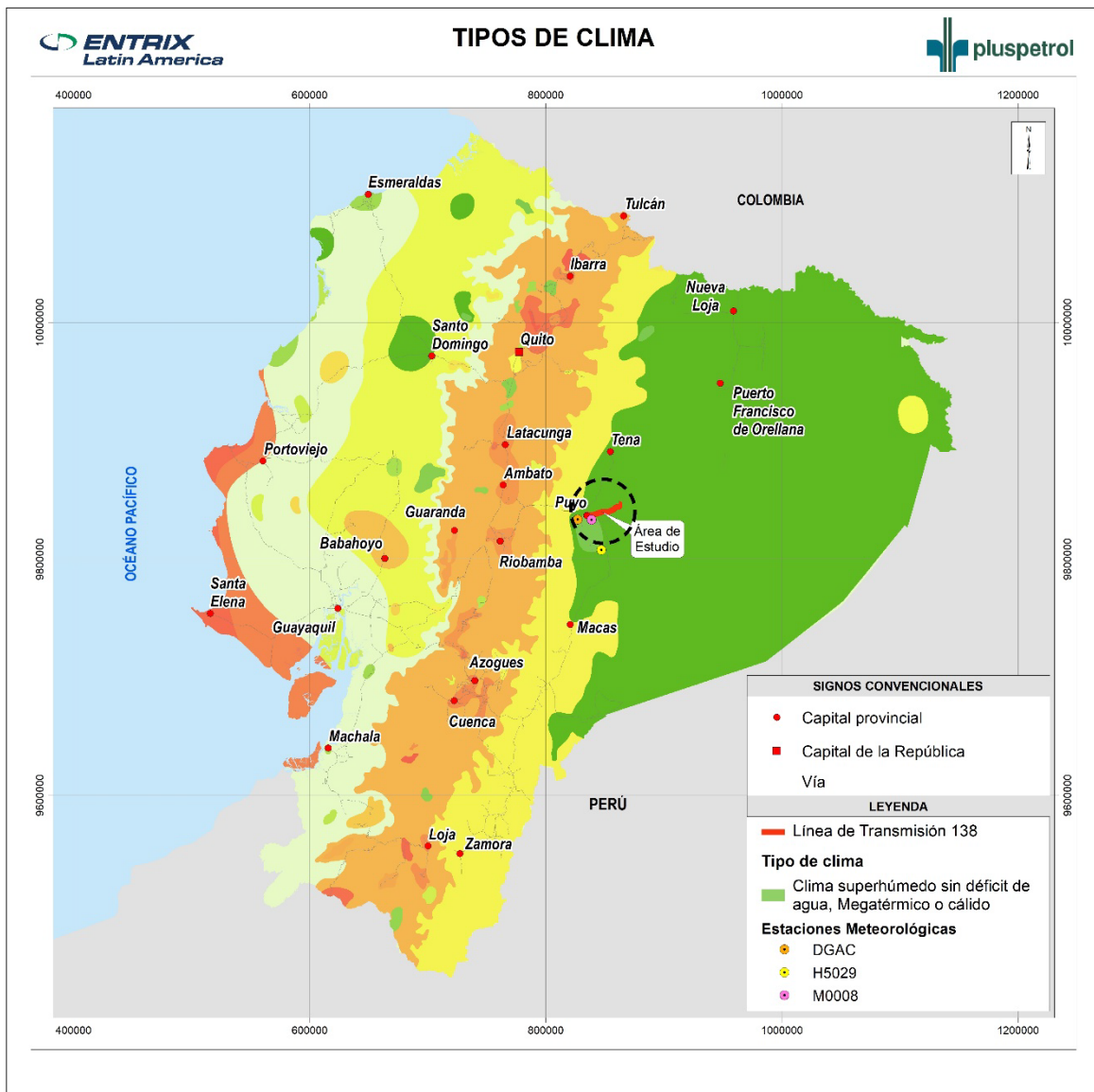


Figura 6-1 Tipos de Clima de las Estaciones más Cercanas al Área del Proyecto

Fuente: INAMHI, Escala 1:100 000, 2017
Elaboración: Entrix, febrero 2022

Por otro lado, la estación del aeropuerto Río Amazonas y la estación Puyo se encuentran en la misma isoyeta, con una precipitación de 4000-5000 mm (Figura 6-2), y la isoterma se encuentra a una temperatura de 20-22 °C (Figura 6-3), la cual se ubica en el área de estudio. Adicionalmente, la estación hidrológica Río Pastaza en Nuevo Puente a Palora se encuentra en la isoyeta con una precipitación de 3000-4000 mm (Figura 6-2), y la isoterma que se encuentra a una temperatura de 22-24 °C (Figura 6-3).

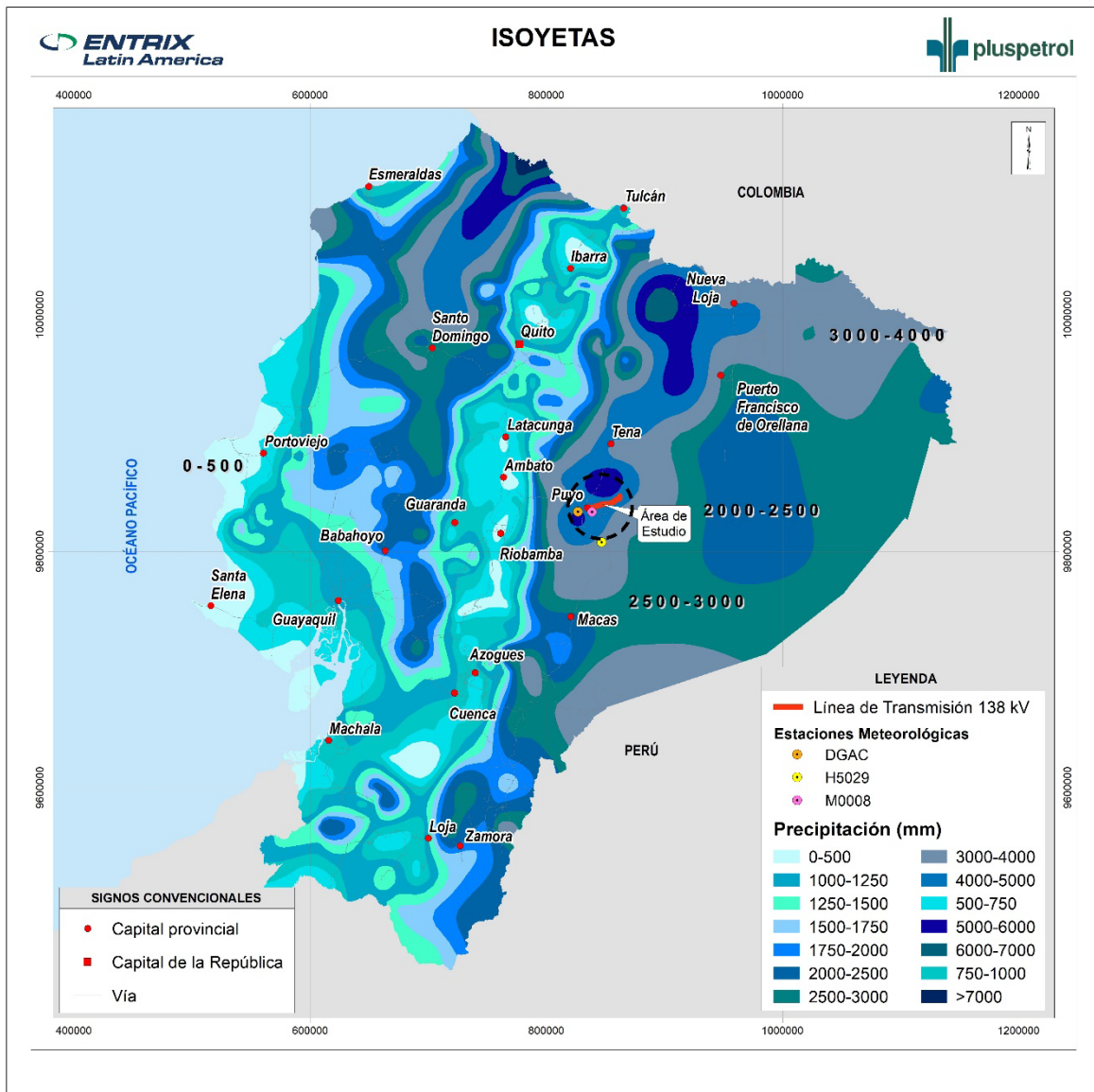


Figura 6-2 Isoyetas de las Estaciones más Cercanas al Área del Proyecto

Fuente: INAMHI, Escala 1:100 000, 2017
 Elaboración: Entrix., febrero 2022

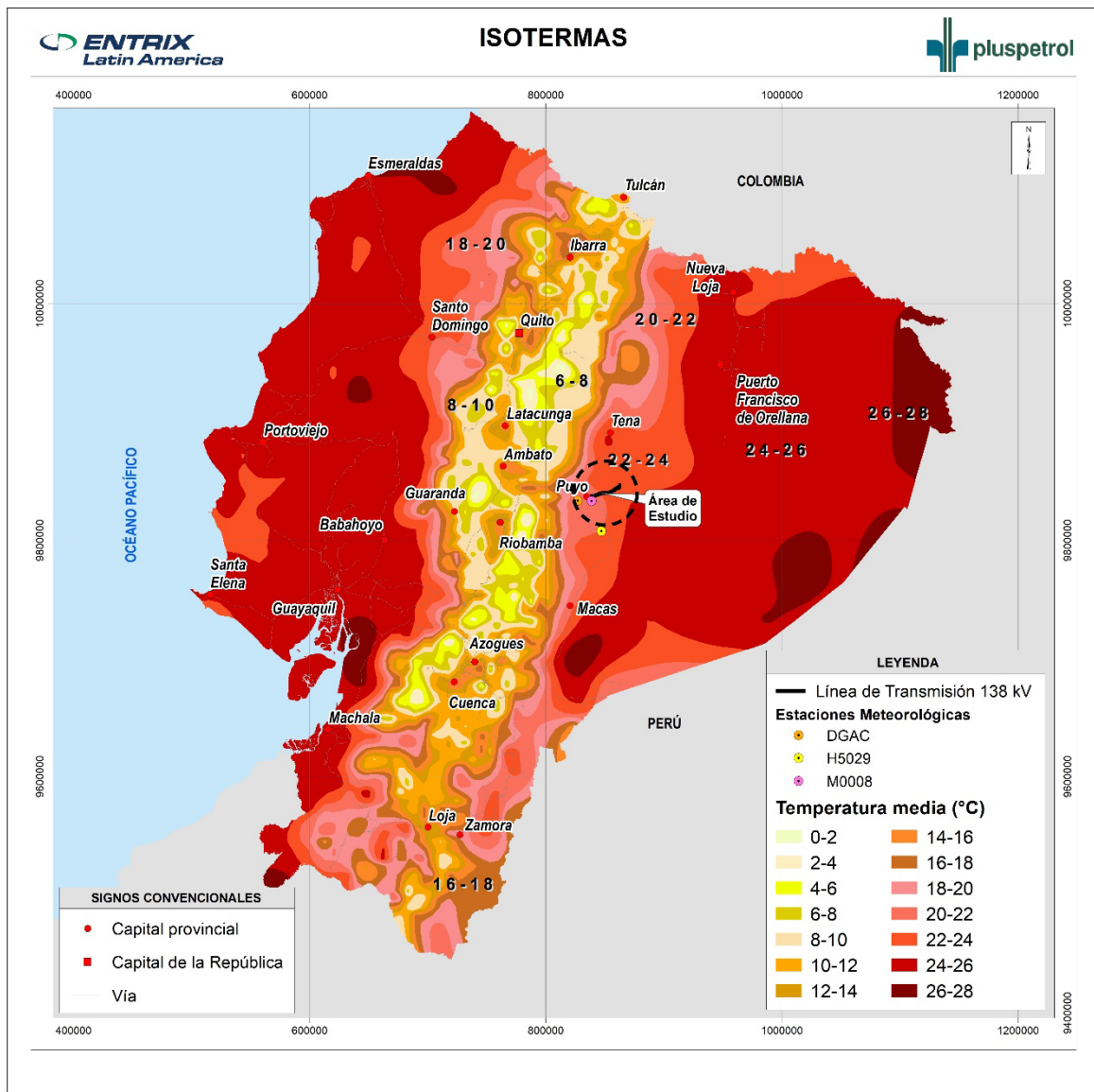


Figura 6-3 Isotermas de las Estaciones más Cercanas al Área del Proyecto

Fuente: INAMHI, Escala 1:100 000, 2017
 Elaboración: Entrix., febrero 2022

Finalmente, respecto a la distancia de la ubicación de las estaciones descritas en la Tabla 6-8, referente al área donde se ejecutará el proyecto, la estación más cercana corresponde a la M0008 (Puyo) del INAMHI, a 3,81 km, y dispone de información meteorológica completa, con un período mayor a 10 años, lo cual permitirá la descripción y análisis de la información climatológica del sitio del proyecto.

Sobre esta base, para el análisis climatológico se ha considerado la información de la estación meteorológica Puyo (M0008), del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), con recopilación histórica del período comprendido de 2009 hasta 2019 (Anexo B.- Documentos de Respaldo, B.1.- Físico, B.1.1.- Climatología).

Tabla 6-8 Ubicación de la Estación Meteorológica Puyo

Nombre de la Estación	Tipo de Estación	Código	Coordenadas UTM WGS 84 Zona 18 Sur		Altitud	Operador	Distancia* (km)
			Este (m)	Norte (m)			
Puyo	Meteorológica	M0008	171037,27	9833351,39	956	INAMHI	3,81

* Distancia al área del proyecto

Fuente: INAMHI, 2022

Elaboración: Entrix, febrero 2022

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 6-9 se presentan los valores de los diferentes parámetros climatológicos analizados con base en la información obtenida de la estación meteorológica de El Puyo. El análisis estadístico se realizó sobre la base de los registros mensuales, y el periodo de datos manejados fue de 11 años, comprendidos entre el 2009 y 2019. Estos datos corresponden a los promedios mensuales multianuales.

Tabla 6-9 Caracterización Climática-Estación Meteorológica Puyo-Periodo 2009-2019

Parámetro (valores medios)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media	Total
Precipitación (mm)	425,9	375,8	448,4	501,5	439,8	381,2	364,4	306,7	271,4	389,7	404,6	364,3	389,5	4673,5
Humedad relativa (%)	89,0	89,5	89,4	88,5	89,3	89,3	88,0	85,4	85,5	85,4	87,7	88,6	87,9	1055,4
Nubosidad (octas)	6	7	7	6	6	7	6	6	5	6	6	6	6	73,0
Temperatura media (°C)	21,4	21,4	21,5	21,6	21,5	20,9	20,7	21,2	21,6	22,0	22,1	21,6	21,5	257,4
Temperatura máxima (°C)	29,7	29,4	29,7	29,7	29,3	28,5	28,7	30,1	30,9	30,6	30,2	29,8	29,7	356,5
Temperatura mínima (°C)	15,4	15,7	15,6	15,2	15,3	15,2	13,4	13,0	13,0	14,4	15,2	14,8	14,7	176,2
Velocidad del viento (kt)	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	7,6
ETP Thornthwaite (mm)	83,4	75,5	84,3	83,3	84,3	79,5	74,6	81,7	83,0	89,8	87,5	85,5	82,7	992,5
Balance hídrico (mm)	342,5	300,3	364,0	418,2	355,5	301,8	289,8	225,0	188,3	299,8	317,0	278,7	306,8	3681,1

Fuente: Estación Meteorológica Puyo, INAMHI, febrero 2022

Elaborado por: Entrix, febrero 2022

6.2.1.2 Precipitación

La precipitación anual en la región amazónica se presenta de forma general en el orden de los 2000 y 5000 mm. 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 septiembre a noviembre, el segundo, de acuerdo con los registros de la estación meteorológica El Puyo (Anexo B.- Documentos de Respaldo, B.1.- Físico, B.1.1.- Climatología). Los datos analizados corresponden a la información proporcionada por el INAMHI, los cuales representan valores de la media mensual anual para el período 2009-2019.

Abril tiene la pluviosidad media más alta (501,5,8 mm) y septiembre tiene la pluviosidad media más baja (271,4). La precipitación media mensual anual es de 389,7 mm y total anual es 4673,5 mm.

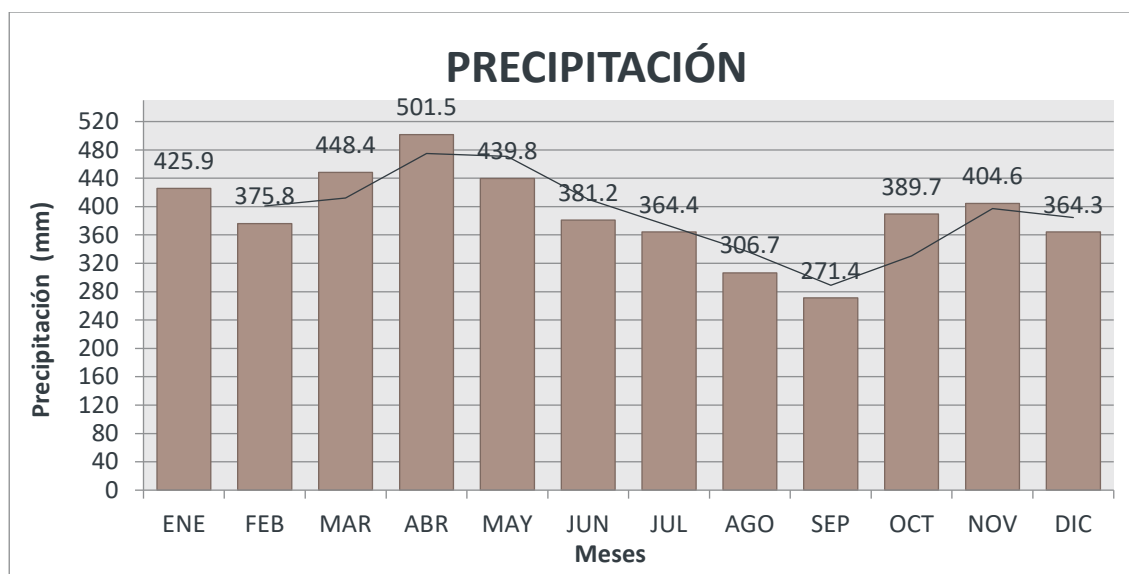


Figura 6-4 Precipitación Media-Estación Meteorológica M 008 (2009-2019)

Fuente: Estación Meteorológica Puyo, INAMHI, febrero 2022
Elaborado por: Entrix, febrero 2022

6.2.1.3 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). Los datos analizados corresponden a la información proporcionada por el INAMHI, los cuales representan valores de la media mensual anual para el período 2009-2019.

La temperatura media anual del período considerado es 21,5 °C, con una oscilación térmica (diferencia entre la temperatura máxima y mínima registrada) de 15 °C en el período analizado (2009-2019).

La mayor temperatura media se registra en octubre y noviembre, con un máximo de 22,1 °C, mientras que julio tiene la temperatura media más baja, con 20,7 °C de acuerdo con los registros de la estación meteorológica El Puyo (Anexo B.- Documentos de Respaldo, B.1.- Físico, B.1.1.- Climatología).

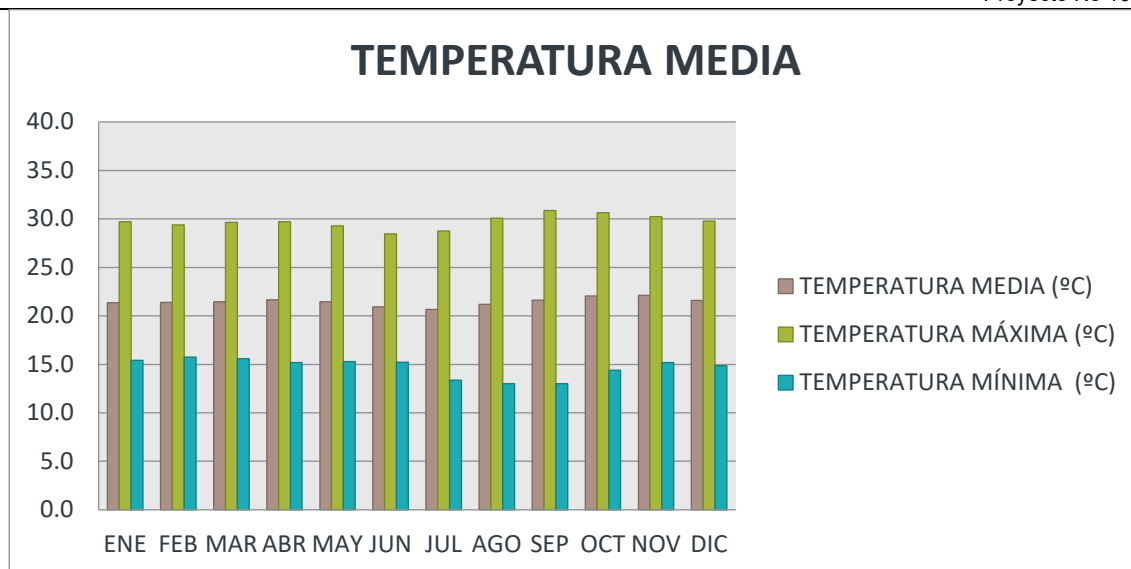


Figura 6-5 Temperatura Media-Estación Meteorológica M 008 (2009-2019)

Fuente: Estación Meteorológica Puyo, INAMHI, febrero 2022

Elaborado por: Entrix, febrero 2022

6.2.1.4 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 agua en la atmósfera (INAMHI, 2017). Los datos analizados corresponden a la información proporcionada por el INAMHI, los cuales representan valores de la media mensual anual para el período 2009-2019.

La humedad es un parámetro importante en la información de los fenómenos meteorológicos, ya que de manera complementaria 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 87,9 %. Los valores máximos se observan de enero a junio, 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 presencia de vegetación.

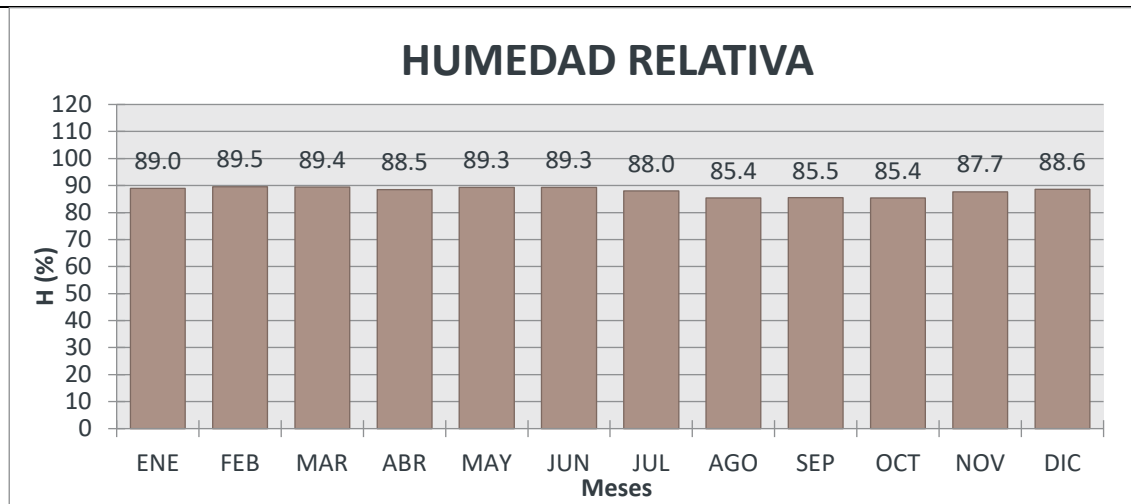


Figura 6-6 Humedad Relativa-Estación Meteorológica M 008 (2009-2019)

Fuente: Estación Meteorológica Puyo, INAMHI, febrero 2022
Elaborado por: Entrix, febrero 2022

6.2.1.5 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). Los datos analizados corresponden a la información proporcionada por el INAMHI, los cuales representan valores de la media mensual anual para el período 2009-2019.

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 6-7 muestra que a lo largo del año la cubierta de nubes se encuentra entre 5,0 y 7,0 octas, con un promedio de 6, siendo septiembre el mes con menos cobertura nubosa, con un mínimo de 5,0 octas; mientras que febrero, marzo y junio son los meses más nubosos, con un máximo de 7,0 octas.

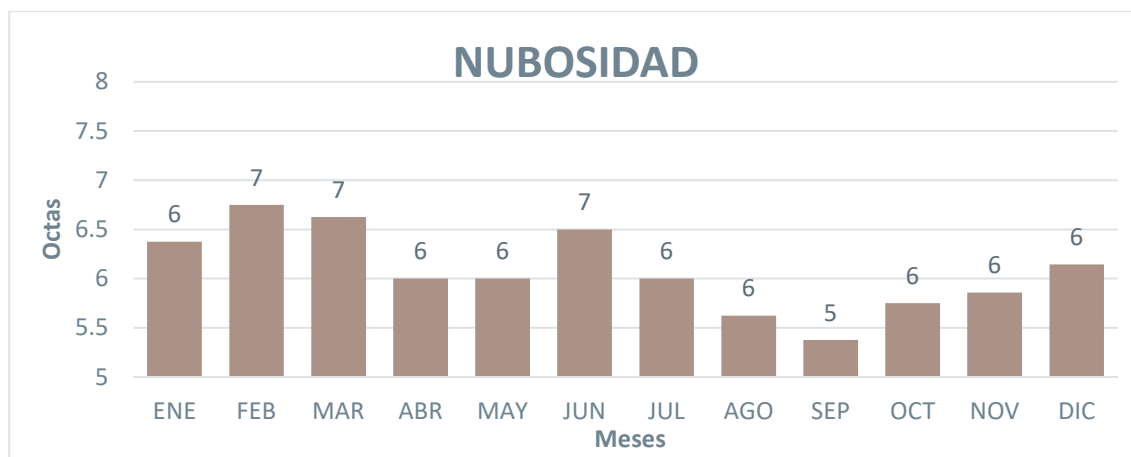


Figura 6-7 Nubosidad-Estación Meteorológica M 008 (2009-2019)

Fuente: Estación Meteorológica Puyo, INAMHI, febrero 2022
Elaborado por: Entrix, febrero 2022

6.2.1.6 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). Los datos analizados corresponden a la información proporcionada por el INAMHI, los cuales representan valores de la media mensual anual para el período 2009-2019.

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, mostrando un valor medio de velocidad del viento de 2,28 km/h.

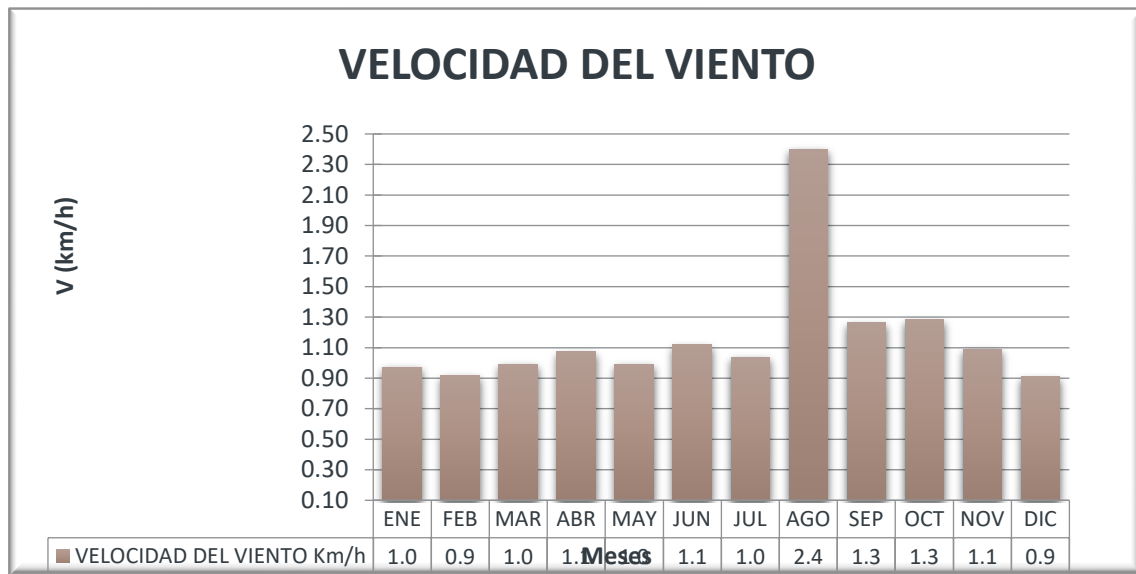


Figura 6-8 Velocidad del Viento-Estación Meteorológica M 008 (2009-2019)

Fuente: Estación Meteorológica Puyo, INAMHI, febrero 2022
Elaborado por: Entrix, febrero 2022

Respecto a 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 6-9), en la cual de manera gráfica se puede visualizar el comportamiento del viento en función de su dirección y velocidad, lo que permite el análisis del comportamiento climático. 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 El Puyo, en promedio, se establece como dirección predominante al este (E), con un porcentaje de 45,20 %; seguida de la dirección noreste (NE), con un porcentaje de 19,40 %; a continuación, la dirección norte (N), con un porcentaje de 11,30 %; seguida de la dirección nor-noreste (NNE), sureste (SE) y sur-suroeste (SSW), con un porcentaje de 4,80 %; a continuación, la dirección sur (S) y suroeste (SW), con un porcentaje de 3,20 %; y finalmente, la dirección suroeste (SW) y oeste (W) con un porcentaje de 1,60 %. La siguiente figura detalla gráficamente las direcciones del viento, junto con los porcentajes antes mencionados.

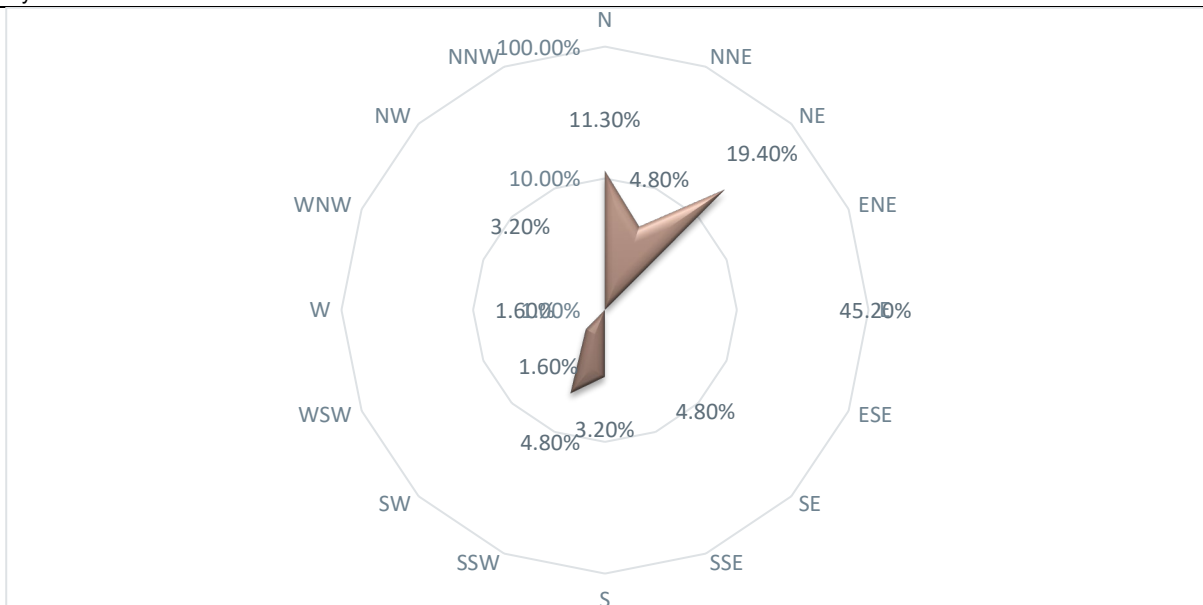


Figura 6-9 Rosa de los Vientos-Estación Meteorológica M 008 (2009-2019)

Fuente: Estación Meteorológica Puyo, INAMHI, febrero 2022

Elaborado por: Entrix, febrero 2022

6.2.1.7 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 utilizada 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.

Los datos analizados corresponden a la información proporcionada por el INAMHI, los cuales representan valores de la media mensual anual para el período 2009-2019.

Durante el período de 2009-2019, en la estación El Puyo los valores más altos se registran en octubre, noviembre y diciembre, mientras que el valor más bajo se presenta en julio debido a una disminución de la temperatura en comparación con los registrados en otros meses. La media mensual de evapotranspiración en la zona con la valoración de los datos de la estación es de 82,7 mm.

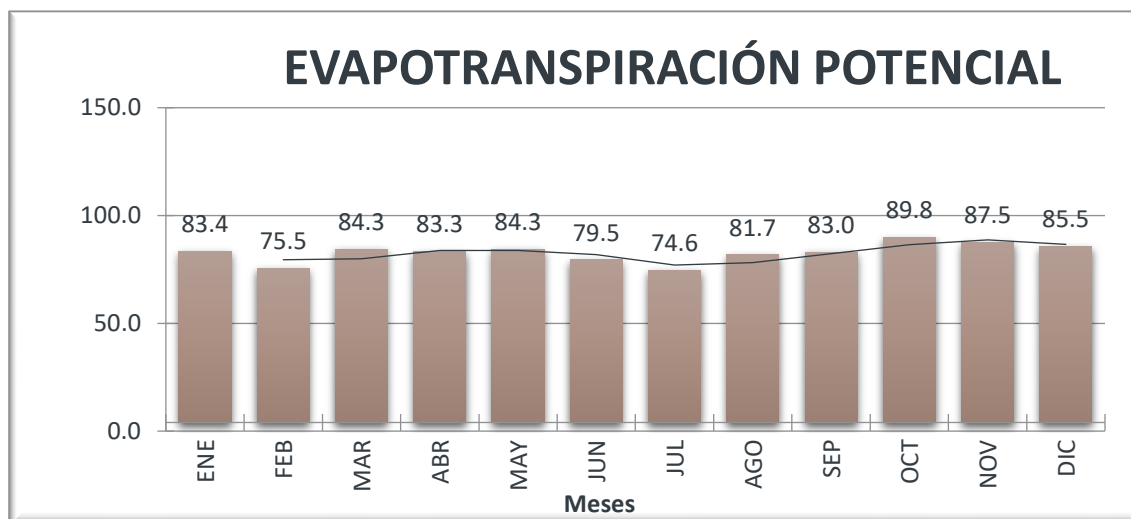


Figura 6-10 Evapotranspiración Potencial-Estación Meteorológica M 008 (2009-2019)

Fuente: Estación Meteorológica Puyo, INAMHI, febrero 2022
Elaborado por: Entrix, febrero 2022

6.2.1.8 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 (2009-2019), el valor total anual es de 3681,1 mm (la media corresponde a 306,8 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. Los datos analizados corresponden a la información proporcionada por el INAMHI, los cuales representan valores de la media mensual anual para el período 2009-2019.

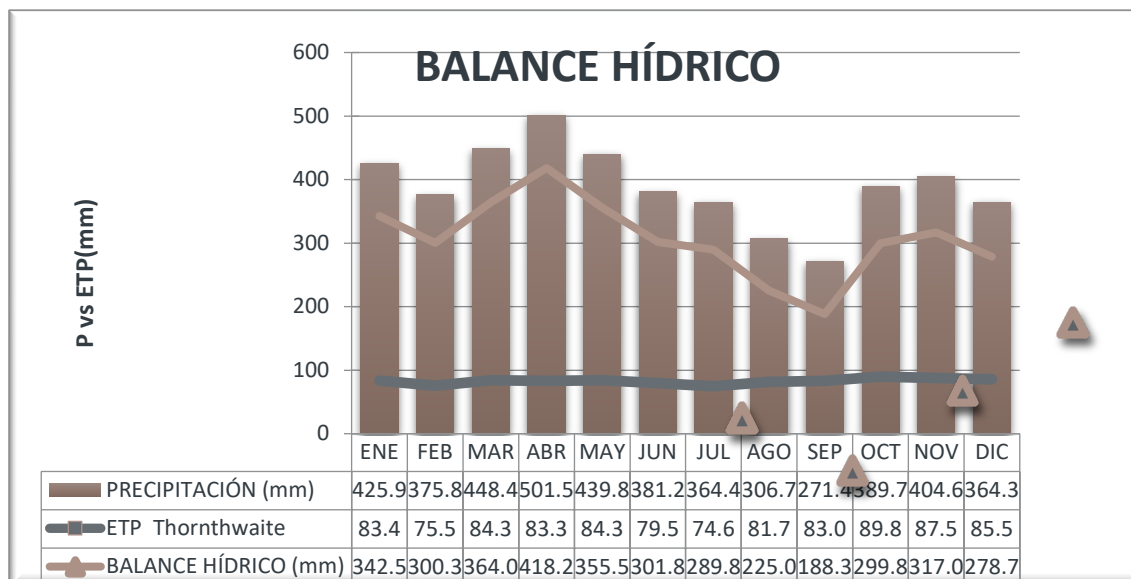


Figura 6-11 Balance Hídrico-Estación Meteorológica M 008 (2009-2019)

Fuente: Estación Meteorológica Puyo, INAMHI, febrero 2022
Elaborado por: Entrix, febrero 2022

6.2.1.9 Clasificación Climática

La clasificación climática se realiza mediante el método de Gausson (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 Gausson, 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, porque 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 Gausson, en el que se muestran los datos de temperatura y pluviosidad del período evaluado de la estación meteorológica El Puyo.

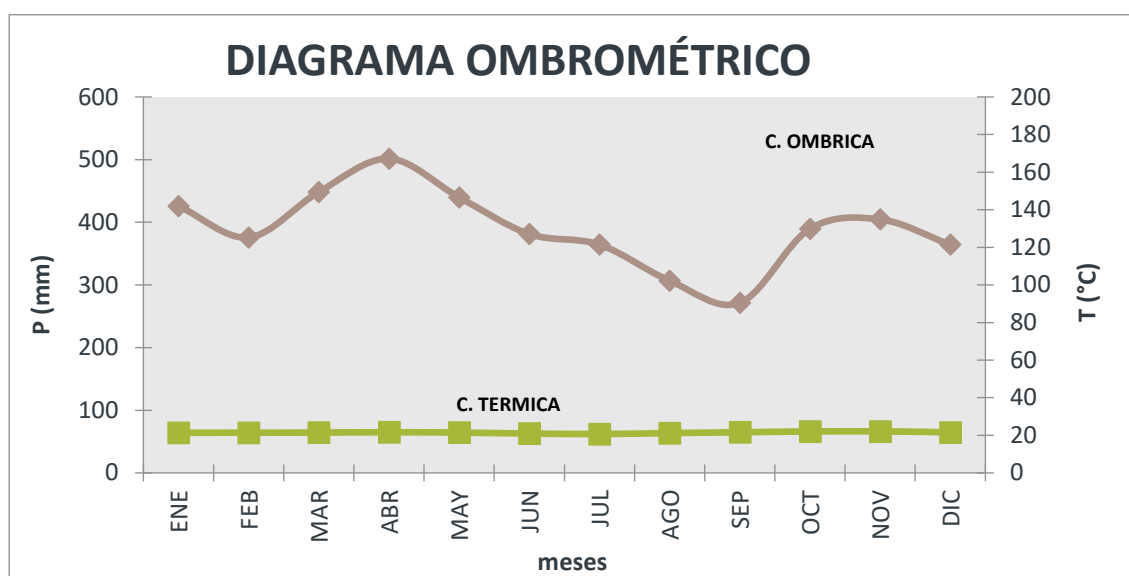


Figura 6-12 Diagrama Ombrométrico-Estación Meteorológica M 008 (2009-2019)

Fuente: Estación Meteorológica Puyo, INAMHI, febrero 2022

Elaborado por: Entrix, febrero 2022

Como se observa en la Figura 6-12, la curva de precipitaciones (C. ómbrica) a lo largo del año en ningún caso 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 mesotérmico templado cálido (Anexo D.-Cartografía, Mapa 6.1-1-A Tipo de Climas, Mapa 6.1-1-C Isotermas, Mapa 6.1-1-D Isoyetas).

6.2.1.10 Conclusiones

- > La estación meteorológica El Puyo (M008) dispone de registros completos y permite realizar un análisis histórico y confiable de la climatología del área de estudio.
- > La precipitación media mensual anual en la zona del proyecto está en el orden de los 389,5 mm, valor característico de la región amazónica; la temperatura media anual corresponde a 21,5 °C, con una

humedad relativa de 87,9 %. La evapotranspiración calculada es 82,7 mm con un superávit hídrico durante todo el año. La clasificación climática, conforme los datos disponibles, corresponde a mesotérmico templado cálido (Anexo D.-Cartografía, Mapa 6.1-1-A Tipo de Climas, Mapa 6.1-1-C Isotermas, Mapa 6.1-1-D Isoyetas).

6.2.2 Geología

6.2.2.1 *Metodología*

Para la caracterización geológica se tomó de base especialmente la siguiente información: Mapa Geológico de las Provincias Orientales, editado por el INEMIN en 1987, escala 1: 250 000, la Hoja Geológica del Puyo publicada en 1983 por la Dirección General de Geología y Minas; Mapa Geológico de la República de Ecuador, Instituto de Investigación Geológicas, Mineras y Metalúrgicas, 2017; y, Mapa Geológico de la Cuenca Oriental editado por PETREPRODUCCIÓN-RID en el 2002, escala 1: 1 000 000.

6.2.2.2 *Geología Regional*

La cuenca Oriente presenta continuidad lateral (correlación) con la cuenca Putumayo en Colombia hacia el norte, y hacia el sur en el Perú con la cuenca Marañón. Aunque sus nombres son diferentes debido a las fronteras políticas, estas cuencas comparten muchas características geológicas, especialmente la arquitectura estratigráfica durante los tiempos del Cretácico al reciente.

La cuenca Oriente tiene una columna sedimentaria de aproximadamente 16 000 pies, que va desde los depósitos sedimentarios paleozoicos hasta el Cuaternario. Esta sección sedimentaria ha sido empujada y plegada debido a la compresión andina durante el Cretácico tardío a los tiempos del terciario (se forman los diferentes campos petroleros de la cuenca Oriente-trampas) (Baldock, 1982; Canfield et al., 1982).

El relleno sedimentario de esta cuenca es bastante complejo y se compone de diferentes eventos sedimentarios separados por hiatos relacionados con eventos tectónicos. La historia sedimentaria de esta cuenca comienza en el Paleozoico, con la deposición de las formaciones de Macuma y Pumbuiza en los tiempos del Devónico-Carbonífero. Está superpuesto de forma inconforme por los sedimentos marinos continentales Triásico-Jurásico a superficial de las formaciones de Santiago, Chapiza y Misahuallí. Esta formación posterior está representada por una sección volcánicamente sedimentaria localmente gruesa. Estas unidades, comúnmente conocidas como series ‘precretáceas’ parecen estar confinadas en *grabens* y *half-grabens* que han sido cubiertas por un importante evento erosivo antes del depósito de la serie Cretáceo.

La estratigrafía propuesta para la cuenca Oriente se resume en la columna tectono-estratigráfica y eventos geodinámicos propuesta por J. Chiriboga, O. Corozo, 2010 (Figura 6-13).

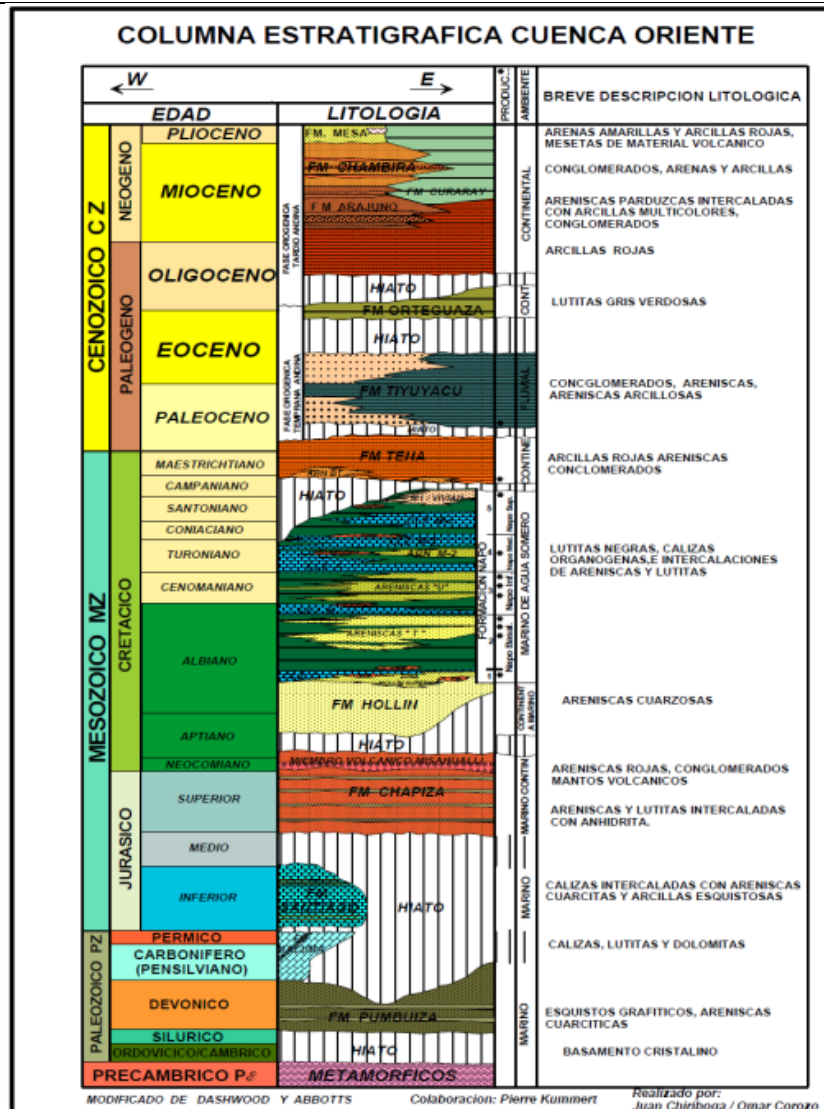


Figura 6-13 Columna Estratigráfica de la Cuenca Oriente

Fuente: J. Chiriboga, O. Corozo. Petroecuador E. P. 2014

6.2.2.3 Geología Local

En el área de estudio afloran las formaciones: Arajuno, Mera y depósitos aluviales graficadas en el mapa geológico (Mapa 6.1-2 Mapa Geológico). A continuación, se realiza la descripción de las formaciones litológicas que afloran en el corredor de estudio:

6.2.2.3.1 Estratigrafía

Formación Arajuno (Mioceno, MA)

Aflora en tres pequeños sectores del mapa geológico del área de estudio. Fisiográficamente, corresponde a una serie de colinas bajas a muy bajas. Su afloramiento típico se localiza en el río Arajuno, tributario del río Napo a 15 km al sureste de Puerto Napo (Tschopp en 1953).

Se encuentra constituida por arenisca de grano fino-medio y grueso de color pardo hasta rojizo, conglomerados intercalados con limolitas y arcillolitas rojizas. Tschopp en 1953 divide a la formación en:

- > Arajuno Inferior: Donde predominan areniscas con lentes de guijarros, conglomerados y arcilla bentonítica.
- > Arajuno Medio: Arcillas coloradas con yeso en la base y tobáceas hacia arriba, contienen algunos moluscos y foraminíferos.
- > Arajuno Superior: Predominan arenas con lignito, arcillas ligníticas y betas de carbón.

Esta formación pertenece a un ambiente continental de agua dulce. Su potencia llega a tener 1000 m. La formación Arajuno contiene una fauna un tanto indeterminada (Bathysiphon, Trochammina, Valvulina), pero se le ha considerado una edad del Mioceno.

Formación Mera (PLQm, Cuaternario)

Aflora en un alto porcentaje del área estudiada. La línea de transmisión desde el CPF a la SE Puyo se localizaría en esta unidad litológica. Forma una amplia llanura generalmente cubierta por depósitos aluviales recientes. Sus afloramientos típicos se localizan principalmente en los márgenes del río Pastaza, donde forma las paredes de sus terrazas aluviales holocenas. La formación Mera (Tschopp, 1953) consiste en un abanico aluvial de pie de monte compuesto principalmente de clastos volcánicos, graníticos y en menor proporción metamórficos, soportados por una matriz argilo-arenosa de afinidad volcánica; los clastos en la parte proximal pueden llegar a ser bloques de más de 1,5 m de diámetro. Potentes bancos de areniscas y conglomerados afloran en el sector sureste del CPF se encuentra en discordancia sobre las formaciones más antiguas.

La edad precisa de la formación Mera no ha sido establecida, pero por su posición relativa y gracias a pocos análisis de carbono-14 se la considera del Pleistoceno (Bès de Berc et al., 2005) y, en términos generales, del Cuaternario.

Depósitos Coluviales (Holoceno-QC)

Ocupan las partes medias y bajas de las laderas, sector de la calicata MS-1. 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.

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

Los drenajes superficiales del área de estudio 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 Arajuno y Mera y se presentan en formas de relieves planos.

Los materiales depositados por el río Puyo son distales y están constituidos por depósitos de rodados gruesos, redondeados, bien clasificados y sedimentos arenosos y limo-arenosos que varían de gruesos a finos. Su espesor, en algunos casos, llega a superar los 10 m.

6.2.2.3.2 Geología Estructural

La línea de transmisión se ubica en lo que se denomina geológicamente como depresión Pastaza, que es una zona de transición entre el levantamiento Napo y el levantamiento Cutucú. En esta depresión afloran esencialmente sedimentos neógenos y cuaternarios por lo que su expresión geomorfológica corresponde a mesas y relieves derivados de pie de monte, se caracterizan por ser superficies planas u onduladas sobre basamento horizontal, cortadas por dos lineamientos estructurales (fallas) de dirección NO-SE en el sector intermedio de la línea de transmisión.

De las unidades litológicas aflorantes en el sector la formación Arajuno se presenta en potentes estratos que sobrepasan los 1000 m de espesor que están levemente plegados, con ángulos de buzamientos no mayores a los 10° SE.

La formación Mera es por lo general masiva, en posición subhorizontal con inclinación generalmente al este. Los depósitos aluviales y coluviales son masivos sobrepuestos sobre las formaciones antes descritas.

6.2.3 Geomorfología

6.2.3.1 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 6-10, 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; 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, que se han 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 Pastaza, de Sigtierras, 2015. Toda la información recopilada fue enriquecida con la obtenida durante las fases de gabinete y campo.
- > Primeramente, se reinterpreto el sector con ayuda de las imágenes satelitales (SPOT 7, resolución 1,5 m, 2019), 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 B. Cartografía, 6.1-6 Mapa Geomorfológico).

Tabla 6-10 Rangos de Pendientes

Clase	Rango de Pendiente (%)	Tipo de Pendiente
1	0-2	Plana
2	2-5	Muy suave
3	5-15	Suave
4	15-25	Moderada
5	25-45	Abrupta
6	45-70	Muy abrupta
7	> 70	Extremadamente abrupta

Fuente: Modificado de SIGTIERRAS 2015
Elaboración: Entrix, marzo 2022

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

Como está descrito en la sección de geología, en el área afloran rocas y depósitos sedimentarias de edades Mioceno al Cuaternario. 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.

El río Puyo, como los demás drenajes secundarios, son de valles poco profundos de pequeña extensión, tienen drenajes subdentríticos de densidad baja. Hacia los márgenes del sistema de drenaje la geomorfología está dominada por el conjunto de colinas estructurales de diferente altitud y en mayor proporción por llanuras de extensión importante.

La morfología del sector está comprendida entre altitudes de 1080 a 983 msnm, de pendientes suaves a muy suaves, donde hay un predominio de rangos de pendientes entre 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.

6.2.3.2 Sistema de Clasificación Geomorfológico

En el Mapa 6.1-6 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 de estudio. Las unidades del mapa se clasificaron en tres jerarquías, las que se definen como:

- > Regiones.
- > Sistemas.
- > Paisajes geomorfológicos.

En la Tabla 6-11 se presenta una breve descripción de las unidades geomorfológicas identificadas y su jerarquía.

Página en blanco

Tabla 6-11 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 pantanos y	Fluvial	Llanuras ligeramente onduladas	LL	0-5	Terrazas antiguas, onduladas, poco disectadas. Caracterizadas por pendientes de muy suaves a medias (de 2 a 25 %), un desnivel relativo de 25 a 100 m y vertientes de longitud muy larga (más de 500 m) 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 15 y 100 m. 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 periódicas
		Laderas	Coluvión antiguo	Col2	3-5	Formados por material heterogéneo. De pendientes de suaves a abrupta (de 5 a 40 %), desniveles relativos muy variables: de 5 hasta 200 m y longitudes de vertiente van desde los 50 a más de 100 m.	Medio. Caída de rocas, pequeños deslizamientos.
			Vertiente heterogénea	Lh1	4-5	Son laderas sobre la formación Mera, de perfil mixto o irregular, rango de pendientes (del 12 al 70 %) y desniveles relativos entre 25 y 300 m. Las vertientes tienen longitudes generalmente de moderadamente largas a largas (de 50 a más de 200 m) con formas irregulares o mixtas	Medio. Caída de rocas, pequeños deslizamientos

Proyecto No 10490408

Unidades Geomorfológicas				Símbolo	Clase de Pendiente	Descripción	Susceptibilidad a los Fenómenos Morfodinámicos
Región	Sistemas	Génesis	Unidades del Paisaje				
			Vertiente heterogénea con fuerte disección	Lh4	4-5	Laderas desarrolladas sobre la formación Mera. Se caracteriza por presentar pendientes moderadas a abruptas (de 15 a 45 %), desniveles relativos muy variables que oscilan entre 15 y 300 m y longitudes de vertiente superiores a 500 m.	Medio. Caída de rocas, pequeños deslizamientos
	Colinas	Tectónico erosivo	Colinas muy bajas a bajas	C1	2-5	Colinas muy bajas a bajas, muy disectadas, alargadas, de cimas planas y alargadas. Pendientes entre el 12 y el 40 %, de cimas medianamente planas y alargadas, con un desnivel relativo dominante entre 5 y 25 m, los valles presentan formas en V y U.	Media a moderada a la erosión y movimientos en masa
		Volcánico	Domo	D	3-6 %	Elevación volcánica en forma de domo, constituida por lavas porfíricas y extrusivos indiferenciados, de pendientes suaves a muy abruptas. Desnivel relativo de 25 a 100 m y vertientes de longitud larga (25 a 100 m).	Media a moderada a la erosión y movimientos en masa

Fuente: Modificado de SIGTIERRAS, 2015

Elaboración: Entrix, marzo 2022

6.2.3.3 Paisajes Geomorfológicos

Se ha identificado los siguientes paisajes dentro del área de estudio:

6.2.3.3.1 Paisajes de Colinas Muy Bajas a Bajas (C1)

Son colinas estructurales no plegadas, modeladas en un ambiente de disección y erosión, en rocas sedimentarias en posición subhorizontal de la formación Arajuno, distribuidas en altitudes entre 280 msnm hasta 368 msnm, en clima húmedo tropical, por lo que sobre estas se han desarrollado profundos suelos residuales rojos dando aspecto de “colinas en media naranja” (SIGTIERRAS, 2015). La mayor longitud de las líneas de flujo se localiza en esta unidad de paisaje.

Los paisajes colinados presentan pendientes entre el 12 y el 40 %, formando colinas muy bajas y bajas de cimas medianamente planas y alargadas, con un desnivel relativo dominante entre 5 y 25 m, los valles presentan formas en V y U. Comprenden el 3,21 % del área 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 fenómenos es de media a moderada.

6.2.3.3.2 Paisajes de Domo (D)

Elevación volcánica en forma de domo, constituida por lavas porfídicas, extrusivos indiferenciados, de pendientes suaves a muy abruptas, un desnivel relativo de 25 a 100 m y vertientes de longitud larga (25 a 100 m). Representa el 1,65 % del área de estudio.

6.2.3.3.3 Paisajes de Llanura Ligeramente Ondulada (LL)

Es un ambiente deposicional reciente, constituido 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 inferiores al 10 %, con un grado de disección ligero a moderado, conservando los interfluvios planos. Comprenden mayor porcentaje del área estudiada con el 88,17 %. Toda la infraestructura proyectada se localiza en este paisaje.



Figura 6-14 Llanura Ligeramente Ondulada (UTM: 194509-9844979)

Fuente: Levantamiento de información en campo, Entrix, enero 2022

6.2.3.3.4 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 m. Las longitudes de vertiente son fundamentalmente de moderadamente largas a muy largas con formas cóncavas, mixtas, rectilíneas o irregulares. Comprenden el 0,17 % del área estudiada.

6.2.3.3.5 Paisajes de Valle Fluvial, Llanura de Inundación (F1)

Se trata de llanuras de divagación fluvial del río Puyo asociadas directamente a la dinámica fluvial. 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 en matriz de texturas variables. Comprenden el 0,54 % del área estudiada.

6.2.3.3.6 Paisajes de Coluvión Antiguo (Col2)

Esta geoforma de ladera sobre depósitos coluviales antiguos está formada 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 abruptas (de 5 a 40 %), desniveles relativos muy variables, de 5 hasta 200 m, y las longitudes de vertiente van desde los 50 a más de 100 m. Comprenden el 0,17 % del área estudiada.



Figura 6-15 Coluvial Antiguo (UTM: 182623-983974)

Fuente: Levantamiento de información en campo, Entrix, enero 2022

6.2.3.3.7 Vertiente Heterogénea (Lh1)

Son laderas sobre la formación Mera, de perfil mixto o irregular que presentan un amplio rango de pendientes (del 12 al 70 %) y desniveles relativos muy variables con predominio de los comprendidos entre 25 y 300 m. Las vertientes tienen longitudes generalmente de moderadamente largas y largas (de 50 a más de 200 m) con formas irregulares o mixtas. Comprenden el 2,97 % del área estudiada.

6.2.3.3.8 Vertiente Heterogénea con Fuerte Disección (Lh4)

Laderas desarrolladas sobre la formación Mera. Se caracteriza por presentar pendientes moderadas a abruptas (de 15 a 45 %), desniveles relativos muy variables que oscilan entre 15 y 300 m y longitudes de vertiente superiores a 500 m. Comprenden el 0,97 % del área estudiada.

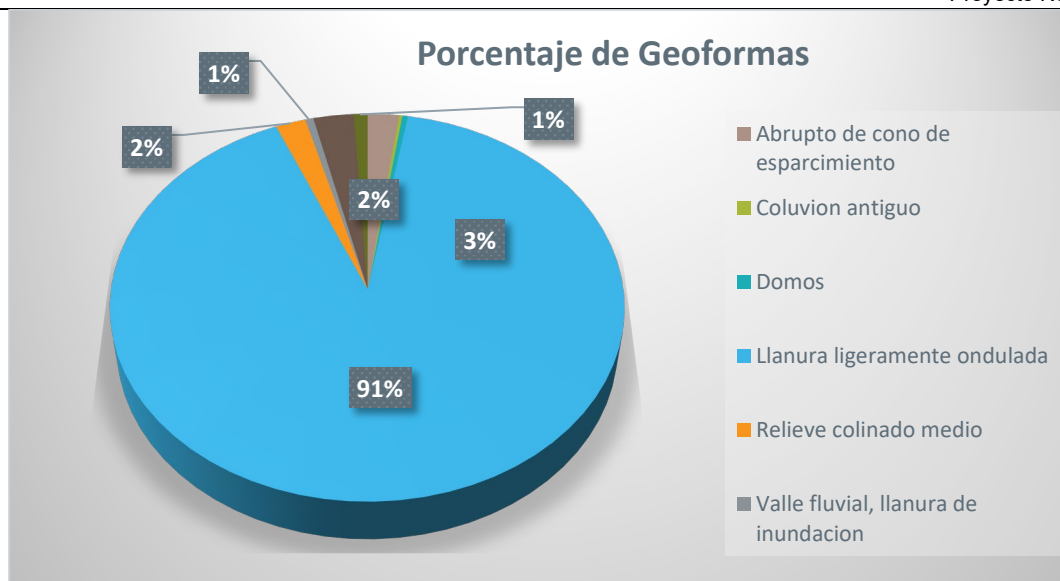


Figura 6-16 Áreas en Porcentaje en Función de las Geoformas del Área de Estudio

Elaborado por: Entrix, marzo 2022

6.2.4 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.

6.2.4.1 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, 6.1-9 Mapa de Estabilidad Geomorfológica).

Esta metodología es una adaptación a la empleada por el 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 de estudio, al final de este subtema en el Tabla 6-12 se realiza una interpretación de la estabilidad geomorfológica de las unidades fisiográficas y los riesgos físicos naturales.

6.2.4.2 Categorías

6.2.4.2.1 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 llanuras ligeramente onduladas, de texturas finas y medias, con una cobertura de pastos, cultivos, asociado con vegetación arbórea, influenciados por precipitaciones mayores a 3000 mm. Toda la infraestructura de la Línea de transmisión en estudio se localiza en esta Zona

6.2.4.2.2 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 coluvión antiguo, vertiente heterogénea, vertiente heterogénea con fuerte disección, llanura de inundación con pendientes moderadas a abruptas, domos volcánicos y colinas muy bajas a bajas de pendientes suaves a moderadas, de textura arcillosa, con una cobertura de bosque y también cultivos y pastos, influenciados por precipitaciones mayores a los 3000 mm.

En áreas de valles fluviales está asociada con la categoría E2 en diferentes porcentajes.

6.2.4.2.3 Zonas Medianamente Inestables (E3; 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 abrupto de cono de esparcimiento de pendiente fuerte, valle fluvial, llanura de inundación, de pendientes suaves a moderadas. Está asociada con la categoría E3 en diferentes porcentajes, que son zonas de pendientes moderadas a abruptas.

En la siguiente tabla se relaciona la estabilidad geomorfológica y el riesgo físico:

Tabla 6-12 Estabilidad Geomorfológica y Riesgo Físico

Categoría	Paisaje Geomorfológico	Símbolo	Procesos Geomorfológicos	Riesgo Físico
Zona Estable	Llanuras ligeramente onduladas de pendientes planas a suaves.	E1	Socavamientos y erosión lateral. Inundaciones esporádicas en sectores bajos.	Bajo
Zona Medianamente Estable	Coluvión antiguo. Vertiente heterogénea. Vertiente heterogénea con fuerte disección. Llanura de inundación con pendientes moderadas a abruptas. Domos volcánicos. Colinas muy bajas a bajas de pendientes suaves a moderadas.	E2; E1-E2	Socavamientos y erosión lateral. Movimientos en masa pequeños. Reptación de suelos. Inundaciones con las crecidas de los ríos en sectores bajos.	Medio
Zona Medianamente Inestable	Abrupto de cono de esparcimiento de pendiente fuerte. Valle fluvial, llanura de inundación de pendientes suaves a moderadas.	E3; E3-(E2)	Movimientos en masa pequeños a medianos (caída de rocas). Reptación de suelos. Inundaciones con las crecidas importantes de los ríos en sectores bajos.	Medio a Alto
Zona Muy Inestable	No aplica	E4	No aplica	Muy Alto

Fuente y elaboración: Entrix, marzo 2022

6.2.4.3 Conclusiones

- > El área de estudio del 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 40 % de aceptable

drenaje superficial, el sustrato rocoso es sedimentario y volcánico. No se ha detectado zonas de características Muy Inestables.

- > De acuerdo con este análisis, existen riesgos de inestabilidad geomorfológica potenciales 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 localiza en 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. Estos 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 para la operación del proyecto se localizan en una zona estable geomorfológicamente.

6.2.5 Tectónica

La división tectónica del Oriente ecuatoriano se divide en dos los dominios: subandino y oriental o de plataforma. Se basa originalmente en la expresión topográfica de las estructuras (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 más jóvenes, cortados por fallas inversas de alto grado de buzamiento. En la zona 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.

Los perfiles sísmicos con buena resolución muestran que la mayor parte de las estructuras de la cuenca oriental se enmarcan en un conjunto de fallas dispuestas en un arreglo “en echelon”. Las fallas emergen del basamento cortando a varios niveles de la cubierta sedimentaria afectando a esta de diversas maneras. Las fallas del basamento ocupan dos subdominios geográficamente distinguibles (P. Baby, M. Rivadeneira, R. Barragán, 2004).

En el primer subdominio, que comprende la parte norte de la cuenca y que se ubica entre el sector del río Curaray (río Indillamayacu) y del río San Miguel, las fallas presentan una dirección preferencial nor-noreste y continúan con esta dirección hacia la cuenca del Putumayo en Colombia.

En el segundo subdominio, que comprende la parte sur de la cuenca y que se ubica desde el sector del río Curaray hasta el río Tigre en el Perú, las fallas presentan una dirección dominante norte-sur.

La dirección de las fallas de los dos subdominios de la cuenca oriental es aproximadamente paralela a las tendencias estructurales de los levantamientos Napo y Cutucú. En general, se puede inferir que las tendencias regionales se disponen de acuerdo con el arreglo del basamento.

La zona de transición entre estos dos subdominios donde las fallas cambian de dirección se extiende desde la depresión del Puyo en la zona subandina siguiendo de forma paralela al río Curaray hacia el este. En esta zona de transición las estructuras se salen del esquema regional de los dos subdominios presentando una dirección noroeste-sureste.

Se puede notar también que algunas fallas han soportado una inversión tectónica de sistemas de esfuerzos de extensión en el basamento a sistemas de esfuerzos de compresión en el paquete sedimentario.

6.2.6 **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 encuentra entre 170 y 180 km 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 estratovolcán andesítico compuesto, ubicado en la Cordillera Real del Ecuador, 120 km al sur de Quito, 33 km al SE de Ambato y tan solo 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 (IGPN, 2022).

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 occidental y suroccidental. 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 tres 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.

Se tiene registros de la actividad del Reventador 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), 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).

Por la lejanía de los complejos volcánicos al área de la línea de transmisión 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.

6.2.7 **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).

6.2.7.1 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, a la luz de la información disponible, se intenta aportar datos sobre el peligro sísmico que tiene relación con la línea de transmisión CPF-SE Puyo (Anexo D Cartografía, Mapa 6.1-4 Intensidad y Magnitud Sísmica).

Para el análisis del presente estudio es necesario tener un enfoque regional, por lo cual 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.

6.2.7.2 Categorías

6.2.7.2.1 Neotectónica

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

La interfaz 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 y 50 km.

Las fuentes corticales comprenden el sistema principal de fallas que delimitan el Sliver Norandino (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.).

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).

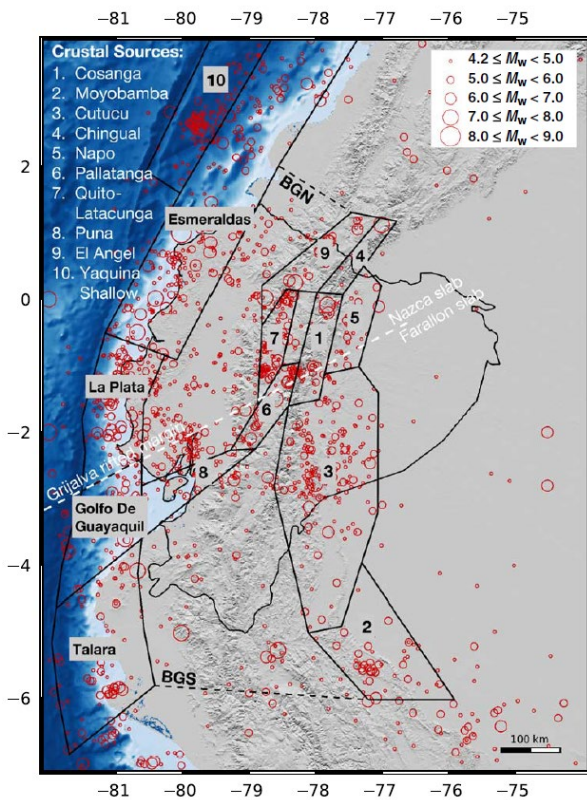


Figura 6-17 Magnitudes de los Eventos en las Fuentes Corticales, Terremotos con Profundidades ≤ 35 km

Fuente: Beauval et al., 2013

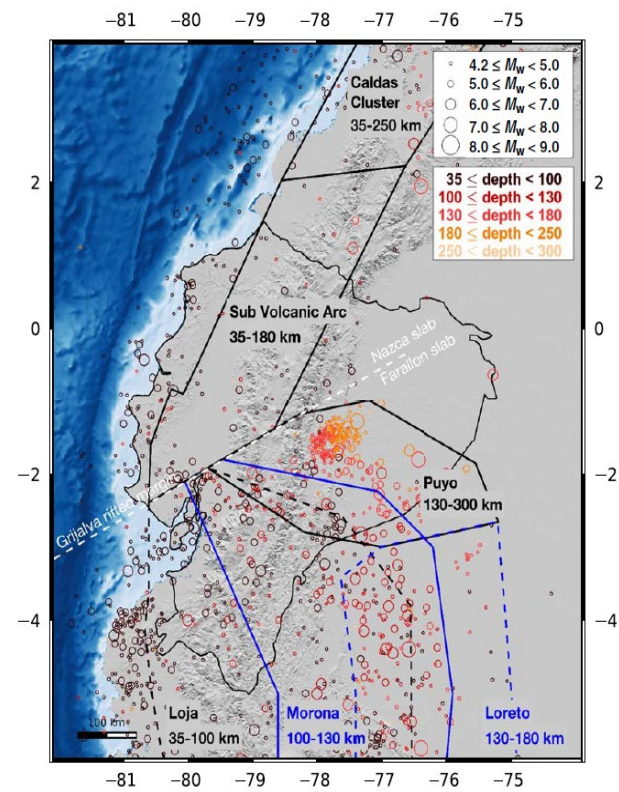


Figura 6-18 Magnitudes de los Eventos en las Fuentes Profundas, Terremotos con Profundidades > 35 km

Fuente: Beauval et al., 2019

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 20 000 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 de estudio están presentados en el Mapa de Fallas y Pliegues del Ecuador, U. S. Geological Survey, Escuela Politécnica Nacional, 2003, entre ellas las fallas: Huacamayos (59), Pisayambo (60), Hollín (67), Tena (68), Arajuno (70), Anzu (71), Mera (72), Puyo (73) y Pastaza (74), de las cuales las más cercanas al campo Pucuna son las cinco últimas.

En el Mapa Intensidad Sísmica del Ecuador (Figura 6-19) se observa que el área de estudio 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, la línea de transmisión se encuentra en una de las zonas de alta actividad sísmica del país.



Figura 6-19 Fallas Cuaternarias en las Cercanías de la LT

Fuente: U. S. Geological Survey, Escuela Politécnica Nacional, 2003

De acuerdo con el mapa de Zonas Sísmicas para Propósitos de Diseño de la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS, la línea de transmisión se ubica en una zona de alto riesgo sísmico, con una aceleración máxima esperada de 0,30 g ($Z = 0,30$ g).

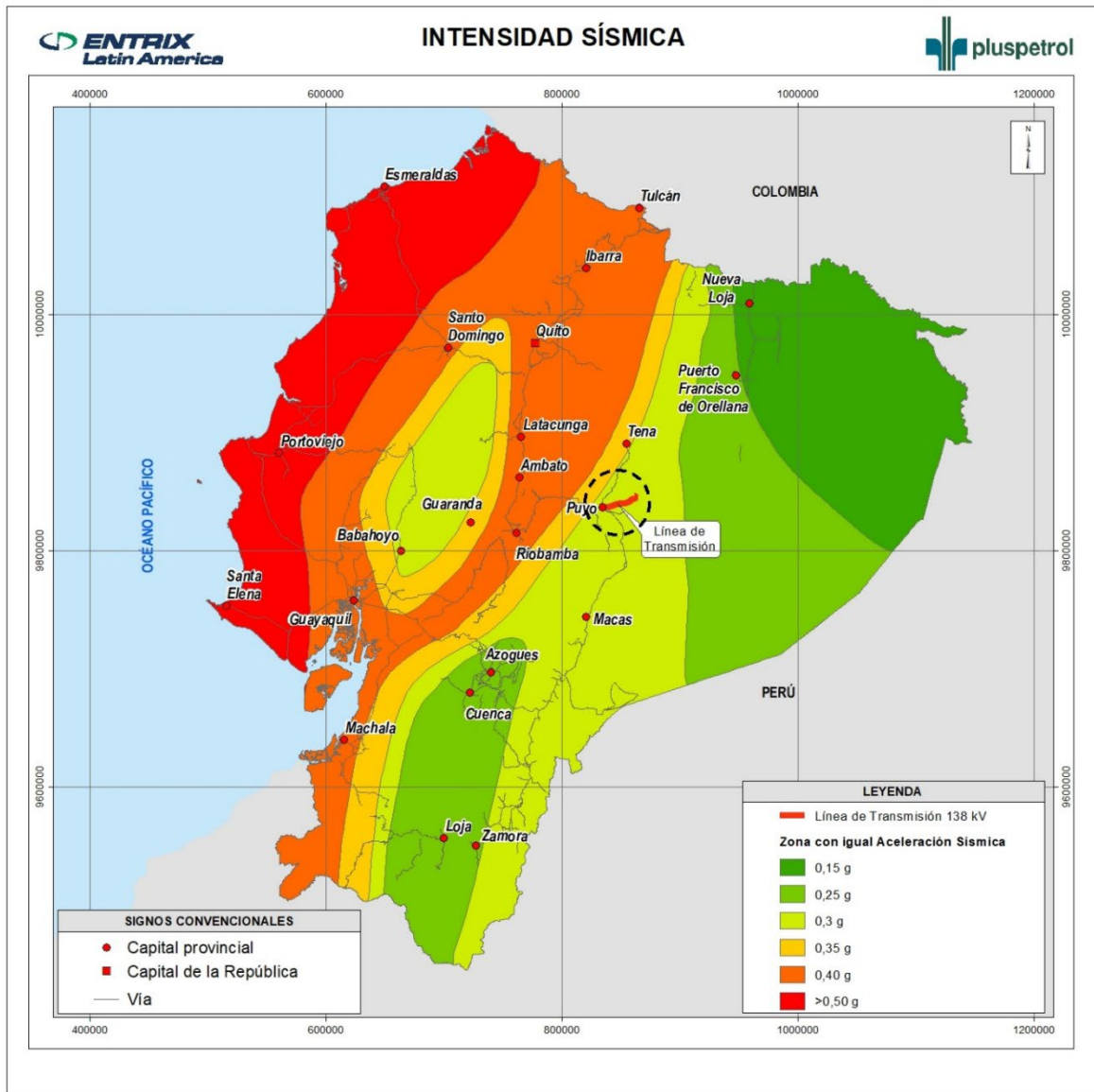


Figura 6-20 Mapa de Zonas Sísmicas para Propósitos de Diseño y Valor del Factor de Zona Z

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2014

6.2.7.3 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 de la línea de transmisión.

- > De acuerdo con el mapa de Zonas Sísmicas para Propósitos de Diseño de la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS, el proyecto se ubica en una zona de alto riesgo sísmico, con una aceleración máxima esperada de 0,30 g ($Z = 0,30$ g).

6.2.8 Hidrogeología

Las características hidrogeológicas regionales del área de estudio 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.

6.2.8.1 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 D. Cartografía, 6.1-2 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: 250 000. Además, se empleó el Inventario de Pozos y Vertientes de la 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.

6.2.8.2 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 (Anexo D.- Cartografía, Mapa 6.1-5 Mapa Hidrogeológico) muestra la hidrogeología del área de estudio. En la siguiente tabla, se resumen las características hidrogeológicas de las unidades aflorantes:

Tabla 6-13 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	Superficiales de alto rendimiento. Niveles piezométricos < 5 m.	Alta
Depósitos coluviales	Media M	Intergranular	Discontinuos, de bajo rendimiento. Niveles piezométricos < 5 m.	Media
Formación Mera				
Formación Arajuno	Baja B	Intergranular	Muy discontinuos, de muy bajo rendimiento. De difícil explotación. Niveles piezométricos > a 10 m.	Baja
Rocas Volcánicas	Baja (B)	Fracturamiento	En zonas de alto fracturamiento, de bajo rendimiento	Baja

Elaboración: Entrix, marzo 2022

6.2.8.2.1 Unidades Litológicas Permeables 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 del río Puyo.

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.

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 línea de transmisión se localizan en esta unidad litológica.

De acuerdo con el Inventario de Pozos y Vertientes de la SENAGUA (2018) en esta unidad hidrogeológica se detectó varios pozos someros y vertientes en un área de 5 km de su área de influencia, que presentan las siguientes características:

Tabla 6-14 Inventario de Puntos de Agua Subterránea

Tipo	Coordenadas WGS 84 Zona 18 Sur		Ubicación	Nivel Freático (m)	pH	Temperatura (°C)	Conductibilidad (uS)	Uso
	Este (m)	Norte (m)						
PS	166620,11	9841631,87	Fátima # 21		6,5	23	240	D
PS	166403,92	9841354,88	Fátima # 22	0,4	6,5	22	75	D
PS	172780,14	9839641,45	Hda. Buenaventura # 26	0,2	6,5	25	130	D
PS	177452,34	9839524,52	10 de Agosto # 30	9	6,5	22	150	D
PS	165951,09	9832930,04	Hda. Villamar # 47	0,5	5,5	21	100	D
PS	165112,65	9835111,80	Dorado # 62	1,3	6,5	22	180	D
PS	163720,84	9834679,44	La Primavera # 48	1,2	5,5	22	200	D
PS	169038,33	9838068,55	Hda. Adelor # 25	1,1	6,2	24	-	D
PS	168668,37	9837084,32	Hda. Adelor # 27	1	6,2	25	-	D
PS	173865,45	9837798,21	Colonia La Libertad # 29	4,9	6,5	20	220	D
PS	170467,25	9833889,30	Danubio # 31	1	7	24	-	D
PS	173284,42	9832724,79	Veracruz # 34	2,2	5,6	22	100	D
V	163227,59	9833387,38	Te Zulay # 75	0	5,6	22	110	D
V	163473,45	9834586,89	Te Zulay # 49	0	5,6	22	140	D
V	162420,51	9835261,85	Bellavista # 50	0	5,8	22	80	D
V	162112,76	9834031,58	Te Zulay # 51	0	5,5	22	100	D
V	171855,34	9837057,79	Vía Puyo-10 de Agosto km 4 # 28	0	6,2	22	-	D
V	168424,60	9834316,96	Hda. Cumandá # 42	0	6	23	120	D
V	171551,06	9833214,41	Sandalia # 32	0	6,5	21	-	D
V	172386,61	9833092,47	Veracruz # 33	0	5	21	160	D
V	169541,12	9832381,57	Los Ángeles # 41	0	6	22	70	D

PS + Pozo somero; V = Vertiente; D = Uso doméstico

Fuente: SENAGUA, 2015

Elaboración: Entrix, marzo 2022

En los pozos someros inventariados los niveles freáticos son superficiales de 0,2 a 4,90 m, son aguas subterráneas de aceptables características fisicoquímicas, caracterizadas por su baja salinidad que se expresan por su bajo contenido de sólidos disueltos, baja conductibilidad eléctrica y un pH mediamente neutro.

Unidades Litológicas de Permeabilidad Baja (B)

Corresponden a la formación Arajuno, son potentes estratos de areniscas muy consolidadas de baja permeabilidad con poca posibilidad de contener acuíferos de importancia. Es un sistema hidrogeológico tipo acuitardo, cuyos niveles piezométricos son mayores a los 10 m de profundidad. En esta unidad hidrogeológica es frecuente encontrar vertientes de caudales muy bajos e incluso de tipo intermitente, donde afloran estratos de areniscas de la formación.

6.2.8.2.2 Unidades Litológicas Permeables por Porosidad Secundaria (fracturamiento)

Unidades Litológicas de Permeabilidad Baja (B)

Corresponde a rocas volcánicas e intrusivas indiferenciadas, fracturadas, de baja permeabilidad, poca posibilidad de contener acuíferos de importancia. Es un sistema hidrogeológico fracturado, cuyos niveles piezométricos son mayores a los 10 m de profundidad. En esta unidad hidrogeológica es frecuente encontrar vertientes de caudales muy bajos e incluso de tipo intermitente en zonas de alto fracturamiento.

6.2.8.3 Vulnerabilidad de los Acuíferos

6.2.8.3.1 Metodología

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, que se detalla en la Tabla 6-15. 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):

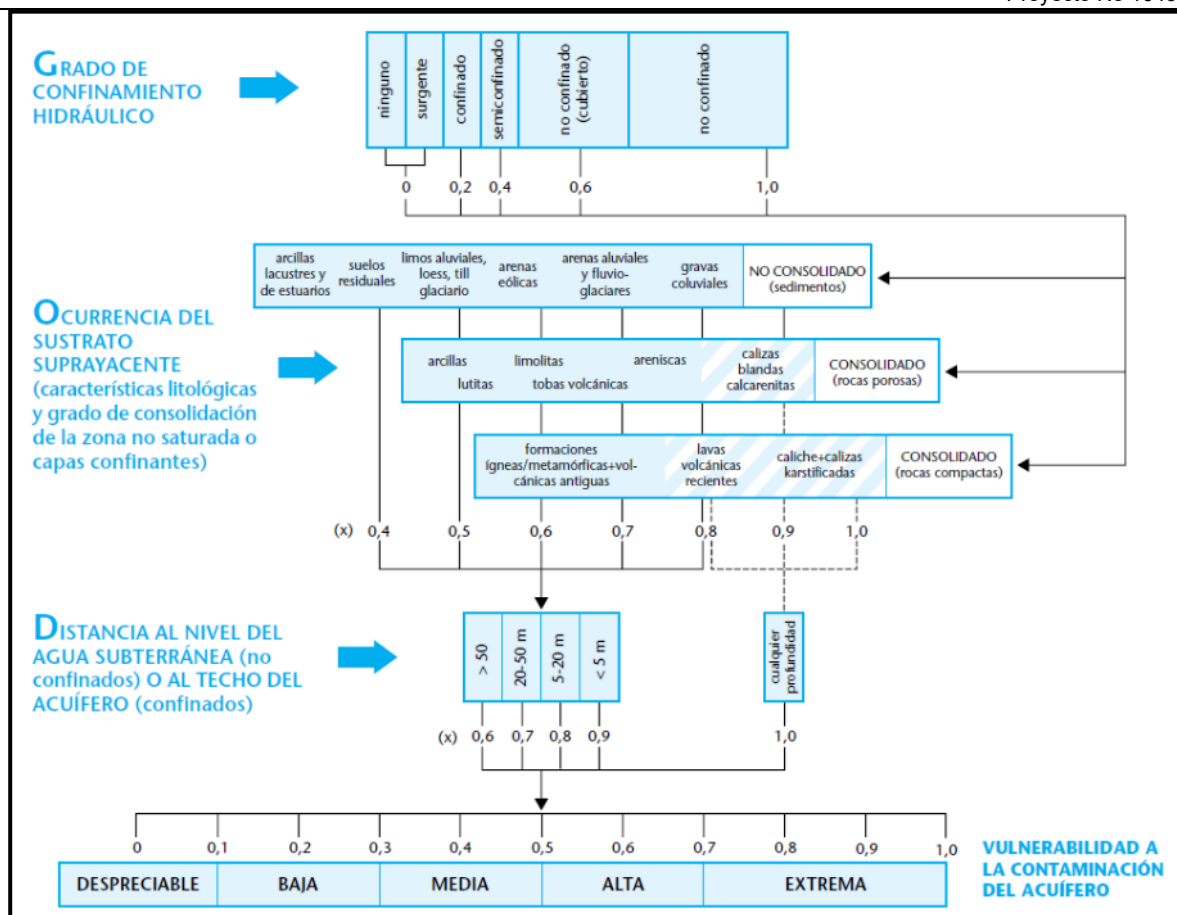


Figura 6-21 Valoración GOD para Vulnerabilidad de Acuíferos

Fuente: Foster 1988

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 6-15 se resumen los niveles de vulnerabilidad.

Tabla 6-15 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.
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
Elaboración: Entrix, marzo 2022

Tabla 6-16 Análisis de 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. Localmente, en áreas de pantanos la permeabilidad disminuye.	1,0	0,7	0,9	0,63	ALTA
M	Formación Mera (PLQM)	Discontinuos, de bajo rendimiento, de pequeña potencia. 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
B	Formación Arajuno (MA)	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
(B)	Rocas volcánicas (Qvg)	Es un sistema hidrogeológico fracturado, cuyos niveles piezométricos son mayores a los 10 m de profundidad. En esta unidad hidrogeológica es frecuente encontrar vertientes de caudales muy bajos e incluso de tipo intermitente en zonas de alto fracturamiento.	0,4	0,6	0,8	0,19	BAJA

Elaboración: Entrix, marzo 2022

6.2.8.4 Conclusiones

- > Los acuíferos de los depósitos y terrazas aluviales del río Puyo pueden sufrir alteración en su calidad fisicoquímica 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, forma 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 0,2 a 4,90 m, son aguas subterráneas de aceptables características fisicoquímicas, caracterizadas por su baja salinidad, que se expresan por su bajo contenido de sólidos disueltos, baja conductibilidad eléctrica y un pH mediamente neutro; estas características fisicoquímicas son aplicables a las vertientes inventariadas cerca del sector estudiado.
- > Los acuíferos de la formación Arajuno son locales y tienen un escurrimiento subterráneo intergranular. Los posibles acuíferos de esta formación geológica son muy locales y discontinuos, descargan mediante vertientes en los cañones de los drenajes. Se consideró por ello una vulnerabilidad Baja.

- > Es un sistema hidrogeológico fracturado en las rocas volcánicas, presenta niveles piezométricos mayores a los 10 m de profundidad. En esta unidad hidrogeológica es frecuente encontrar vertientes de caudales muy bajos e incluso de tipo intermitente en zonas de alto fracturamiento.
- > La construcción y operación de la línea de transmisión no alterará las condiciones de drenaje y propiedades fisicoquímicas de las aguas subterráneas del sector.

6.2.9 Geotecnia

6.2.9.1 Metodología

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

6.2.9.1.1 Parámetros Geotécnicos Analizados para Zonificación

Con la finalidad de establecer zonas y tramos geotécnicamente homogéneas 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 y, de esta manera, se puede 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 (Anexo B. Respaldo de Línea Base, B.1 Físico, B.1.3 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 categorización 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 fracturado a estratificado (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), moderada (0,5) a antigua (0).
- > Drenaje: Valoración de 1 a 0 de la escorrentía superficial, desde alto (1), medio (0,5) a bajo (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 seco (1), húmedo (0,5) a saturado (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, de acuerdo con la Tabla 6-17.

Tabla 6-17 Calidad Geotécnica y Valoración

Zona Geotécnica (Símbolo*)	Valoración	Clasificación Geotécnica
I	20 a 16	Excelente o muy favorable
II	16 a 12	Buena o favorable
III	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 la pendiente		

Elaboración: Entrix, marzo 2022

6.2.9.1.2 Categorías

De acuerdo con los resultados obtenidos, se elabora el Mapa Geotécnico Regional (Anexo D. Cartografía, 6.1-3 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 Tabla 6-18 se resume este análisis:

Tabla 6-18 Descripción de las Zonas Geotécnicas

Ficha No.	Formación	Calidad Geotécnica		Morfología	Pendiente	Zona Geotécnica
9	Terrazas aluviales	II	Buena	Explanada	Moderada	II-E.s Explanas de pendientes suaves, estables, niveles freáticos altos, deficiente drenaje. Depósitos y terrazas aluviales medianamente consolidados, suelos MH.
5	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.
3	Formación Arajuno	II	Buena	Ladera	Moderada	II-L.m* Laderas de pendientes moderadas, sobre rocas sedimentarias, de baja estabilidad. Suelos MH
1 y 6	Formación Arajuno	II	Buena	Colina	Moderada	II-C.m Colinas medias a bajas, sobre rocas sedimentarias y volcánicas, de pendiente moderada (5-25 %). Aceptable estabilidad y drenaje. Potentes suelos residuales de alta plasticidad MH.
7	Rocas volcánicas	III	Regular	Ladera	Muy abrupta	III-C.ma* Colinas muy bajas a bajas, sobre rocas volcánicas, de pendientes muy abruptas, taludes medianamente inestables. Suelos MH.
3 y 8		III	Regular	Ladera	Moderada	III-L.m* Laderas de pendiente moderada (5-15 %), sobre rocas sedimentarias y depósitos coluviales. Aceptable estabilidad. Drenaje aceptable, niveles freáticos superficiales. Suelos aluviales profundos.
2 y 4		III	Regular	Ladera	Muy abrupta	III-L.ma* Laderas de pendientes muy abruptas, sobre rocas sedimentarias, de muy baja estabilidad. 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, marzo 2022

6.2.9.1.3 Características Físicas de los Suelos

Las características geomecánicas de los suelos presentes en el área de estudio se determinaron mediante ensayos de laboratorio de acuerdo con la norma ASTM D2487.

Tabla 6-19 Ubicación de los Puntos de Muestreo

Ubicación	Código de la Muestra	Fecha de Muestreo	Coordenadas WGS 84 18 Sur	
			Este (m)	Norte (m)
Parroquia 10 de Agosto	MS-01-G	21/01/2022	182623,00	9839674,00
Parroquia El Triunfo	MS-02-G	19/01/2022	194509,00	9844979,00
Subestación Puyo	MS-01-G-SE	25/01/2022	166559,00	9838915,00
Línea de Transmisión	MS-01 (01) G	22/05/2022	173892,00	9840972,00

Fuente: Levantamiento de campo, Entrix, enero - mayo 2022

Elaborado por: Entrix, junio 2022

Tabla 6-20 Características Físicas de los Suelos

Código	Coordenadas WGS 84 18 Sur		Profundidad (m)	Humedad (%)	Pasa # 4	Pasa # 200	L.L. (%)	L.P. (%)	I.P. (%)	SUCS	Densidad (T/m ³)
	Este (m)	Norte (m)									
MS-01-G	9839674,00	182623,00	1,00	67,57	99,15	88,54	63,70	46,15	17,55	MH	1.56
MS-02-G	9844979,00	194509,00	1,00	188,0	100,000	95,08	80,20	72,29	7,91	MH	1.19
MS-01-G-SE	9838915,00	166559,00	1,00	297,80	100	95,00	93,90	84,12	9,78	MH	1.15
MS-1(01)-G	9840972,00	173892,00	1,00	219,85	100,00	95,96	99,50	86,67	12,83	MH	0,39

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, febrero- mayo 2022

Elaborado por: Entrix, junio 2022

Página en blanco

Los análisis de las muestras se realizaron en el laboratorio de Geoconsult. Los informes de resultados constan en el Anexo B.- Documentos de Respaldo, B1.- Físico, B.1.4.- Resultados de Laboratorio. Con base en los resultados presentados, se efectúa el siguiente análisis:

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 C) de las muestras evaluadas varía entre 0,39 a 1,56 T/m³; desde el punto de vista geotécnico, son suelos con densidades naturales bajas susceptibles a la erosión.

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 % es ligeramente plástico, entre 15-30 % es moderadamente plástico y superior de 30 % es altamente plástico.

Las muestras tomadas en el área de estudio presentan un IP de ligeramente plásticas a moderadamente plásticas, a la profundidad de 1,00 m, lo que indica que por lo general los suelos residuales son susceptibles a la expansión, pero presentan baja permeabilidad.

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, definidos como suelos residuales, limos de moderada a alta plasticidad, también se detectaron arcillas CH de alta plasticidad; en menor proporción, los ML limos arenosos, SC arenas arcillosas de moderada plasticidad y SM arenas limosas no plásticas.

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 2,50 m: Suelos residuales, limos inorgánicos de alta plasticidad, del tipo MH, castaño amarillento, de consistencia blanda, 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.

6.2.9.2 Conclusiones

- > Un alto porcentaje (88 %) son zonas de Buena Calidad Geotécnica: II-E.m correspondientes a llanura ondulada, de pendientes entre 5 y 25 %, de aceptable estabilidad; sobre esta zona geotécnica se implantará la totalidad de la línea de transmisión.
- > El basamento rocoso está constituido por sedimentos de consolidados a medianamente consolidados, de calidad geotécnica Buena, de las formaciones: Curaray, 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 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 Curaray y Mera) varía de impermeable a semipermeable, no posee 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, se consideran los niveles piezométricos superficiales, no mayores a los 5,00 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.
- > En general, las características geotécnicas de la Unidad II son buenas, no existen zonas inestables críticas.
- > Las actividades antes indicadas no implican alteraciones importantes de las condiciones geomorfológicas o geotécnicas.

6.2.10 Suelos

6.2.10.1 Características Edafológicas del Suelo

6.2.10.1.1 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 y conflictos de uso de los suelos.
- > Definir el perfil estratigráfico de los suelos.
- > Realizar ensayos de densidad de campo en estratos representativos.
- > Tomar muestras para realizar análisis de laboratorio (físicos).
- > Realizar la clasificación los suelos de acuerdo con el sistema unificado (SUCS).

La etapa del trabajo de campo del componente edafológico inició con un reconocimiento general del área. Posteriormente, la descripción de los perfiles se realizó de acuerdo con la Guía y claves para la descripción perfiles de suelos, de la FAO. Adicionalmente, se recabó información sobre las características morfológicas del suelo incluyendo: (i) identificación de los horizontes o capas; (ii) profundidad, (iii) espesor, (iv) color, (v) textura, (vi) estructura, (vii) consistencia en húmedo y mojado, (viii) contenido de raíces y poros, (ix) límite

entre horizontes, (x) tipo de vegetación, (xi) drenaje y (xii) pendiente. La clasificación taxonómica de los suelos se realizó en base a los criterios de taxonomía de suelos del USDA, 2010.

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 este estudio de impacto ambiental. Por lo dicho, no se presenta el certificado de acreditación del laboratorio utilizado, por lo que los resultados son referenciales y no serán utilizados para futuros monitoreos.

6.2.10.1.2 Ubicación de Puntos de Muestreo

A continuación, en la Tabla 6-21 se detalla la ubicación de los puntos de muestreo tomados en las áreas a ser intervenidas para el análisis edafológico:

Tabla 6-21 Ubicación de Muestras Edafológicas

No.	Código de la Muestra	Profundidad (cm)	Coordenadas WGS 84 Zona 18 Sur		Fecha de Muestreo	Descripción del Sitio de Muestreo
			Este (m)	Norte (m)		
1	MS-01-A	0 - 20	0182623,00	9839674,00	21/01/2022	Área correspondiente a sembríos con pequeños parches de bosque
	MS-01-B1	20 - 60				
	MS-01-B2	60 - 85				
2	MS-02-A	0 - 32	0194509,00	9844979,00	19/01/2022	Área correspondiente a sembríos dentro de propiedad privada
	MS-02-B1	32 - 58				
	MS-02-B2	58 - 85				
3	MS-01-A-SE	0 - 34	0166559,00	9838415,00	25/01/2022	Área contigua a la SE Puyo, área abierta y con sembríos
	MS-01-B1-SE	34 - 64				
	MS-01-B2-SE	64 - 85				
4	MS-1(01)-A	0 - 32	0173992,00	9840972,00	22/05/2022	Área correspondiente a sembríos dentro de propiedad privada
	MS-1(01)-B1	32 - 62				
	MS-1(01)-B2	62 - 85				

Fuente: Levantamiento de campo, Entrix, enero – mayo 2022
Elaborado por: Entrix, febrero - junio 2022

6.2.10.1.3 Análisis de Resultados

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

Tabla 6-22 Resultados de Edafología

Código	Horizonte	Prof. (cm)	pH	C.E. (mmhos/cm)	MO (%)	NH4 (ppm)	P (ppm)	K (ppm)	Textura
MS-01	A	0 - 20	5,20	0,24	17,88	104,40	3,70	0,09	Arcilloso.
	B1	20 - 60	5,50	0,10	8,97	96,50	3,80	0,04	Arcilloso.
	B2	60 - 85	5,70	0,05	5,96	52,50	1,30	0,04	Arcilloso.
MS-02	A	0 - 32	5,40	0,10	3,44	74,50	11,00	0,29	Franco. Arcilloso. Arenoso
	B1	32 - 58	5,60	0,03	0,62	38,40	4,10	0,04	Franco. Arenoso
	B2	58 - 85	5,50	0,04	1,01	47,80	3,70	0,09	Franco. Arenoso

Código	Horizonte	Prof. (cm)	pH	C.E. (mmhos/cm)	MO (%)	NH4 (ppm)	P (ppm)	K (ppm)	Textura
MS-01-SE	A	0 - 34	5,40	0,17	17,68	159,40	1,16	0,15	Franco. Arcilloso. Arenoso
	B1	34 - 64	6,10	0,05	8,80	58,80	5,60	2,90	Franco. Arenoso
	B2	64 - 85	6,20	0,04	7,47	47,80	2,00	0,04	Franco. Arenoso
MS-1(01)	A	0 - 32	5,60	0,39	12,61	219,60	7,00	0,42	Franco. Arenoso
	B1	32 - 62	6,10	0,11	7,29	84,20	1,60	0,11	Franco. Arenoso
	B2	62 - 85	6,50	0,06	4,96	61,30	1,00	0,42	Arena. Franca

Fuente: AGROBIOLAB, febrero 2022; Levantamiento de campo, Entrix, enero – mayo 2022

Elaborado por: Entrix, febrero – junio 2022

6.2.10.1.4 Tipos de Suelo

Las unidades geomorfológicas definidas en la sección de geomorfología (6.1.3) se encuentran asociadas edafológicamente con sus suelos, que por lo general son homogéneos dentro de esta área. Fisiográficamente, los suelos se han desarrollado a partir de material detrítico, limos arcillosos, limos arenosos y arenas de origen volcánico-sedimentario y en un ambiente de altas precipitaciones e isohipertérmico (> 20/22 °C). Se ha identificado las siguientes unidades de suelos más importantes, los cuales se describen a continuación:

Suelos de Llanuras Ligeramente Onduladas (LL)

Se caracteriza por presentar un relieve topográfico plano a ondulado suave, con pequeños sectores ligeramente cóncavos en pendientes inferiores al 15 %. Este conjunto de suelos representa un 88,17 % del área estudiada.

Los suelos que identifican a esta forma de relieve corresponden al orden de los Andisoles, subgrupos: Acrudoxic Hydric Hapludands y Acrudoxic Hapludands. En algunos sectores bajos se puede apreciar áreas ligeramente planas con suelos del orden de los Ultisoles, suborden Udults, subgrupos: Typic Hapludults.

Los suelos clasificados como Acrudoxic Hydric Hapludands, que son los dominantes, como el descrito en el perfil MS-02 (parroquia El Triunfo), se caracterizan por incluir un perfil profundo, presentan una secuencia de horizontes débilmente diferenciados del tipo A/B1/B2, textura franca arenosa en la superficie y arcillosa a arenosa en profundidad, estructura granular a migoso, fina y débil en la superficie y granular media, débil en los horizontes subsiguientes, friables en húmedo, plásticos en mojado, color negro (10YR3/1) en la superficie y castaño amarillento (10YR 3/4 a 10YR4/5) más abajo, con una capa delgada de *litter* (hojarasca) en la superficie en diverso estado de descomposición.

Químicamente, se caracterizan por presentar reacción ácida a ligeramente neutra (pH de 5,2 a 5,7), los contenidos de materia orgánica son altos en la superficie y altos en profundidad, el fósforo es bajo el nitrógeno es elevado a moderado, el potasio es bajo, el magnesio medio a bajo, la capacidad de intercambio catiónica y la conductividad eléctrica son bajas y la saturación es elevada.

Otro suelo clasificado como Acrudoxic Hydric Hapludands se descrito en el perfil MS-1(01) (Línea de transmisión), se caracterizan por incluir un perfil profundo, presentan una secuencia de horizontes débilmente diferenciados del tipo A/B1/B2, textura franca arenosa en la superficie y arena franca en profundidad, estructura granular a migoso, fina y débil en la superficie y granular media, débil en los horizontes subsiguientes, friables en húmedo, plásticos en mojado, color gris oscuro (10YR3/2) en la superficie y castaño a castaño amarillento (10YR 5/3 a 10YR6/4) más abajo, con una capa delgada de *litter* (hojarasca) en la superficie en diverso estado de descomposición.

Químicamente, se caracterizan por presentar reacción ácida a ligeramente neutra (pH de 5,6 a 6,5), los contenidos de materia orgánica son altos en la superficie y altos en profundidad, el fósforo es bajo el nitrógeno es elevado a alto, el potasio es de suficiente a bajo, el magnesio suficiente a bajo, la capacidad de intercambio catiónica y la conductividad eléctrica son bajas y la saturación es baja.

En el sector de la SE Puyo, el perfil MS-01-SE se ha clasificado como Acrudoxic Hapludands, y se caracteriza por incluir un perfil de poco desarrollo, presenta una secuencia de horizontes poco diferenciados del tipo A/B1/B2, textura arcillosa arenosa en la superficie y arena franca a franco-arenosa en profundidad, estructura granular fina y débil en la superficie y arenosa fina a medios, firmes en los horizontes subsiguientes, friables en húmedo, plásticos en mojado, gris muy oscuro (10YR3/1) en la superficie y castaño amarillento (10YR 3/4) al final.

Químicamente, se caracterizan por presentar reacción ácida a ligeramente ácida (pH de 4,5 a 6,2), los contenidos de materia orgánica son altos en la superficie y altos en profundidad, el fósforo es medio a alto, el nitrógeno es elevado a bajo, el potasio es bajo, el magnesio suficiente a bajo, la capacidad de intercambio catiónica y conductividad eléctrica es baja, la saturación de bases es baja.

Suelos de Vertiente Heterogénea (LhI)

El perfil MS-1 localizado en la línea de transmisión se ha clasificado como Oxyaquic Dystrudepts, se caracteriza por incluir un perfil de poco desarrollo, presenta una secuencia de horizontes débilmente diferenciados del tipo A/B1/B2, textura arcillosa en la superficie y arcillosa-arenosa en profundidad, estructura granular media y débil en la superficie y en bloques medios, firmes en los horizontes subsiguientes, friables en húmedo, plásticos en mojado, negro oscuro (10YR2/1) en la superficie y gris oscuro (10YR 4/1) más abajo.

Químicamente, se caracterizan por presentar reacción ácida a ligeramente ácida (pH de 5,50 a 6,10), los contenidos de materia orgánica son suficientes en la superficie y bajos en profundidad, el fósforo es de suficiente a bajo, el nitrógeno es alto a medio, el potasio es medio a bajo, el magnesio es de alto a suficiente; la capacidad de intercambio catiónica y conductividad eléctrica es baja, la saturación de bases es elevada.

Cabe destacar que los demás suelos en los otros paisajes geomorfológicos presente en el área de estudio no se los describe a detalle como los antes mencionados, ya que representan menos del 9 % del área investigada, por lo que solamente se indicará que se trata del orden de los Inseptisoles, subórdenes: Udepts, subgrupos: Oxyaquic Dystrudepts, Andic Dystrudepts: como de los Ultisoles, suborden: Udults, subgrupos: Typic Kandiuults.

6.2.10.2 Cobertura Vegetal

6.2.10.2.1 Metodología

La cartografía fue elaborada a partir de la interpretación del mosaico de Imagen satelital SPOT 6 y SPOT 7, resolución 1,5 m/píxel, de abril-mayo de 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.

A continuación, se detalla el tipo de cobertura vegetal existente en el área de estudio. Es importante indicar que en la sección 6.2 Línea Base Biótica se encuentra descrita en mayor detalle.

Bosque Natural Poco Intervenido (B1)

Corresponden a esta categoría las superficies de bosque natural siempreverde, en donde existen evidencias de intervención humana (tala selectiva) para la extracción de especies de valor comercial o para la formación de pequeñas parcelas agrícolas con cultivos de subsistencia. Ocupan áreas más o

menos aisladas en toda el área de estudio debido a la fuerte intervención antrópica a que está sometida la región. Corresponde al 6,35 % del área de la línea de subtransmisión.

Además, se incluyen aquellas zonas que han sufrido un proceso de desbroce hace muchos años y que en la actualidad están dando lugar a la regeneración de la vegetación. De esta manera, se observa la formación de estratos vegetales, en los que se evidencia la presencia de especies indicadoras del proceso de secundarización (guarumos).

Bosque (B2)

El bosque secundario se encuentra principalmente en las zonas cercanas a las casas y fincas. Se considera bosque intervenido a aquel que se localiza a los lados de las vías de acceso principal y fincas. Posee vegetación arbórea de densidad media, lo cual es producto de la regeneración de las especies forestales que han sido seleccionadas y taladas por parte de los comuneros que viven en las cercanías de estas áreas. Se caracteriza principalmente por la ausencia de dosel continuo, siendo esos espacios abiertos generalmente ocupados por gramíneas y especies pioneras de familias características, como: *Pseudodelia laevigata* (Moraceae), *Inga* spp. (Fabaceae) y *Cecropia* spp. (Urticaceae).

Mosaico Agropecuario (C-P-B2)

Se incluyen áreas que han sido sometidas a procesos de conversión con fines agrícolas y ganaderos. Son zonas que se presentan desprovistas de vegetación natural, aunque aún existen algunas especies arbóreas aisladas de crecimiento secundario. Corresponde al 12,51 % del área estudiada.

Se asocian también con cultivos de carácter permanente y anuales utilizados por el hombre con fines de autoconsumo o con fines industriales; entre estos se destaca al café; en menor ocurrencia, el cacao, plátano, arroz y algunos frutales, asociados a pastos y vegetación arbórea. Ocupan generalmente áreas de terrazas en relieves planos a ondulados.

Pastizales (P)

Las áreas de pastos corresponden áreas cubiertas predominantemente por especies herbáceas introducidas o cultivadas por el hombre, las que son dedicadas para el aprovechamiento pecuario o con fines de protección. El dallis, gramalote y marandú son las especies más cultivadas. Esta categoría de usos es la que más destaca en porcentaje en el área analizada, con el 60,92 %, especialmente asociadas con las otras categorías de uso, incluso en la asociación con la vegetación natural poco intervenida.

Erial (E)

Corresponde a las áreas ocupadas por los moradores del sector especialmente, como las áreas periféricas, que continuamente va en aumento debido a su fuerte crecimiento, especialmente las zonas urbanizadas en las cercanías del Puyo. También se incluyen las áreas ocupadas por las vías de acceso que se ocupan para el desarrollo de sus actividades. Corresponde al 7,83 % del área estudiada.

6.2.10.3 Capacidad de Uso

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.

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 de estudio.

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 a su vez comprenden 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 (Anexo D.- Cartografía, Mapa 6.1- Cobertura Vegetal y Uso Actual del Suelo).

6.2.10.3.1 Tierras Generalmente Aptas para Agricultura y Otros Usos

Clase IV

Ocupa áreas de relieves de laderas, con pendientes inferiores al 15 %. Se trata de tierras con limitaciones ligeras y buenas características para todo tipo de cultivo, por lo cual se requiere ligeras prácticas de conservación.

Los suelos se caracterizan por su textura que varía de franco-arcillo-limosa a franco-arcillosa y arcillosa, drenaje bueno a moderado, profundos, pH ácido, de baja fertilidad.

El uso de estas tierras en agricultura presenta moderadas a severas limitaciones; los cultivos permanentes o semipermanentes podrían cultivarse y, ocasionalmente, cultivos anuales para autoconsumo. Las subclases identificadas son: IVE2s4, por limitaciones de suelo, erosión, drenaje e inundación, siendo común el clima para todas ellas.

6.2.10.3.2 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. Ocupa áreas de relieves de llanuras ligeramente onduladas (LL), colinas bajas a muy bajas (C1) y valles de inundación, con pendientes inferiores al 25 %.

El suelo, la pendiente, la baja fertilidad y el clima lluvioso impiden el normal desarrollo de cultivos anuales y 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: Ve1s2s4c1; Ve1s4c1; Ve2s1s3s4s6c1; Ve2s1s4s6c1; Ve2s4c1, Ve1s4c1, por limitaciones de suelos y peligros de erosión.

6.2.10.3.3 Tierras Marginales para Uso Agropecuario, Generalmente Aptas 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 bajas a muy bajas (C1) domos volcánicos (D) y coluviones antiguos (Col2), con pendientes inferiores al 25 %.

El suelo, la pendiente, la baja fertilidad y el clima lluvioso impiden el normal desarrollo de cultivos anuales y 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: Vie2c1; Vie2s4c1; Vie3s4, por limitaciones de suelos y peligros de erosión.

6.2.10.3.4 Tierras Marginales para Uso Agropecuario, generalmente Aptas para Uso Forestal con Fines de Protección

Tienen limitaciones de uso como consecuencia de las deficiencias relacionadas con las características morfológicas de los suelos (textura, fertilidad), con el relieve de laderas, socavado, con pendientes mayores al 45 % y por consiguiente con 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: VIIe2s3s4, VIIe2s3s4c1, VIIe3s3s4, VIIe3s4s6c1, VIIe3s4c1 y VIIe3s4s6c1 por limitaciones de erosión y suelos.

6.2.10.4 Conflicto de Uso

6.2.10.4.1 Metodología

Cuando el equilibrio natural no se ve perturbado, los procesos naturales se desarrollan a un ritmo normal; sin embargo, al ser alterado, el equilibrio se rompe 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, Mapa 6.1-12 Conflictos de Uso del Suelo).

Tabla 6-23 Matriz de Interpretación del Conflicto de Uso del Suelo

Capacidad/Cobertura	Bosque Natural Poco Intervenido	Bosque Secundario (Húmedo)	Mosaico Agropecuario	Erial	Cuerpo de Agua	Pastizal
IV	Correcto	Correcto	Correcto-factible	No aplica	No aplica	Factible-correcto
V	Correcto	Correcto	Factible-correcto	No aplica	No aplica	Factible correcto
VI	Correcto	Correcto	Incorrecto	No aplica	No aplica	Incorrecto
VII	Correcto	Correcto	Incorrecto	No aplica	No aplica	Incorrecto

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

6.2.10.4.2 Análisis

En el área de estudio se han identificado las siguientes categorías (Anexo D.- Cartografía, Mapa 6.1-12 Conflictos de Uso del Suelo):

Uso Correcto (C)

Se determina cuando el uso actual coincide con la aptitud de la tierra propuesta, por lo tanto, 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.

Uso Factible (F)

Corresponden a áreas en las cuales sus tierras están siendo utilizadas con menor intensidad que su aptitud, por lo tanto, 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.

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 tanto, los procesos de deterioro se van a presentar, reflejándose en el empobrecimiento de la tierra, por ende, la baja producción y posterior abandono de estos suelos. Las plataformas no se encuentran ubicadas en uso de suelo incorrecto.

6.2.10.5 Características Químicas

6.2.10.5.1 Metodología

El muestreo fue realizado en enero y mayo de 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.1.5.- Acreditación Laboratorios), en una caja térmica a baja temperatura, mediante una cadena de custodia (Anexo B.- Documentos de Respaldo, B.1.- Físico; B.1.6- Cadenas de Custodia).

Adicionalmente a las muestras colectadas, se ha llevado a cabo un muestreo simple de acuerdo con lo establecido en el Anexo 2 del Acuerdo Ministerial 097-A, donde se señala lo siguiente:

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.”

Las unidades de muestreo o muestras colectadas fueron ubicadas con una separación de cada 5 km cada una respecto a la línea de transmisión en proceso de licenciamiento, considerando factores como uso de suelo, unidades fisiográficas, cobertura vegetal y actividades antrópicas asociadas a los puntos de muestreo. En la siguiente figura se detalla la ubicación y distribución de las muestras colectadas:

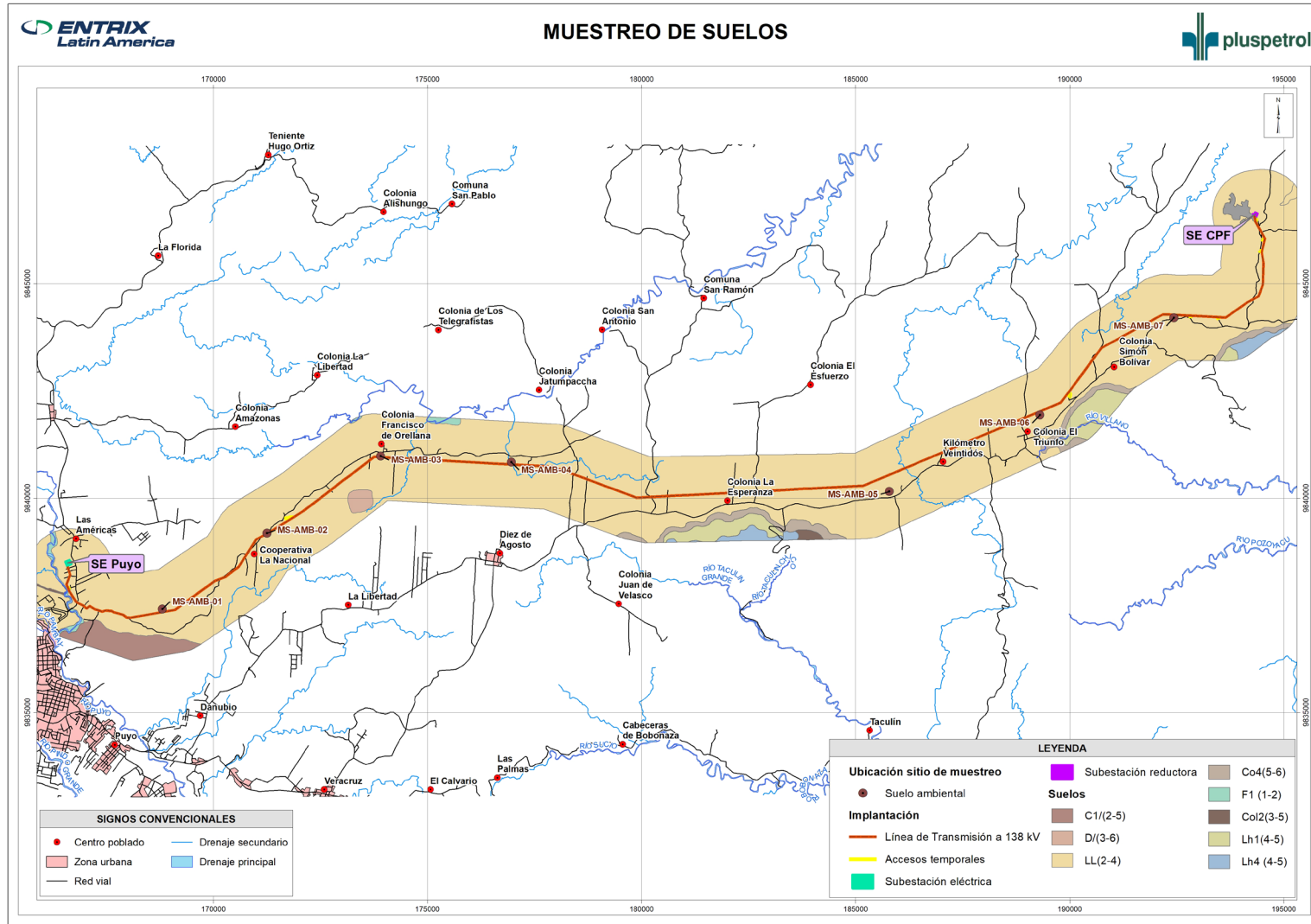


Figura 6-22 Muestreo de Suelo-Calidad de Suelo

Fuente: Levantamiento de campo, Entrix, enero – mayo 2022
 Elaborado por: Entrix, diciembre 2022

Página en blanco

A continuación, se presenta una tabla con los parámetros analizados y los criterios de calidad establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A. Adicionalmente, se ha incluido el comunicado GRU-OPE-2021-197 del 10 de agosto de 2021 (Anexo B.- Documentos de Respaldo, B.1.- Físico, B.1.9.- Acreditación Parámetros), en el cual se detalla el manejo de unidades respecto a la acreditación otorgada por el SAE en referencia a los criterios de calidad establecidos por el A. M.097-A (), de la siguiente manera:

“...En cuanto a las unidades de reporte de los metales en suelo, corresponden a mg/kg al igual que las unidades de la normativa mencionada, mientras que las unidades con las que cuenta Gruentec Cía. Ltda. con la acreditación corresponden a µg/g, mismas que son equivalentes a las primeras ya que tienen el mismo valor por unidad de masa.

Es así como; por ejemplo: 50 mg/kg de aluminio = 50 µg/g de aluminio; sin necesidad de multiplicar por ningún factor de conversión.”

Tabla 6-24 Parámetros Analizados para Calidad de Suelo





Parámetro	Unidades	Criterios de Calidad Tabla 1 Anexo 2 A. M. 097A
pH	Unid. pH	6-8
Índice SAR	Unidades	4
Arsénico	mg/kg	12
Azufre	mg/kg	250
Bario	mg/kg	200
Boro	mg/kg	1
Cadmio	mg/kg	0,5
Cobalto	mg/kg	10
Cobre	mg/kg	25
Cromo	mg/kg	54
Cianuro	mg/kg	0,9
Mercurio	mg/kg	0,1
Níquel	mg/kg	19
Plomo	mg/kg	19
Selenio	mg/kg	1
Vanadio	mg/kg	76
Zinc	mg/kg	60
Clorofenoles	mg/kg	0,05
TPH	mg/kg	150




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

6.2.10.5.2 Ubicación de los Puntos de Muestreo de Calidad de Suelo

A continuación, se detalla la ubicación de los puntos de muestreo tomados en el área de implantación del proyecto:

Tabla 6-25 Ubicación de Puntos de Muestreo de Calidad de Suelo

Código de la Muestra	Coordenadas WGS 84 Zona 18 Sur		Fecha de Muestreo	Descripción del Sitio de Muestreo	Fotografía
	Este (m)	Norte (m)			
MS-AMB-01	168806,00	9837415,00	21/05/2022	Área de pastizal con árboles dispersos	
MS-AMB-02	171248,00	9839182,00	21/05/2022	Área de pastizal, propiedad del Sr. Víctor Correa	
MS-AMB-03	173902,00	9840979,00	21/05/2022	Plantación de caña, propiedad del Sr. Galo Mayorga.	
MS-AMB-04	176956,00	9840844,00	21/05/2022	Área de pastizal con árboles dispersos	

Código de la Muestra	Coordenadas WGS 84 Zona 18 Sur		Fecha de Muestreo	Descripción del Sitio de Muestreo	Fotografía
	Este (m)	Norte (m)			
MS-AMB-05	185785,00	9840157,00	19/01/2022	Km 22 vía a El Triunfo a 300 m de la escuela Ángel Manzano Área de pastizal y pantano	
MS-AMB-06	189304,00	9841942,00	19/01/2022	Área de pastizal con presencia de árboles dispersos	
MS-AMB-07	192437,00	9844205,00	19/01/2022	Vía Arajuno km 28, vivienda junto a la vía Área de pastizal	

Fuente: Levantamiento de campo, Entrix, enero y mayo 2022

Elaborado por: Entrix, junio 2022

Página en blanco

6.2.10.5.3 Análisis de Resultados

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

Tabla 6-26 Resultados de Calidad de Suelo

Parámetro	Unidad	Criterio de Calidad Tabla 1 Anexo 2 A. M. 097-A	Código de la Muestra						
			MS-AMB-01	MS-AMB-02	MS-AMB-03	MS-AMB-04	MS-AMB-05	MS-AMB-06	MS-AMB-07
			21/05/2022	21/05/2022	21/05/2022	21/05/2022	19/01/2022	19/01/2022	19/01/2022
pH	Unid. pH	6-8	5,1	5,1	5	5,3	5,5	5,7	5,2
Cianuro total	mg/kg	0,9	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Arsénico	mg/kg	12	2,2	2,1	2,1	1,8	3,1	3,4	1,6
Azufre	mg/kg	250	<500	502	519	<500	713	<500	<500
Bario	mg/kg	200	19	16	19	68	20	18	270
Boro	mg/kg	N/A	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
Cadmio	mg/kg	0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Cobalto	mg/kg	10	3,4	5,6	4	3,2	5,8	4,7	17
Cobre	mg/kg	25	28	34	32	22	35	35	27
Cromo	mg/kg	54	32	20	20	17	19	20	90
Mercurio	mg/kg	0,1	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Níquel	mg/kg	19	2	<1	<1	1,6	4	4	8
Plomo	mg/kg	19	13	8	8,6	7,2	10	11	14
Selenio	mg/kg	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Vanadio	mg/kg	76	95	84	71	54	80	83	172
Zinc	mg/kg	60	9,4	8,1	14	14	16	20	38
Índice SAR	Unidad	4	<0,1	0,2	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	0,1
TPH	mg/kg	150	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50
2, 6 Dichlorophenol	mg/kg	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
2,3,4,6 Tetrachlorophenol	mg/kg	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

Estudio de Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental para el Proyecto de Optimización de Matriz Energética de Pluspetrol Ecuador, para la Construcción y Operación de la Línea de Transmisión CPF – SE Puyo y de la Subestación Reductora de CPF

Proyecto No 10490408

Parámetro	Unidad	Criterio de Calidad Tabla 1 Anexo 2 A. M. 097-A	Código de la Muestra						
			MS-AMB-01	MS-AMB-02	MS-AMB-03	MS-AMB-04	MS-AMB-05	MS-AMB-06	MS-AMB-07
			21/05/2022	21/05/2022	21/05/2022	21/05/2022	19/01/2022	19/01/2022	19/01/2022
2,4,5-Trichlorophenol	mg/kg	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
2,4,6-Trichlorophenol	mg/kg	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
2,4-Dichlorophenol	mg/kg	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
2-Chlorophenol	mg/kg	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
4-Chloro-3methylphenol	mg/kg	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Pentachlorophenol	mg/kg	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

Fuente: GRUENTEC, febrero y mayo 2022

Elaborado por: Entrix, junio 2022

Los informes de resultados constan en el Anexo B.- Documentos de Respaldos; B.1.- Físico; B.1.4.- Resultados de Laboratorio. Todos los puntos de muestreo se presentan en el Anexo D.- Cartografía, Mapa 3.1-7 Mapa de Suelos.

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. Las muestras analizadas indican el cumplimiento en algunos de los parámetros analizados, como se puede observar en la Tabla 6-26; sin embargo, se han evidenciado parámetros que se encuentran fuera de los criterios de calidad establecidos por la legislación ambiental vigente, los cuales se analizan a continuación:

Potencial Hidrógeno

Los suelos amazónicos son pobres en nutrientes y poseen un bajo contenido nutricional, la mayoría de los suelos de la región corresponde al orden Inceptisoles, estos suelos se caracterizan por poseer una baja fertilidad, alta acidez y toxicidad causadas por el aluminio, deficiencia de fósforo, calcio y potasio (INIAP, 2018).

El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), en su informe “Agroforestería Sostenible en la Amazonía Ecuatoriana Nro. 2”, emitido en 2018, analizar el factor edafológico, en el que se determina que los suelos de la provincia de Pastaza son infértiles, presentan una alta acidez y toxicidad causada por el aluminio y la deficiencia de fósforo, además de problemas físicos, estructura no definida y alta saturación de humedad. Indica que estos suelos poseen un alto contenido de materia orgánica, pero debido a la gran pluviometría la materia orgánica es pobre en nutrientes, por lo que el pH en el sector se encuentra entre 4,9 y 5,2 unidades.

Como se puede apreciar en la Figura 6-23 y en la Tabla 6-26, todas las muestras presentan valores por debajo del rango de calidad establecidos en la Tabla 1 del Anexo 2 del Acuerdo Ministerial 097-A.

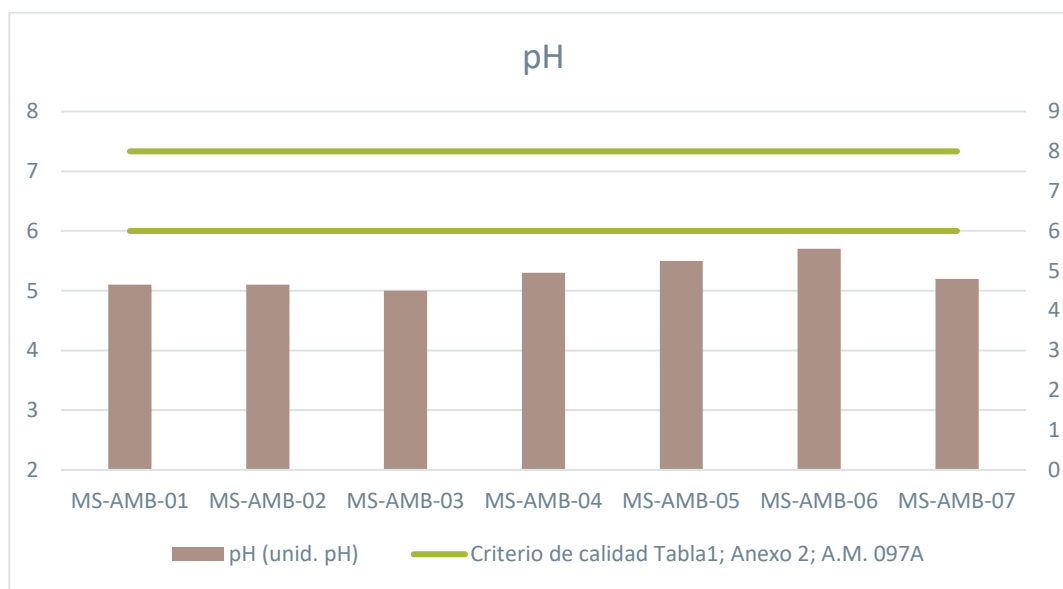


Figura 6-23 Análisis de Resultados de Calidad de Suelo pH (unid. pH)

Fuente: GRUENTEC, febrero - mayo 2022
Elaborado por: Entrix, junio 2022

Azufre

La materia orgánica es una fuente importante de azufre. En la superficie de los suelos de las regiones húmedas el 90-98 % del azufre está presente en formas orgánicas. Al igual que en el caso del nitrógeno,

las formas exactas del azufre en la materia orgánica no son conocidas. Más de la mitad del azufre está ligado al carbono, principalmente en proteínas y en aminoácidos, tales como cisteína, cistina y methionina. Esos materiales están unidos con las fracciones arcilla y humus y, por lo tanto, están protegidos del ataque microbiano. Pasado un tiempo, los microorganismos de suelo rompen esos compuestos orgánicos de azufre que se transforman en formas inorgánicas solubles, principalmente sulfato. Esta mineralización de los compuestos orgánicos hasta sulfato libre es análoga a la liberación del amonio y nitrato desde la materia orgánica (Sanzano, 2019).

El azufre tiene altas concentraciones debido a la unión de las fracciones de arcilla (Sanzano, 2019), esto indica que el suelo típico de la Amazonía ecuatoriana, que está compuesto principalmente por arcillas, tiene una alta cantidad de azufre en su composición química (INIAP, 2018). Adicionalmente, considerando lo detallado anteriormente, este se encuentra directamente asociado a los niveles de pH en el suelo, sobre todo en suelos que son utilizados para la agricultura.

Como se puede apreciar en la Figura 6-24 y en la Tabla 6-26, todas las muestras presentan valores superiores respecto del criterio de calidad establecido en la Tabla 1 del Anexo 2 del Acuerdo Ministerial 097-A, esto debido a las condiciones propias de suelo, a actividades antrópicas, como cultivo y su estrecha relación con el pH.

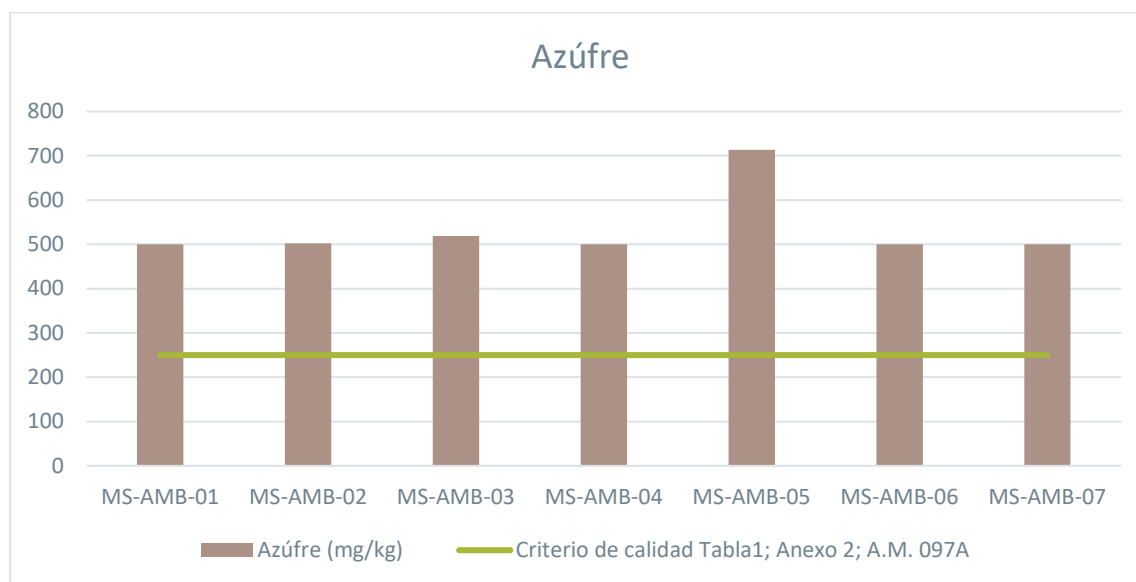


Figura 6-24 Análisis de Resultados de Calidad de Suelo Azufre (mg/kg)

Fuente: GRUENTEC, febrero - mayo 2022

Elaborado por: Entrix, junio 2022

Bario

El bario es un metal que puede encontrarse en el medio ambiente de forma natural, comúnmente se lo puede encontrar como sulfato de bario y está combinado con otros elementos, como el azufre (Paredes & Miglio, 2018), lo que guarda relación respecto al uso de azufre en áreas agrícolas.

El bario o sulfato de bario, como se encuentra de manera natural, es un compuesto que es muy soluble en el agua por lo que puede migrar fácilmente a distintos sustratos del suelo (Paredes & Miglio, 2018).

La muestra MS-AMB-07 presenta valores de bario que sobrepasan los criterios de calidad establecidos en la Tabla 1 del Anexo 2 del A. M. 097-A (Figura 6-25 y Tabla 6-26). Finalmente, es importante mencionar que esta área actualmente ha sido intervenida, por lo cual el suelo ha sufrido alteraciones en su composición fisicoquímica, por lo que estos valores han sido considerados como valores de fondo.

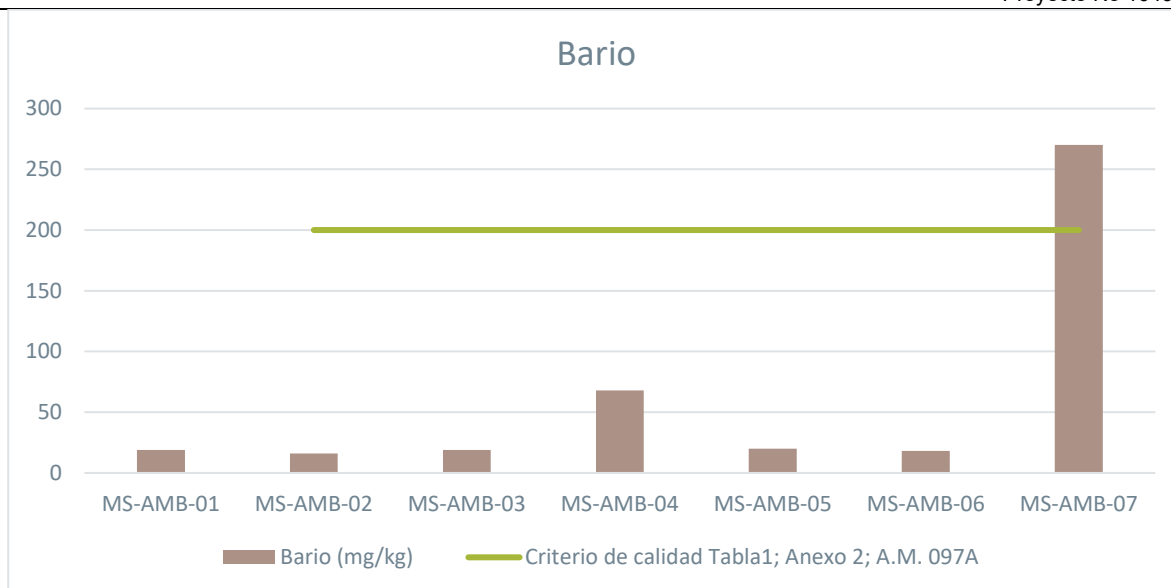


Figura 6-25 Análisis de Resultados de Calidad de Suelo Bario (mg/kg)

Fuente: GRUENTEC, febrero - mayo 2022
Elaborado por: Entrix, junio 2022

Cobalto

El cobalto ha sido usado para mejorar el crecimiento de algunas plantas a bajas concentraciones. En altas concentraciones el cobalto es tóxico para humanos, animales, plantas terrestres y acuáticas. La mayor cantidad de cobalto está presente naturalmente en rocas, suelo, plantas, animales y aire. Aproximadamente 0,0025 % de la corteza terrestre está compuesta de cobalto. Algunas fuentes naturales de cobalto en el medio ambiente están asociadas a erosiones volcánicas, agua de mar e incendios forestales, la escorrentía agrícola es uno de los mayores contribuyentes antropogénicos de cobalto al medio ambiente (BC MELP, 2004).

En la Figura 6-26 y en la Tabla 6-26, la muestra MS-AMB-07 se encuentra sobrepasando de los criterios de calidad establecidos en la Tabla 1 del Anexo 2 del Acuerdo Ministerial 097-A. Los valores registrados se pueden asociar a las actividades antrópicas en cuanto a la utilización de fertilizantes con fosfato, los cuales cuentan con elementos como el cobalto fijándose y asociándose con otros elementos presentes en el suelo, así como las características físicas (arcilloso), lo que permite una concentración mayor por su capacidad de reacción y movilidad. Los resultados obtenidos del presente análisis son considerados como valores de línea base.

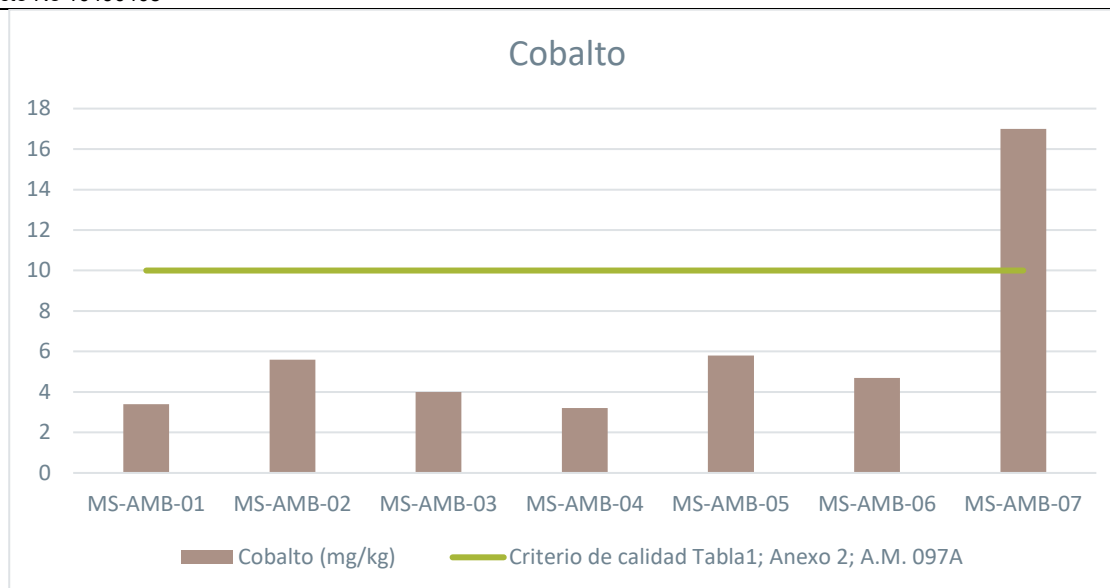


Figura 6-26 Análisis de Resultados de Calidad de Suelo Cobalto (mg/kg)

Fuente: GRUENTEC, febrero - mayo 2022

Elaborado por: Entrix, junio 2022

Cobre

El cobre en el suelo esta principalmente adsorbido a la materia orgánica, a los óxidos de hierro y manganeso, así como también está fijado en la red cristalina que es la base estructural directa de los silicatos del suelo. Además, puede ser precipitado como hidróxido, carbonato o fosfato (Rodriguez et al., 2005).

La concentración de cobre en la solución del suelo depende del contenido de materia orgánica, el pH y de la disponibilidad de agentes complejantes. El porcentaje de cobre intercambiable se incrementa generalmente con la disminución del pH. Otros elementos presentes en el suelo, como el calcio, fósforo, aluminio, hierro, zinc y molibdeno, pueden afectar la disponibilidad del cobre para las plantas (Rodriguez et al., 2005).

En la Figura 6-27 y en la Tabla 6-26, las muestras MS-AMB-01, MS-AMB-02, MS-AMB-03, MS-AMB-05, MS-AMB-06 y MS-AMB-07 se encuentran por encima de los criterios de calidad establecidos en la Tabla 1 del Anexo 2 del Acuerdo Ministerial 097-A. Los valores registrados se pueden asociar a las actividades antrópicas en cuanto a la utilización de fertilizantes con fosfato, los cuales cuentan con elementos como el cobre. Otro aspecto para considerar es la disminución de pH, como se ha descrito anteriormente, los suelos caracterizados cuentan con pH por debajo de 6 unidades, lo cual permite que el cobre tenga una mayor concentración en el suelo, aportando con esto la materia orgánica presente en estos sitios.

Es importante mencionar que la muestra MS-AMB-04 se encuentran dentro de los criterios de calidad establecidos en la Tabla 1 del Anexo 2 del Acuerdo Ministerial 097-A.

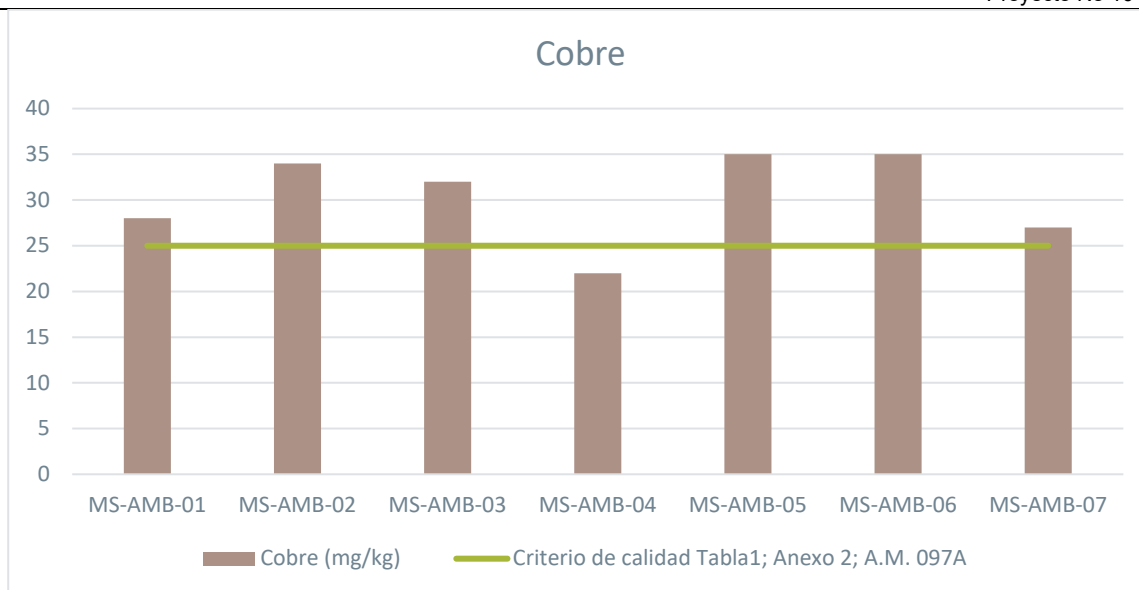


Figura 6-27 Análisis de Resultados de Calidad de Suelo Cobre (mg/kg)

Fuente: GRUENTEC, febrero - mayo 2022
Elaborado por: Entrix, junio 2022

Cromo

Los metales pesados están presentes naturalmente en los suelos, pero se ha comprobado que en los últimos años se ha venido presentando una acumulación antropogénica por diversas actividades de tipo industrial, agrícola y mala disposición de residuos sólidos. Dentro de los principales metales que son ampliamente contaminantes ambientales se encuentran el plomo (Pb), cadmio (Cd), cromo (Cr) y mercurio (Hg). En su gran mayoría los metales pesados entran en la cadena alimentaria por contaminación en los suelos en donde se realizan principalmente cultivos que absorben nutrientes del suelo contaminado. Los metales pesados presentes en un suelo pueden seguir cuatro vías diferentes: La primera, quedar retenidos en fase acuosa del suelo; la segunda, ser absorbidos sobre constituyentes inorgánicos del suelo; la tercera, asociados con materia orgánica del suelo; y, finalmente, se pueden precipitar como sólidos puros, mixtos o en el mayor de los casos pueden ser absorbidos por las plantas, pasar a la atmósfera por volatilización y movilizarse por aguas superficiales y subterráneas (Martínez & Vargas, 2017).

En la Figura 6-28 y en la Tabla 6-26 la muestra MS-AMB-07 sobrepasa los criterios de calidad establecidos en la Tabla 1 del Anexo 2 del Acuerdo Ministerial 097-A. Los valores registrados se pueden asociar a las actividades antrópicas en cuanto a la utilización de fertilizantes, los cuales cuentan con la presencia de metales, entre ellos el cromo. La muestra que presenta valores altos de cromo se encuentra en un área intervenida con presencia de pastizales y cultivos, es decir corresponde a una zona agrícola. Considerando que en el sitio de muestreo no existe ningún tipo de actividad industrial, los resultados de cromo analizados corresponden a valores de línea base o de estado actual de las características químicas del suelo.

Es importante mencionar que las muestras restantes se encuentran dentro de los criterios de calidad establecidos en la Tabla 1 del Anexo 2 del Acuerdo Ministerial 097-A.

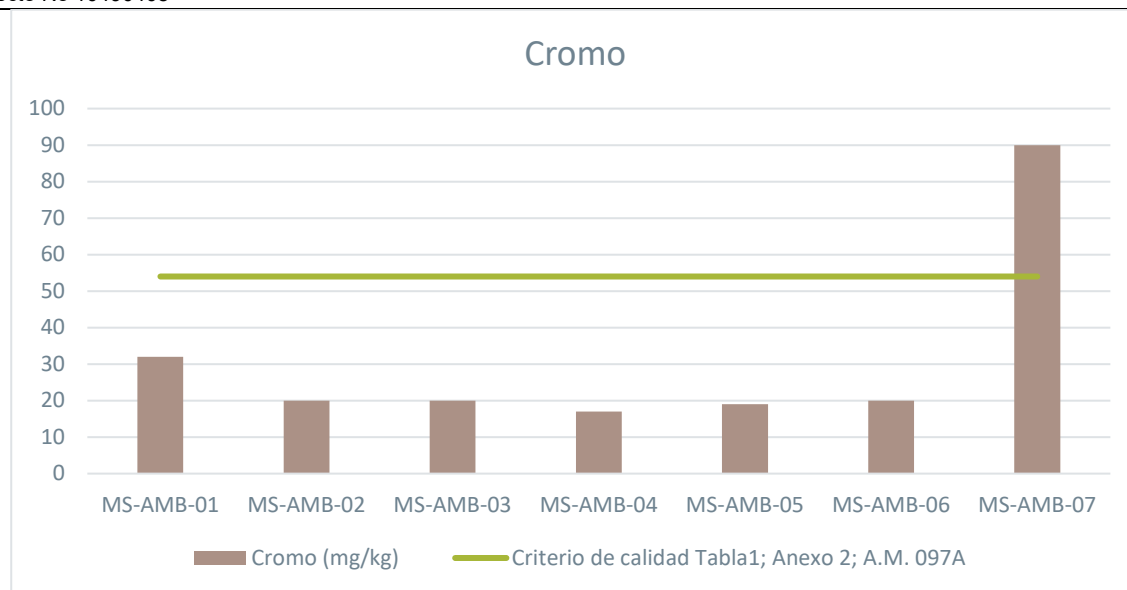


Figura 6-28 Análisis de Resultados de Calidad de Suelo Cromo (mg/kg)

Fuente: GRUENTEC, febrero - mayo 2022

Elaborado por: Entrix, junio 2022

Mercurio

El mercurio se encuentra en la naturaleza principalmente como sulfuro formando parte de todos los tipos de rocas (ígneas, sedimentarias y metamórficas). Las pizarras ricas en materia orgánica están particularmente enriquecidas en este metal. Los principales minerales de mercurio son cinabrio, mena principal y metacinabrio (polimorfos de HgS), así como livingstonita ($HgSb_4S_6$). Es importante mencionar que en las actividades agrícolas la aplicación de fertilizantes de tipo fosfatado puede incrementar el contenido de mercurio en el suelo. Es importante mencionar que en los fertilizantes elaborados con materias primas de origen vegetal o animal presentan trazas de algunos metales pesados, los cuales conforman la composición química de dichos productos. Por otro lado, se ha constatado que en la producción de fertilizantes fosfatados se originan subproductos de mercurio que pueden ser transferidos en su aplicación (Caiza, 2018).

En la Figura 6-29 y en la Tabla 6-26 la muestra MS-AMB-01 sobrepasa los criterios de calidad establecidos en la Tabla 1 del Anexo 2 del Acuerdo Ministerial 097-A. Los valores registrados se pueden asociar a las actividades antrópicas en cuanto a la utilización de fertilizantes con fosfato, los cuales cuentan la presencia de metales, entre ellos el mercurio, de los cuales se obtienen subproductos de este elemento según la bibliografía antes citada. La muestra que presenta valores altos de mercurio se encuentra en un área de plantación de caña, es decir, corresponde a una zona agrícola en la que se aplican fertilizantes y abonos, los cuales se presume podrían ser los precursores de la presencia de este elemento en el suelo, considerando que en el sitio de muestreo no existe ningún tipo de actividad industrial, por ello que los valores de mercurio analizados corresponden a valores de línea base o de estado actual de las características químicas del suelo.

Cabe mencionar que las muestras restantes se encuentran dentro de los criterios de calidad establecidos en la Tabla 1 del Anexo 2 del Acuerdo Ministerial 097-A.

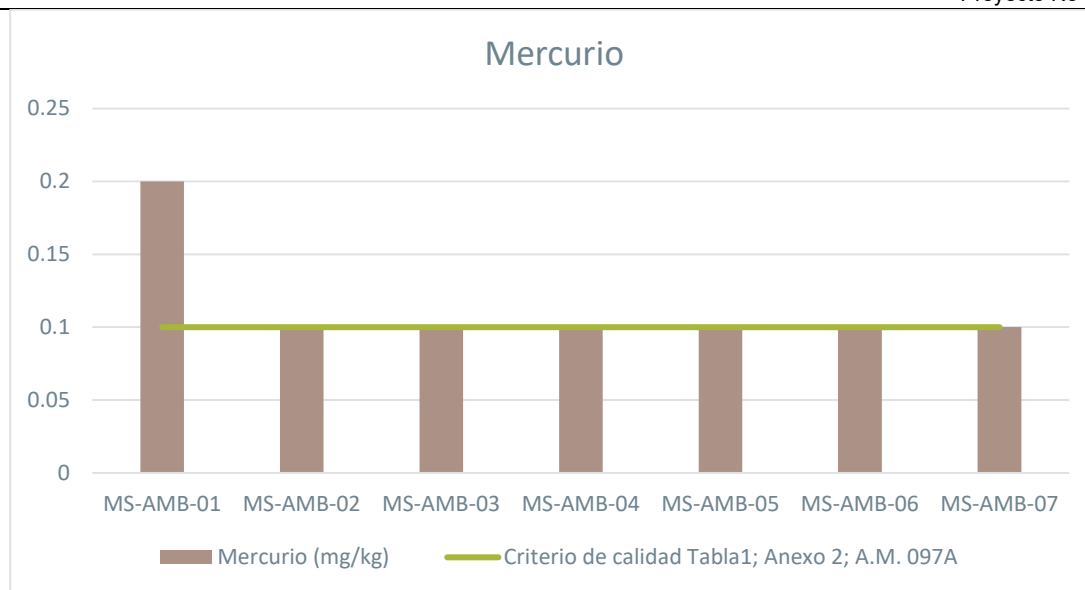


Figura 6-29 Análisis de Resultados de Calidad de Suelo Mercurio (mg/kg)

Fuente: GRUENTEC, febrero - mayo 2022
Elaborado por: Entrix, junio 2022

Vanadio

En la corteza terrestre el vanadio ocupa el lugar 22 entre los elementos más abundantes, con una presencia de 0,014 a 0,02 %. Participa en la síntesis de clorofila en organismos fotosintéticos y es un micronutriente para varias especies marinas y terrestres (Rodríguez & Altamirano, 2006).

Aunque las rocas ígneas, complejos de carbonatita, magnetita titanio-ferrosos y depósitos de hierro, uranio, cromo y manganeso contienen vanadio, menas de alto contenido incluyen vanadita, descloizita, partonita, rescoelita y carnotita. Mayores concentraciones pueden encontrarse en carbón y en combustibles fósiles. Tiene varios números de oxidación posibles (V0 hasta V5+) en la corteza de la Tierra; sin embargo, existe de manera natural en algunos minerales en estados de oxidación III, IV y V principalmente. En la mayoría de los minerales, el V se encuentra como óxido, pero ocasionalmente asume el rol de un catión metálico (Villacreces, 2018).

En la Figura 6-30 y en la Tabla 6-26 las muestras MS-AMB-01, MS-AMB-02, MS-AMB-05, MS-AMB-06 y MS-AMB-07 se encuentran por encima de los criterios de calidad establecidos en la Tabla 1 del Anexo 2 del Acuerdo Ministerial 097-A. Los valores registrados se pueden asociar a valores de concentración presentes de manera natural bajo exposición de compuestos químicos de las diferentes actividades antrópicas de los sitios muestreados. Es importante mencionar que el vanadio asume un rol de catión metálico en las diferentes reacciones de estos elementos, por tanto, las trazas pueden ser fijadas y acumuladas en el sustrato de los suelos del área de estudio.

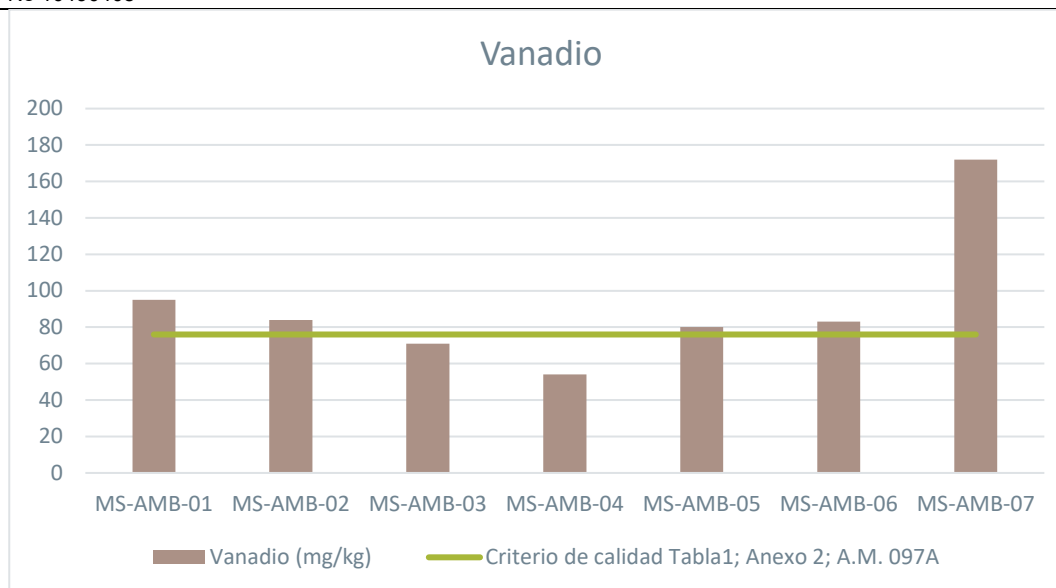


Figura 6-30 Análisis de Resultados de Calidad de Suelo Vanadio (mg/kg)

Fuente: GRUENTEC, febrero - mayo 2022

Elaborado por: Entrix, junio 2022

6.2.10.5.4 Asociación de las Muestras de Suelo tomadas para Adecuación de Accesos

A continuación, se presenta la asociación de las muestras de suelo tomadas en la franja de servidumbre de línea de transmisión CPF – SE Puyo, con las adecuaciones a los accesos a los diferentes postes que componen la línea de transmisión.

Para el presente análisis se ha considerado la cobertura vegetal, el tipo de suelo y la distancia hacia el punto de muestreo más cercano al acceso analizado, como se muestra en la Tabla 6-27:

Tabla 6-27 Asociación de las Muestras de Suelo tomadas para Adecuación de Accesos

Nro.	Accesos	ID Muestra	Distancia aproximada (km)	Tipo de Suelo	Cobertura vegetal
1.	Acceso E3	MS-01-SE-A	0,42	LL Llanura ligeramente ondulada.	Pastizal/Erial (viviendas)
2.	Acceso E4	MS-01-SE-A	0,61		Vegetación secundaria/ Erial (viviendas)
3.	Acceso E35	MS-AMB-02	0,72		Vegetación secundaria/pastizal
4.	Acceso E99	MS-AMB-06	0,85		Vegetación secundaria
5.	Acceso E111	MS-AMB-07	0,27		Pastizal
6.	Acceso E113	MS-AMB-07	1,01		Vegetación secundaria
7.	Acceso E121	MS-01-A	0,75		Parcha de Bosque
8.	Acceso E122	MS-01-A	1,07		Pastizal
9.	Acceso E123	MS-01-A	1,48		Pastizal

Fuente: Entrix, noviembre 2022

Elaborado por: Entrix, noviembre 2022

Los accesos mencionados en la Tabla 6-27, que serán temporales, tienen su inicio de adecuación por fuera de la franja de servidumbre, pero dentro del área geográfica del proyecto (Anexo A.- Documentos Oficiales, A.1.- Certificado de Intersección).

En ese sentido, las muestras de suelo MS-01-SE-A, MS-AMB-02, MS-AMB-07 y MS-01-A se encuentran en el mismo tipo de suelo llanura ligeramente ondulada, la cual se caracteriza por presentar un relieve topográfico plano a ondulado suave, con pequeños sectores ligeramente cóncavos en pendientes inferiores al 15 %. Este conjunto de suelos representa un 88,17 % del área estudiada.

La cobertura vegetal de los diferentes sitios de toma de muestra fue: pastizales, Erial, vegetación secundaria y parcha de bosque.

En relación con la distancia, la muestra más cercana se encuentra a 0,27 km siendo la muestra MS-AMB-07 al acceso E111 y la más lejana a 1,48 km siendo la muestra MS-01-A al acceso E123.

6.2.10.5.5 Conclusiones

- > Los valores obtenidos para el presente estudio fueron catalogados como niveles de fondo (concentración natural) presentes en las muestras colectadas que se realizaron en el área de estudio, dado que, a pesar de que existen actividades antrópicas que pueden influenciar en los resultados presentados, no existe infraestructura ni operaciones industriales dentro de la zona evaluada, la cual corresponde a sitios agrícolas y ganaderos.
- > En general, no se observó indicios de contaminación en los puntos de muestreo ubicados dentro del área de estudio. De acuerdo con los resultados analíticos, los valores de pH se encuentran por debajo del rango del criterio de calidad de suelo establecido en la Tabla 1, Anexo 2 del A.M. 097-A debido al tipo de suelo y los factores antrópicos existentes en los sitios evaluados.
- > En términos generales, conforme los resultados de laboratorio, los compuestos metálicos presentan valores por encima de los criterios de calidad establecidos en la normativa ambiental vigente; sin embargo, estos se deben a las actividades antrópicas (principalmente por la agricultura, donde estos compuestos tienen aleaciones, sirven como catalizadores y aumentan la concentración en ambientes con pH ácido), presencia de materia orgánica y características físicas de los suelos (arcillosos), así como el uso de fertilizantes que cuentan con fosfatos los cuales fijan estos elementos en el suelo.

6.2.11 Hidrología y Calidad de Agua

6.2.11.1 *Hidrología*

La hidrología del área de estudio está descrita en función de las unidades hidrográficas que se encuentran en el área de implantación del proyecto.

6.2.11.1.1 Unidades Hidrográficas

Metodología

Basado en la información secundaria existente y la información de campo, se describen los sistemas y unidades hidrográficas del área de estudio conforme la metodología Pfasftetter¹; evaluando la información hidrodinámica de las unidades hidrográficas y los fenómenos relacionados con esta.

¹ 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

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 SENAGUA, 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 elaboraron 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, y 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 Ministerio de Ambiente y Agua, Unidades Hidrográficas Nivel 6, escala 1: 50 000, 2020.

A continuación, se detallan las unidades hidrográficas presentes en el área de estudio.

Tabla 6-28 Unidades Hidrográficas del Área de Estudio

Unidad Hidrográfica Pfasftetter	Código	Nivel	Nombre del Drenaje
Unidad hidrográfica 49966969	49966969	8	Río Taculin Grande
Unidad hidrográfica 49966968	49966968	8	S/N
Unidad hidrográfica 49966967	49966967	8	Río Taculin Grande
Unidad hidrográfica 49966966	49966966	8	Río Taculin Chico
Unidad hidrográfica 49967793	49967793	8	Río Puyo
Unidad hidrográfica 49967794	49967794	8	Río Pambay
Unidad hidrográfica 49967795	49967795	8	Río Puyo
Unidad hidrográfica 49967797	49967797	8	Río Puyo
Unidad hidrográfica 49967796	49967796	8	Río Chiroyacu
Unidad hidrográfica 49967792	49967792	8	Estero Chilcayacu

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 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, 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.

Unidad Hidrográfica Pfasftetter	Código	Nivel	Nombre del Drenaje
Unidad Hidrográfica 497895695	497895695	9	Río Arajuno
Unidad hidrográfica 497895697	497895697	9	Río Arajuno
Unidad Hidrográfica 497895699	497895699	9	Río Arajuno
Unidad hidrográfica 497849499	497849499	9	Río Villano
Unidad hidrográfica 497849498	497849498	9	Río Elipe
Unidad hidrográfica 49967786	49967786	8	S/N
Unidad hidrográfica 49967785	49967785	8	Río Sandalia
Unidad hidrográfica 49967787	49967787	8	Río Sandalia
Unidad hidrográfica 49967788	49967788	8	S/N
Unidad hidrográfica 49967789	49967789	8	Río Sandalia
Unidad hidrográfica 497895668	497895668	9	S/N
Unidad hidrográfica 497895669	497895669	9	Río Huapuno
Unidad hidrográfica 497895666	497895666	9	Río Llushcayacu
Unidad hidrográfica 497895696	497895696	9	Estero Jatumpaccha
Unidad hidrográfica 497895694	497895694	9	Estero Pucayacu
Unidad hidrográfica 4978956628	4978956628	10	S/N
Unidad hidrográfica 4978956629	4978956629	10	Río Piñasyacu
Unidad hidrográfica 4978956627	4978956627	10	Río Piñasyacu
Unidad hidrográfica 4978956626	4978956626	10	S/N

Fuente: Metodología Pfasftetter, Entrix, junio 2022

Elaborado por: Entrix, junio 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 hidrográficas en el área del proyecto:

Tabla 6-29 Características de las Unidades Hidrográficas del Área de Estudio

Nombre del Drenaje	Pfasstetter			Características Principales					
	Unidad Hidrográfica Pfasstetter	Codificación	Nivel	Área (km ²)	Perimetro (km)	Longitud del Cauce Principal (km)	Longitud Media del Cauce Principal (km)	Longitud de los Cauces Secundarios (km)	Dirección del Drenaje
Río Taculin Grande	Unidad hidrográfica 49966969	49966969	8	6,00	13,73	6,49	3,94	21,26	O-E
S/N	Unidad hidrográfica 49966968	49966968	8	1,98	6,31	2,53	1,76	7,93	NE-S
Río Taculin Grande	Unidad hidrográfica 49966967	49966967	8	1,77	6,16	1,06	0,81	7,77	O-E
Río Taculin Chico	Unidad hidrográfica 49966966	49966966	8	3,41	9,21	1,99	1,61	13,88	NE-S
Río Puyo	Unidad hidrográfica 49967793	49967793	8	4,25	11,35	3,98	2,87	18,67	NO-S
Río Pambay	Unidad hidrográfica 49967794	49967794	8	10,49	15,77	4,23	3,36	24,68	NO-S
Río Puyo	Unidad hidrográfica 49967795	49967795	8	1,09	5,68	1,29	0,94	6,33	NE-S
Río Puyo	Unidad hidrográfica 49967797	49967797	8	8,29	16,23	3,84	2,98	38,28	N-S
Río Chiroyacu	Unidad hidrográfica 49967796	49967796	8	8,71	14,40	3,65	2,30	41,71	N-S
Estero Chilcayacu	Unidad hidrográfica 49967792	49967792	8	15,85	24,24	11,67	6,78	68,57	NE-S
Río Arajuno	Unidad Hidrográfica 497895695	497895695	9	12,68	19,50	10,18	6,32	56,25	SO-N
Río Arajuno	Unidad hidrográfica 497895697	497895697	9	10,58	13,65	5,13	2,95	50,78	O-E
Río Arajuno	Unidad Hidrográfica 497895699	497895699	9	37,43	34,30	18,48	14,06	206,91	NE-OE
Río Villano	Unidad hidrográfica 497849499	497849499	9	19,23	26,01	10,53	7,53	77,18	O-E

Nombre del Drenaje	Pfasftetter			Características Principales					
	Unidad Hidrográfica Pfasftetter	Codificación	Nivel	Área (km ²)	Perimetro (km)	Longitud del Cauce Principal (km)	Longitud Media del Cauce Principal (km)	Longitud de los Cauces Secundarios (km)	Dirección del Drenaje
Río Elipe	Unidad hidrográfica 497849498	497849498	9	11,61	15,42	4,71	4,10	12,23	NO-S
S/N	Unidad hidrográfica 49967786	49967786	8	1,31	6,95	3,06	2,44	4,17	NE-S
Río Sandalia	Unidad hidrográfica 49967785	49967785	8	2,91	9,09	3,09	2,03	13,84	NE-S
Río Sandalia	Unidad hidrográfica 49967787	49967787	8	4,27	10,73	4,65	2,05	20,12	E-O
S/N	Unidad hidrográfica 49967788	49967788	8	0,91	5,00	2,64	1,46	2,90	NE-S
Río Sandalia	Unidad hidrográfica 49967789	49967789	8	3,18	8,43	2,94	0,65	12,06	E-O
S/N	Unidad hidrográfica 497895668	497895668	9	6,39	14,33	6,59	4,56	21,32	S-N
Río Huapuno	Unidad hidrográfica 497895669	497895669	9	9,02	17,55	5,16	4,60	14,35	S-N
Río Llushcayacu	Unidad hidrográfica 497895666	497895666	9	19,27	28,09	14,10	9,47	71,28	S-N
Estero Jatumpaccha	Unidad hidrográfica 497895696	497895696	9	17,52	32,36	6,97	5,61	87,89	E-NO
Estero Pucayacu	Unidad hidrográfica 497895694	497895694	9	11,61	18,78	4,17	3,30	53,59	SO-N
S/N	Unidad hidrográfica 4978956628	4978956628	10	7,72	15,78	6,43	4,29	37,03	S-N
Río Piñasyacu	Unidad hidrográfica 4978956629	4978956629	10	11,09	20,38	11,43	8,06	47,42	SE-N
Río Piñasyacu	Unidad hidrográfica 4978956627	4978956627	10	3,76	9,86	2,09	1,65	16,41	O-E

Estudio de Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental para el Proyecto de Optimización de Matriz Energética de Pluspetrol Ecuador, para la Construcción y Operación de la Línea de Transmisión CPF – SE Puyo y de la Subestación Reductora de CPF

Proyecto No 10490408

Nombre del Drenaje	Pfasftetter			Características Principales					
	Unidad Hidrográfica Pfasftetter	Codificación	Nivel	Área (km ²)	Perimetro (km)	Longitud del Cauce Principal (km)	Longitud Media del Cauce Principal (km)	Longitud de los Cauces Secundarios (km)	Dirección del Drenaje
S/N	Unidad hidrográfica 4978956626	4978956626	10	5,98	12,80	5,27	3,81	24,15	SE-N

Fuente: Metodología Pfasftetter, Entrix, marzo 2022

Elaborado por: Entrix, marzo 2022

Con estas características se puede determinar la configuración de las unidades hidrográficas dentro del área de estudio por medio de índices o coeficientes que relacionan el movimiento del agua y las respuestas de la unidad 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:

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

Donde²:

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: i) la longitud del cauce principal considerando su sinuosidad, ii) la longitud del cauce principal considerando su eje o iii) la distancia en línea recta entre el punto de control de la cuenca y el punto más alejado de este (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 6-30 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 Pfasftetter, Entrix, marzo 2022

Elaborado por: Entrix, marzo 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).

² Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas del Ecuador; Metodología Pfasftetter, 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:

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

Donde³:

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:

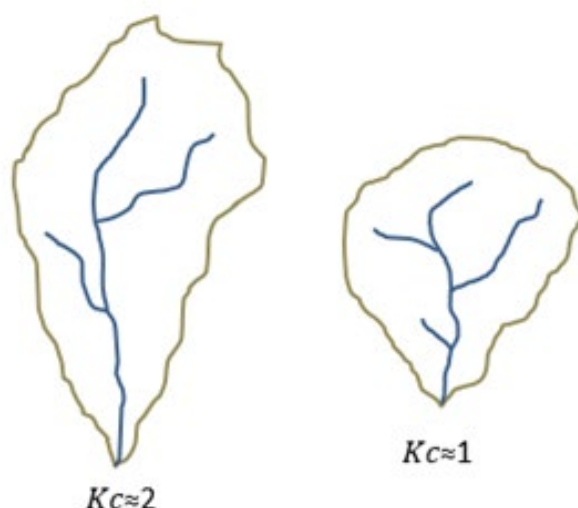


Figura 6-31 Comparación de la Forma de Unidades Hidrográficas según K_c

Fuente: Metodología Pfafstetter, Entrix, marzo 2022

Elaborado por: Entrix, marzo 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 los valores altos se refieren a que las precipitaciones intervienen rápidamente sobre las descargas de los ríos. Se expresa mediante la siguiente ecuación:

³ Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas del Ecuador; Metodología Pfafstetter, SENAGUA 2009

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

Donde⁴:

A, área de la unidad hidrográfica, km²

LT, longitud total de los cauces, km

Tabla 6-31 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 Pfasftetter, Entrix, marzo 2022

Elaborado por: Entrix, marzo 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 la siguiente tabla se presentan los resultados de los cálculos antes mencionados.

Tabla 6-32 Coeficientes a partir de los Parámetros Fisiográficos de las Unidades Hidrográficas del Área de Estudio

Unidad Hidrográfica Pfasftetter	Nombre del Drenaje	Código	Nivel	Coficiente de Forma (kf)	Coficiente de Compacidad (kc)	Densidad de Drenaje (Dd) (km/km ²)	Sinuosidad (Si)
Unidad hidrográfica 49966969	Río Taculin Grande	49966969	8	0,14	1,57	3,54	1,65
Unidad hidrográfica 49966968	S/N	49966968	8	0,31	1,25	4,00	1,44
Unidad hidrográfica 49966967	Río Taculin Grande	49966967	8	1,58	1,30	4,39	1,31
Unidad hidrográfica 49966966	Río Taculin Chico	49966966	8	0,86	1,40	4,07	1,24

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

Proyecto No 10490408

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 49967793	Río Puyo	49967793	8	0,27	1,54	4,39	1,39
Unidad hidrográfica 49967794	Río Pambay	49967794	8	0,59	1,36	2,35	1,26
Unidad hidrográfica 49967795	Río Puyo	49967795	8	0,65	1,52	5,81	1,37
Unidad hidrográfica 49967797	Río Puyo	49967797	8	0,56	1,58	4,62	1,29
Unidad hidrográfica 49967796	Río Chiroyacu	49967796	8	0,65	1,37	4,79	1,59
Unidad hidrográfica 49967792	Estero Chilcayacu	49967792	8	0,12	1,70	4,32	1,72
Unidad Hidrográfica 497895695	Río Arajuno	497895695	9	0,12	1,53	4,44	1,61
Unidad hidrográfica 497895697	Río Arajuno	497895697	9	0,40	1,17	4,80	1,74
Unidad Hidrográfica 497895699	Río Arajuno	497895699	9	0,11	1,57	5,53	1,31
Unidad hidrográfica 497849499	Río Villano	497849499	9	0,17	1,66	4,01	1,40
Unidad hidrográfica 497849498	Río Elipe	497849498	9	0,52	1,27	1,05	1,15
Unidad hidrográfica 49967786	S/N	49967786	8	0,14	1,70	3,18	1,25
Unidad hidrográfica 49967785	Río Sandalia	49967785	8	0,31	1,49	4,75	1,52
Unidad hidrográfica 49967787	Río Sandalia	49967787	8	0,20	1,46	4,72	2,27
Unidad hidrográfica 49967788	S/N	49967788	8	0,13	1,47	3,20	1,81
Unidad hidrográfica 49967789	Río Sandalia	49967789	8	0,37	1,33	3,80	4,52
Unidad hidrográfica 497895668	S/N	497895668	9	0,15	1,59	3,34	1,45
Unidad hidrográfica 497895669	Río Huapuno	497895669	9	0,34	1,64	1,59	1,12
Unidad hidrográfica 497895666	Río Llushcayacu	497895666	9	0,10	1,79	3,70	1,49
Unidad hidrográfica 497895696	Estero Jatumpaccha	497895696	9	0,36	2,16	5,02	1,24
Unidad hidrográfica 497895694	Estero Pucayacu	497895694	9	0,67	1,54	4,62	1,26
Unidad hidrográfica 4978956628	S/N	4978956628	10	0,19	1,59	4,80	1,50

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 4978956629	Río Piñasyacu	4978956629	10	0,08	1,71	4,28	1,42
Unidad hidrográfica 4978956627	Río Piñasyacu	4978956627	10	0,86	1,42	4,36	1,27
Unidad hidrográfica 4978956626	S/N	4978956626	10	0,22	1,47	4,04	1,38

Fuente: Metodología Pfasftetter, Entrix, marzo 2022
Elaborado por: Entrix, marzo 2022

Coeficiente de Forma (kf)

Tabla 6-33 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 49966969	Río Taculin Grande	8	0,14	Muy alargada
Unidad hidrográfica 49966968	S/N	8	0,31	Ligeramente alargada
Unidad hidrográfica 49966967	Río Taculin Grande	8	1,58	Rodeando el desagüe
Unidad hidrográfica 49966966	Río Taculin Chico	8	0,86	Muy ensanchada
Unidad hidrográfica 49967793	Río Puyo	8	0,27	Alargada
Unidad hidrográfica 49967794	Río Pambay	8	0,59	Ligeramente ensanchada
Unidad hidrográfica 49967795	Río Puyo	8	0,65	Ensanchada
Unidad hidrográfica 49967797	Río Puyo	8	0,56	Ligeramente ensanchada
Unidad hidrográfica 49967796	Río Chiroyacu	8	0,65	Ensanchada
Unidad hidrográfica 49967792	Estero Chilcayacu	8	0,12	Muy alargada
Unidad Hidrográfica 497895695	Río Arajuno	9	0,12	Muy alargada
Unidad hidrográfica 497895697	Río Arajuno	9	0,40	Ni alargada ni ensanchada
Unidad Hidrográfica 497895699	Río Arajuno	9	0,11	Muy alargada
Unidad hidrográfica 497849499	Río Villano	9	0,17	Muy alargada
Unidad hidrográfica 497849498	Río Elipe	9	0,52	Ligeramente ensanchada
Unidad hidrográfica 49967786	S/N	8	0,14	Muy alargada
Unidad hidrográfica 49967785	Río Sandalia	8	0,31	Ligeramente alargada
Unidad hidrográfica 49967787	Río Sandalia	8	0,20	Muy alargada
Unidad hidrográfica 49967788	S/N	8	0,13	Muy alargada
Unidad hidrográfica 49967789	Río Sandalia	8	0,37	Ligeramente alargada
Unidad hidrográfica 497895668	S/N	9	0,15	Muy alargada
Unidad hidrográfica 497895669	Río Huapuno	9	0,34	Ligeramente alargada
Unidad hidrográfica 497895666	Río Llushcayacu	9	0,10	Muy alargada
Unidad hidrográfica 497895696	Estero Jatumpaccha	9	0,36	Ligeramente alargada
Unidad hidrográfica 497895694	Estero Pucayacu	9	0,67	Ensanchada

Proyecto No 10490408

Unidad Hidrográfica Pfasftetter	Nombre del Drenaje	Nivel	Coefficiente de Forma (kf)	Forma de la Unidad Hidrográfica
Unidad hidrográfica 4978956628	S/N	10	0,19	Muy alargada
Unidad hidrográfica 4978956629	Río Piñasyacu	10	0,08	Muy alargada
Unidad hidrográfica 4978956627	Río Piñasyacu	10	0,86	Muy ensanchada
Unidad hidrográfica 4978956626	S/N	10	0,22	Alargada

Fuente: Metodología Pfasftetter, Entrix, marzo 2022

Elaborado por: Entrix, marzo 2022

Coefficiente de Compacidad (kc)

Tabla 6-34 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 49966969	Río Taculin Grande	8	1,57	Alargada
Unidad hidrográfica 49966968	S/N	8	1,25	Circular
Unidad hidrográfica 49966967	Río Taculin Grande	8	1,30	Circular
Unidad hidrográfica 49966966	Río Taculin Chico	8	1,40	Circular
Unidad hidrográfica 49967793	Río Puyo	8	1,54	Alargada
Unidad hidrográfica 49967794	Río Pambay	8	1,36	Circular
Unidad hidrográfica 49967795	Río Puyo	8	1,52	Alargada
Unidad hidrográfica 49967797	Río Puyo	8	1,58	Alargada
Unidad hidrográfica 49967796	Río Chiroyacu	8	1,37	Circular
Unidad hidrográfica 49967792	Estero Chilcayacu	8	1,70	Alargada
Unidad Hidrográfica 497895695	Río Arajuno	9	1,53	Alargada
Unidad hidrográfica 497895697	Río Arajuno	9	1,17	Circular
Unidad Hidrográfica 497895699	Río Arajuno	9	1,57	Alargada
Unidad hidrográfica 497849499	Río Villano	9	1,66	Alargada
Unidad hidrográfica 497849498	Río Elipe	9	1,27	Circular
Unidad hidrográfica 49967786	S/N	8	1,70	Alargada
Unidad hidrográfica 49967785	Río Sandalia	8	1,49	Circular
Unidad hidrográfica 49967787	Río Sandalia	8	1,46	Circular
Unidad hidrográfica 49967788	S/N	8	1,47	Circular
Unidad hidrográfica 49967789	Río Sandalia	8	1,33	Circular
Unidad hidrográfica 497895668	S/N	9	1,59	Alargada
Unidad hidrográfica 497895669	Río Huapuno	9	1,64	Alargada
Unidad hidrográfica 497895666	Río Llushcayacu	9	1,79	Alargada
Unidad hidrográfica 497895696	Estero Jatumpaccha	9	2,16	Muy alargada
Unidad hidrográfica 497895694	Estero Pucayacu	9	1,54	Alargada
Unidad hidrográfica 4978956628	S/N	10	1,59	Alargada

Unidad Hidrográfica Pfafstetter	Nombre del Drenaje	Nivel	Coefficiente de Compacidad (kc)	Forma de la Unidad Hidrográfica
Unidad hidrográfica 4978956629	Río Piñasyacu	10	1,71	Alargada
Unidad hidrográfica 4978956627	Río Piñasyacu	10	1,42	Circular
Unidad hidrográfica 4978956626	S/N	10	1,47	Circular

Fuente: Metodología Pfafstetter, Entrix, marzo 2022

Elaborado por: Entrix, marzo 2022

Densidad de Drenaje (Dd)

Tabla 6-35 Análisis de Resultados de Densidad de Drenaje (Dd)

Unidad Hidrográfica Pfafstetter	Nombre del Drenaje	Nivel	Densidad de Drenaje (Dd) (km/km ²)	Rangos Aproximados
Unidad hidrográfica 49966969	Río Taculin Grande	8	3,54	Moderada
Unidad hidrográfica 49966968	S/N	8	4,00	Alta
Unidad hidrográfica 49966967	Río Taculin Grande	8	4,39	Alta
Unidad hidrográfica 49966966	Río Taculin Chico	8	4,07	Alta
Unidad hidrográfica 49967793	Río Puyo	8	4,39	Alta
Unidad hidrográfica 49967794	Río Pambay	8	2,35	Moderada
Unidad hidrográfica 49967795	Río Puyo	8	5,81	Alta
Unidad hidrográfica 49967797	Río Puyo	8	4,62	Alta
Unidad hidrográfica 49967796	Río Chiroyacu	8	4,79	Alta
Unidad hidrográfica 49967792	Estero Chilcayacu	8	4,32	Alta
Unidad Hidrográfica 497895695	Río Arajuno	9	4,44	Alta
Unidad hidrográfica 497895697	Río Arajuno	9	4,80	Alta
Unidad Hidrográfica 497895699	Río Arajuno	9	5,53	Alta
Unidad hidrográfica 497849499	Río Villano	9	4,01	Alta
Unidad hidrográfica 497849498	Río Elipe	9	1,05	Baja
Unidad hidrográfica 49967786	S/N	8	3,18	Moderada
Unidad hidrográfica 49967785	Río Sandalia	8	4,75	Alta
Unidad hidrográfica 49967787	Río Sandalia	8	4,72	Alta
Unidad hidrográfica 49967788	S/N	8	3,20	Moderada
Unidad hidrográfica 49967789	Río Sandalia	8	3,80	Alta
Unidad hidrográfica 497895668	S/N	9	3,34	Moderada
Unidad hidrográfica 497895669	Río Huapuno	9	1,59	Baja
Unidad hidrográfica 497895666	Río Llushcayacu	9	3,70	Alta
Unidad hidrográfica 497895696	Estero Jatumpaccha	9	5,02	Alta
Unidad hidrográfica 497895694	Estero Pucayacu	9	4,62	Alta
Unidad hidrográfica 4978956628	S/N	10	4,80	Alta

Proyecto No 10490408

Unidad Hidrográfica Pfafstetter	Nombre del Drenaje	Nivel	Densidad de Drenaje (Dd) (km/km ²)	Rangos Aproximados
Unidad hidrográfica 4978956629	Río Piñasyacu	10	4,28	Alta
Unidad hidrográfica 4978956627	Río Piñasyacu	10	4,36	Alta
Unidad hidrográfica 4978956626	S/N	10	4,04	Alta

Fuente: Metodología Pfafstetter, Entrix, marzo 2022

Elaborado por: Entrix, marzo 2022

Sinuosidad (Si)

Tabla 6-36 Análisis de Resultados de Sinuosidad (Si)

Unidad Hidrográfica Pfafstetter	Nombre del Drenaje	Nivel	Sinuosidad (Si)	Tipo de Cauce
Unidad hidrográfica 49966969	Río Taculin Grande	8	1,65	Meándrico
Unidad hidrográfica 49966968	S/N	8	1,44	Lineal
Unidad hidrográfica 49966967	Río Taculin Grande	8	1,31	Lineal
Unidad hidrográfica 49966966	Río Taculin Chico	8	1,24	Lineal
Unidad hidrográfica 49967793	Río Puyo	8	1,39	Lineal
Unidad hidrográfica 49967794	Río Pambay	8	1,26	Lineal
Unidad hidrográfica 49967795	Río Puyo	8	1,37	Lineal
Unidad hidrográfica 49967797	Río Puyo	8	1,29	Lineal
Unidad hidrográfica 49967796	Río Chiroyacu	8	1,59	Meándrico
Unidad hidrográfica 49967792	Estero Chilcayacu	8	1,72	Meándrico
Unidad Hidrográfica 497895695	Río Arajuno	9	1,61	Meándrico
Unidad hidrográfica 497895697	Río Arajuno	9	1,74	Meándrico
Unidad Hidrográfica 497895699	Río Arajuno	9	1,31	Lineal
Unidad hidrográfica 497849499	Río Villano	9	1,40	Lineal
Unidad hidrográfica 497849498	Río Elipe	9	1,15	Lineal
Unidad hidrográfica 49967786	S/N	8	1,25	Lineal
Unidad hidrográfica 49967785	Río Sandalia	8	1,52	Meándrico
Unidad hidrográfica 49967787	Río Sandalia	8	2,27	Meándrico
Unidad hidrográfica 49967788	S/N	8	1,81	Meándrico
Unidad hidrográfica 49967789	Río Sandalia	8	4,52	Meándrico
Unidad hidrográfica 497895668	S/N	9	1,45	Lineal
Unidad hidrográfica 497895669	Río Huapuno	9	1,12	Lineal
Unidad hidrográfica 497895666	Río Llushcayacu	9	1,49	Lineal
Unidad hidrográfica 497895696	Estero Jatumpaccha	9	1,24	Lineal
Unidad hidrográfica 497895694	Estero Pucayacu	9	1,26	Lineal
Unidad hidrográfica 4978956628	S/N	10	1,50	Meándrico
Unidad hidrográfica 4978956629	Río Piñasyacu	10	1,42	Lineal
Unidad hidrográfica 4978956627	Río Piñasyacu	10	1,27	Lineal

Unidad Hidrográfica Pfsaftetter	Nombre del Drenaje	Nivel	Sinuosidad (Si)	Tipo de Cauce
Unidad hidrográfica 4978956626	S/N	10	1,38	Lineal

Fuente: Metodología Pfsaftetter, Entrix, marzo 2022

Elaborado por: Entrix, marzo 2022

6.2.11.1.2 Uso del Recurso

Conforme a la recopilación de información en el interior del área del proyecto, las aguas de los principales ríos y esteros son utilizadas para actividades agrícolas y de uso doméstico.

6.2.11.1.3 Calidad de Agua

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 de estudio de la línea de transmisión de 138 kV y contar con valores de fondo toda vez que no existen actividades industriales 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 de estudio, esto es si los cuerpos de agua cuentan, por ejemplo, con flujo laminar, estacionalidad, entre otros.

La ubicación de los puntos de muestreo se definió en función de lo ya mencionado, teniendo como objeto determinar la calidad del agua de los cursos hídricos más representativos y cuya estacionalidad permitió tomar la muestra. Los muestreos fueron realizados en enero y mayo de 2022, 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.1.5.- Acreditación Laboratorios), y acompañado de las cadenas de custodia correspondientes (Anexo B.- Documentos de Respaldo, B.1.- Físico; B.1.6.- Cadenas de Custodia).

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, conductividad eléctrica y temperatura, mediante el uso de un multiparámetro previamente calibrado (Anexo B.- Documentos de Respaldo, B.1.- Físico; B.1.7.- Calibración de Equipos).

Tabla 6-37 Características del Equipo de Medición de Parámetros In Situ

Instrumento	Especificaciones
Multiparámetro (3320) Operación manual pH, U, ISE, conductividad, Oxígeno disuelto	Modelo: WTW Multi 3320 Número de Serie: ba77053d01
	Rango de detección de temperatura: 0-100 °C
	Rango de detección Oxígeno Disuelto: 0,00-20,0 mg/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, marzo 2022

A continuación, se presenta una tabla con los parámetros analizados y 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.

Adicionalmente, se ha incluido el comunicado GRU-OPE-2021-205 del 17 de agosto de 2021 (Anexo B.- Documentos de Respaldo, B.1.- Físico, B.1.11.- Acreditación Parámetros), en el cual se detalla el manejo de unidades respecto a la acreditación otorgada por el SAE en referencia a los criterios de calidad establecidos por el A. M.097-A (Tabla 6-38), de la siguiente manera:

“...En cuanto a las unidades de reporte de los metales en agua, corresponden a mg/l al igual que las unidades de la normativa mencionada, mientras que las unidades con las que cuenta Gruentec Cía. Ltda. con la acreditación corresponden a µg/l, las cuales se encuentran en el mismo sistema de expresión de unidades, siendo únicamente unidades más pequeñas (1000 veces más pequeñas).

Es así como, por ejemplo: 50 mg/l de aluminio = 50 000 µg/l de aluminio, siendo necesario únicamente la multiplicación por el factor de conversión de 1000.”

Tabla 6-38 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
Cloro total residual	mg/l	0,01
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	20
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	40
TPH	mg/l	0,5
Sustancias Tensoactivas	mg/l	0,5
Aluminio	mg/l	0,1
Arsénico	mg/l	0,05
Bario	mg/l	1
Berilio	mg/l	0,1
Boro	mg/l	0,75
Cadmio	mg/l	0,001
Cianuro	mg/l	0,01
Zinc	mg/l	0,03
Cobalto	mg/l	0,2
Cobre	mg/l	0,005
Cromo	mg/l	0,032
Estaño	mg/l	N/A
Mercurio	mg/l	0,0002
Níquel	mg/l	0,025
Plomo	mg/l	0,001
Plaguicidas organoclorados	ug/l	10
Plaguicidas organofosforados	ug/l	10

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

Ubicación de los Puntos de Muestreo de Calidad de Agua

A continuación, se muestra en figura la ubicación de los puntos de muestreo caracterizados en la fase de campo (Anexo D.- Cartografía, Mapa 6.1-13 Mapa Hidrológico):

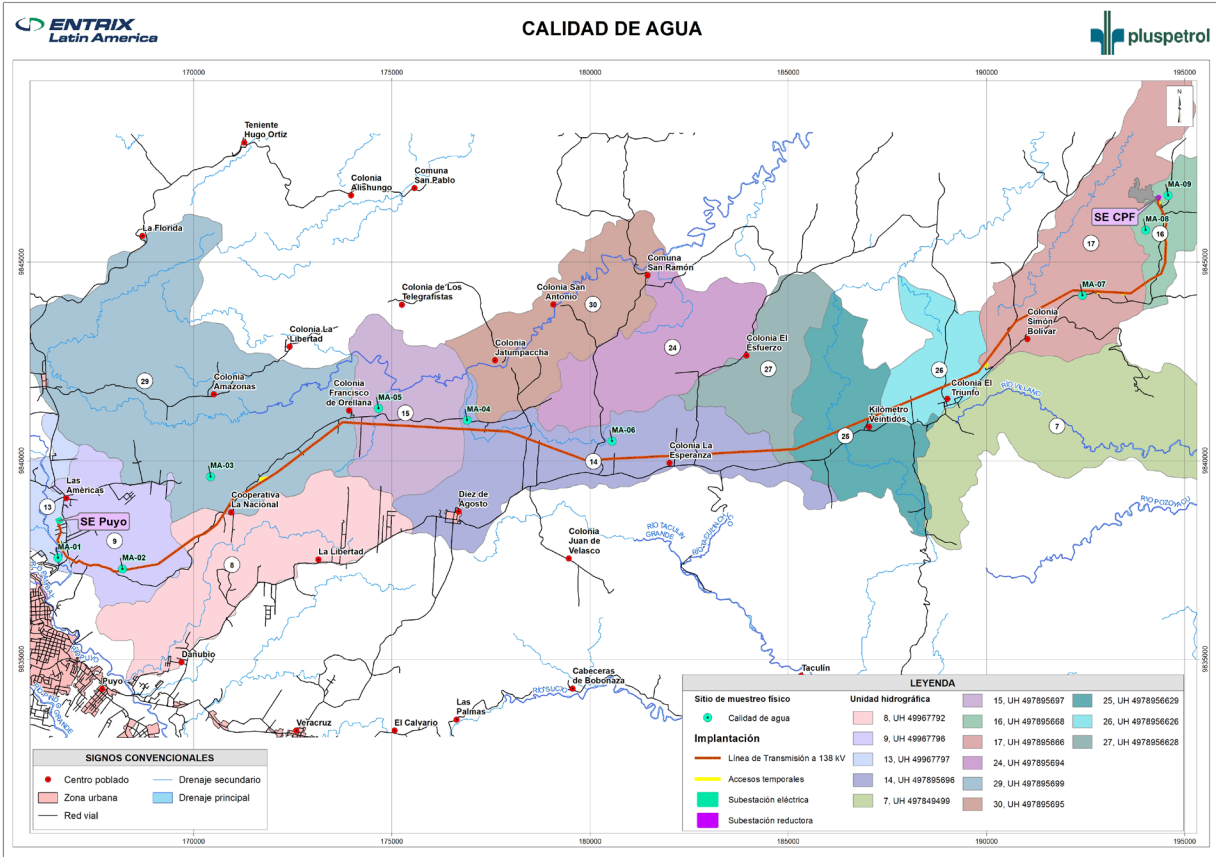











Figura 6-32 Ubicación de Puntos de Muestreo de Calidad de Agua

La tabla a continuación presenta el detalle de los puntos de muestreo de calidad de agua:

Tabla 6-39 Ubicación de Puntos de Muestreo de Calidad de Agua

Código de la Muestra	Coordenadas WGS 84 Zona 18 Sur		Fecha de Muestreo	Descripción del Sitio de Muestreo	Fotografía
	Este (m)	Norte (m)			
MA-01	166583,00	9837544,00	23/01/2022	Río Puyo	

Código de la Muestra	Coordenadas WGS 84 Zona 18 Sur		Fecha de Muestreo	Descripción del Sitio de Muestreo	Fotografía
	Este (m)	Norte (m)			
MA-02	168211,00	9837269,00	23/01/2022	Estero sin nombre	
MA-03	170431,00	9839593,00	21/05/2022	Estero sin nombre	
MA-04	176902,00	9841011,00	21/05/2022	Río Jatucpacha	
MA-05	174666,00	9841308,00	21/05/2022	Río Paccha Chico	

Código de la Muestra	Coordenadas WGS 84 Zona 18 Sur		Fecha de Muestreo	Descripción del Sitio de Muestreo	Fotografía
	Este (m)	Norte (m)			
MA-06	178105,00	9840833,00	21/05/2022	Estero sin nombre	
MA-07	192425,00	9844155,00	19/01/2022	Estero sin nombre	
MA-08	194022,00	9845802,00	19/01/2022	Estero sin nombre	
MA-09	194585,00	9846673,00	21/05/2022	Estero sin nombre	

Fuente: Levantamiento de campo, Entrix, enero - mayo 2022

Elaborado por: Entrix, junio 2022

Análisis de Resultados

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:

Tabla 6-40 Parámetros In Situ de los Cuerpos de Agua Muestreados

Punto de Muestreo	Cuerpo de Agua	Fecha	pH (unid. pH)	Temperatura (°C)	Conductividad (µS/cm)
			Criterios de Calidad Tabla 2 Anexo 1 A. M. 097A		
			6,5-9 Unid. pH	N/A	N/A
MA-01	Río Puyo	23/01/2022	8	21	189,9
MA-02	Estero S/N	21/05/2022	7,5	20,5	85,6
MA-03	Río Jatucpacha	21/05/2022	6,29	21,5	70,1
MA-04	Río Paccha Chico	21/05/2022	6,85	20,8	22,6
MA-05	Estero S/N	21/05/2022	7,22	20,8	35,9
MA-06	Estero S/N	21/05/2022	6,58	20,7	45
MA-07	Estero S/N	19/01/2022	6,23	21,1	18
MA-08	Estero S/N	19/01/2022	6,2	21	14,7
MA-09	Estero S/N	21/05/2022	6,83	20,7	36,1

Fuente: Levantamiento de campo, Entrix, enero - mayo 2022

Elaborado por: Entrix, junio 2022

A continuación, se presentan los resultados del análisis fisicoquímico realizado en el laboratorio de las muestras levantadas en campo:

Tabla 6-41 Resultados de Calidad de Agua

Parámetro	Unidades	Criterios de Calidad Tabla 2 Anexo 1 A. M. 097A	ID de las Muestras								
			MA-01	MA-02	MA-03	MA-04	MA-05	MA-06	MA-07	MA-08	MA-09
			23/01/2022	23/01/2022	21/05/2022	21/05/2022	21/05/2022	21/05/2022	19/01/2022	19/01/2022	21/05/2022
pH	Unid. pH	6,5-9	8,0	7,5	6,3	6,9	7,2	6,6	6,2	6,2	6,8
Conductividad	us/cm	N/A	190	86	70	23	36	45	18	15	36
Cianuro Libre	mg/l	0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Cianuro Total	mg/l	0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Cloro total residual	mg/l	0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
DBO	mg/l	20	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
DQO	mg/l	40	5	<5	5	<5	<5	5	<5	<5	7
TPH	mg/l	0,5	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Tensoactivos	mg/l	0,5	<0,04	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Aluminio	mg/l	0,005	0,05	0,04	0,12	0,12	0,21	0,15	0,37	0,22	0,15
Arsénico	mg/l	0,05	0,0013	0,0017	<0,0005	0,0006	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Bario	mg/l	1,0	0,025	0,019	0,014	0,011	0,029	0,012	0,016	0,02	0,014
Berilio	mg/l	0,1	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Boro	mg/l	0,75	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Cadmio	mg/l	0,001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Cobalto	mg/l	02	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0002	0,0002	<0,0001
Cobre	mg/l	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Cromo	mg/l	0,032	0,0002	0,0008	0,0002	0,0005	0,0004	<0,0002	0,0011	0,001	0,0002
Estaño	mg/l	N/A	0,0008	0,0013	0,0008	0,0011	<0,0005	0,0007	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Mercurio	mg/l	0,0002	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Níquel	mg/l	0,025	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Plomo	mg/l	0,001	<0,0005	0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Zinc	mg/l	0,03	0,013	0,021	0,03	0,03	0,006	0,005	0,013	0,015	<0,005
a-BHC	mg/l	0,01	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Alaclor	mg/l	0,01	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Aldrín	mg/l	0,01	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
b-BHC m	mg/l	0,01	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
d-BHC	mg/l	0,01	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Dieldrín	mg/l	0,01	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Endosulfán I	mg/l	0,01	<0,00005	<0,00005	<0,00005	<0,00005	<0,00005	<0,00005	<0,00005	<0,00005	<0,00005
Endosulfán II	mg/l	0,01	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Endosulfán Sulfato	mg/l	0,01	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Endrín	mg/l	0,01	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

Parámetro	Unidades	Criterios de Calidad Tabla 2 Anexo 1 A. M. 097A	ID de las Muestras								
			MA-01	MA-02	MA-03	MA-04	MA-05	MA-06	MA-07	MA-08	MA-09
			23/01/2022	23/01/2022	21/05/2022	21/05/2022	21/05/2022	21/05/2022	19/01/2022	19/01/2022	21/05/2022
Endrín Aldehído	mg/l	0,01	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
g-BHC	mg/l	0,01	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
g-Clordano	mg/l	0,01	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Heptacloro	mg/l	0,01	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Heptachloro-Epóxido	mg/l	0,01	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Metolaclor	mg/l	0,01	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Metoxicloro	mg/l	0,01	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Oxifluorfen	mg/l	0,01	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
pp`-DDE	mg/l	0,01	<0,00005	<0,00005	<0,00005	<0,00005	<0,00005	<0,00005	<0,00005	<0,00005	<0,00005
pp`-DDT	mg/l	0,01	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Quintoceno	mg/l	0,01	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Cadusafos	mg/l	0,01	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Clorpirifós	mg/l	0,01	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Diazinón	mg/l	0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Disulfotón	mg/l	0,01	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Etil Paratión	mg/l	0,01	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Etoprofos	mg/l	0,01	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Fenclofos	mg/l	0,01	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Forato	mg/l	0,01	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Malatión	mg/l	0,01	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Metil Paratión	mg/l	0,01	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Mevinfos	mg/l	0,01	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005

Fuente: GRUENTEC, febrero – mayo 2022

Elaborado por: Entrix, junio 2022

Los informes de resultados constan en el Anexo B.- Documentos de Respaldo; B.1.- Físico; B.1.4.- Resultados de Laboratorio. Todos los puntos de muestreo se presentan en el Anexo D.- Cartografía, Mapa 3.1-13 Hidrológico.

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. Las muestras analizadas indican el cumplimiento de la mayoría de los parámetros analizados, como se puede observar en la Tabla 6-41; 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:

Potencial Hidrógeno

El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), en su informe de “Agroforestería Sostenible en la Amazonía Ecuatoriana Nro. 2”, emitido en 2018, analizar el factor edafológico, en el que se determina que los suelos de la provincia de Pastaza son infértiles, presentan una alta acidez y toxicidad causada por el aluminio y la deficiencia de fósforo, además de problemas físicos, estructura no definida y alta saturación de humedad. Señala que estos suelos poseen un alto contenido de materia orgánica, pero debido a la gran pluviometría la materia orgánica es pobre en nutrientes, por lo que existe una transferencia o aporte indirecto al recurso hídrico, esto en función del nivel de alteración antrópica del sector o sitio de análisis.

Como se puede apreciar en la Figura 6-33 y en la Tabla 6-41, las muestras MA-03, MA-07 y MA-08 presentan valores por debajo del rango de calidad establecidos en la Tabla 2 del Anexo 1 del Acuerdo Ministerial 097-A.

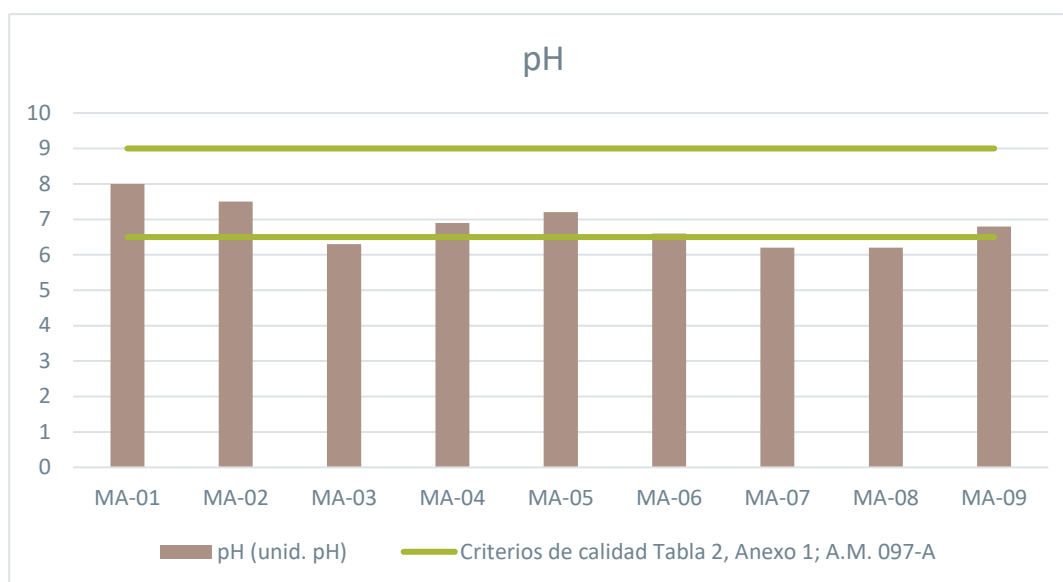


Figura 6-33 Análisis de Resultados de Calidad de Agua pH (unid. pH)

Fuente: GRUENTEC, febrero - mayo 2022
Elaborado por: Entrix, junio 2022

Aluminio

El aluminio (Al) es un elemento muy común en la naturaleza, siendo el tercero más abundante en la corteza terrestre. Es un metal con alta solubilidad en ambientes ácidos (Barabasz et al., 2002).

Se ha demostrado que el aluminio tiene efectos beneficiosos para las plantas mediante la estimulación de la adsorción a través del sistema radicular, aumentando la captación de fósforo, previniendo los efectos

tóxicos del cobre y manganeso y protegiéndolas de hongos patógenos (Barabasz et al., 2002). Además, también aumenta la resistencia de las plantas a condiciones ambientales desfavorables, como la sequía, altas y bajas temperaturas o alta salinidad del suelo (Barabasz et al., 2002).

En agricultura, la contaminación por aluminio es un problema conocido desde principios del siglo XX, pues se solubiliza en agua incrementando la fracción de este metal en suelo, provocando su acidificación, lo cual incrementa su acumulación tanto en el agua como en el suelo considerando los niveles de pH para su tendencia a su mayor o menor acumulación (Barabasz et al., 2002).

Como se puede apreciar en la Figura 6-34 y en la Tabla 6-41, todas las muestras presentan valores superiores a los del criterio de calidad establecido en la Tabla 2 del Anexo 1 del Acuerdo Ministerial 097-A.

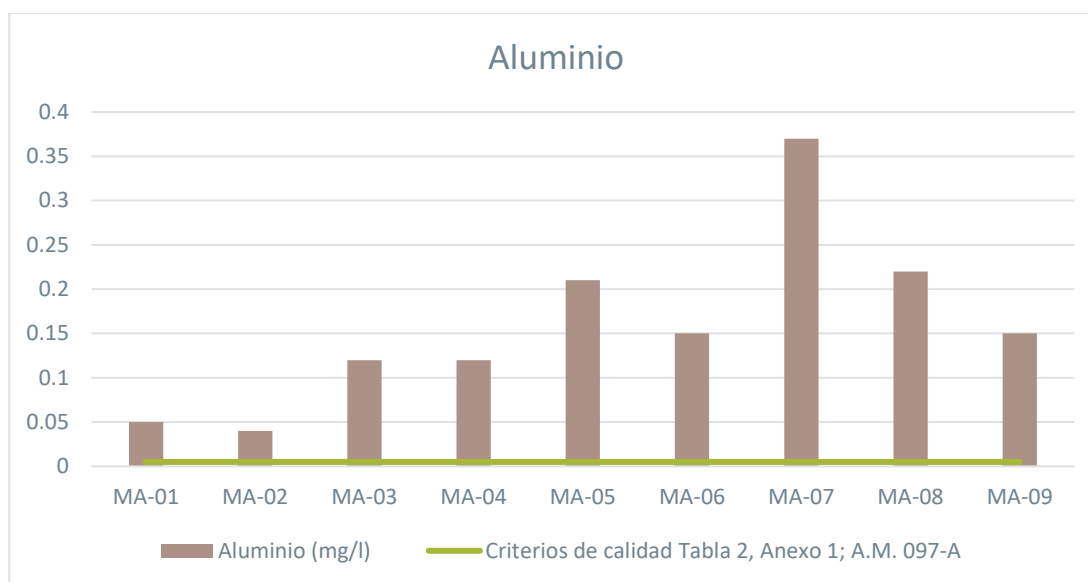


Figura 6-34 Análisis de Resultados de Calidad de Agua Aluminio (mg/l)

Fuente: GRUENTEC, febrero - mayo 2022
Elaborado por: Entrix, junio 2022

6.2.11.1.4 Asociación de las muestras de agua tomadas para adecuación de accesos

A continuación, se presenta la asociación de las muestras de agua tomadas en los diferentes cuerpos de agua para la adecuación de accesos temporales a los diferentes postes que conforman la línea de transmisión CPF – SE Puyo.

Para el presente análisis se ha considerado las unidades hidrográficas, como se presenta en la Tabla 6-42 a continuación:

Tabla 6-42 Asociación de las muestras de agua tomadas para adecuación de accesos

Nro.	Accesos	ID Muestra	Distancia aproximada (km)	Unidad Hidrológica	Observación
1.	Acceso E3	MA-01	0,44	Unidad Hidrográfica 49967797	En el acceso hay un cuerpo hídrico
2.	Acceso E4	MA-01	0,26	Unidad Hidrográfica 49967797	En el acceso hay un cuerpo hídrico

Nro.	Accesos	ID Muestra	Distancia aproximada (km)	Unidad Hidrológica	Observación
3.	Acceso E35	MA-03	1,44	29: Unidad Hidrográfica 497895699	No hay cuerpo Hídrico
4.	Acceso E99	MA-07	2,99	17: Unidad Hidrográfica 497895666	No hay cuerpo Hídrico
5.	Acceso E111	MA-07	0,31	17: Unidad Hidrográfica 497895666	No hay cuerpo Hídrico
6.	Acceso E113	MA-07	1,02	17: Unidad Hidrográfica 497895666	No hay cuerpo Hídrico
7.	Acceso E121	MA-08 MA-09	0,47 0,96	16: Unidad Hidrográfica 497895668	No hay cuerpo Hídrico
8.	Acceso E122	MA-08 MA-09	0,60 0,64	16: Unidad Hidrográfica 497895668	No hay cuerpo Hídrico
9.	Acceso E123	MA-08 MA-09	0,71 0,34	16: Unidad Hidrográfica 497895668	No hay cuerpo Hídrico

Fuente: Entrix, noviembre 2022

Elaborado por: Entrix, noviembre 2022

Los accesos mencionados en la Tabla 6-42, que serán temporales, tiene su inicio de adecuación por fuera de la franja de servidumbre, pero dentro del área geográfica del proyecto (Anexo A.- Documentos Oficiales, A.1.- Certificado de Intersección).

En ese sentido, 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. La muestra de agua MA-01 se encuentra dentro de la misma unidad hidrográfica que el acceso E3 y E4, La muestra de agua MA-07 se encuentra dentro de la misma unidad hidrográfica que los accesos E99, acceso E111 y acceso E113 y las muestras de agua MA-08 y MA-09 se encuentran dentro de la misma unidad hidrográfica que los accesos E121, E122 y E123.

6.2.11.1.5 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. Las muestras analizadas indican el cumplimiento en la mayoría de los parámetros analizados, como se puede observar en la Tabla 6-41; sin embargo, los valores obtenidos del análisis del laboratorio de los parámetros pH y aluminio presentan valores por fuera de los criterios de calidad establecidos en la Tabla 2, Anexo 1 del A. M.097-A.
- > Como se detalla en el análisis específico, en cuanto a los parámetros que sobrepasan los criterios de calidad establecidos en la normativa ambiental vigente, se puede indicar que el pH y el aluminio están relacionados a las actividades antrópicas identificadas en campo, que corresponden a zonas agrícolas y guardan relación en cuanto a la presencia del aluminio, el cual está presente en fertilizantes y abonos, por lo cual se relaciona con el pH, de tal manera que la acumulación de trazas del metal influyen en la

composición química del agua por procesos de infiltración, escorrentía, acumulación en raíces y plantas que forman parte de la composición de los suelos del área de estudio. Por tanto, mediante reflotación de sedimentos, la concentración de estos elementos se queda diluida en los cuerpos de agua que, de alguna manera, durante las diferentes temporalidades, al no tener una caudal representativo permanecen estancadas también alterando de esta manera las unidades de pH.

6.2.12 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.





La medición de calidad de aire fue realizada en enero de 2022, por el laboratorio AFH Services, acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE) (Anexo B.- Documentos de Respaldo, B.1.- Físico; B.1.5.- Acreditación Laboratorios).

6.2.12.1 Metodología

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

Tabla 6-43 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
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

Equipo	Parámetro Técnica de Análisis	Método	Límite de Detección
<p>THERMO 42 i</p> 	<p>NO, NO₂, NO_x Quimiluminiscencia</p>	<p>AFHPE15-USEPA RFNA 1289-074</p>	<p>0,0001 ppm</p>
<p>THERMO 49 i</p> 	<p>Ozono O₃ Absorción ultravioleta</p>	<p>AFHPE15-USEPA EQOA-0880-047</p>	<p>0,0001 ppm</p>
 <p>Recipiente de recolección de 15,5 cm de diámetro</p>  <p>Análisis gravimétrico de partículas solubles e insolubles de una muestra recolectada durante 30 días</p>	<p>Material sedimentable Gravimetría SOLUBLES E INSOLUBLES</p>	<p>Method 502-Particle Fallout Container Measurement of Dustfall from the Atmosphere-Method of Air Sampling and Analysis-Third Edition-Intersociety Committee- MUESTREO AFH Estándar Method 2540C-D-Análisis en Laboratorio</p>	<p>0,03 mg/cm² x30 días</p>

Fuente: AFH Services, febrero 2022

Elaborado por: Entrix, marzo 2022

6.2.12.1.1 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:

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

Donde:

Cc = Concentración corregida

Co = Concentración observada

Pbl = Presión atmosférica local

t °C = Temperatura local

6.2.12.1.2 Control de Calidad

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

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

6.2.12.1.3 Parámetros Analizados y Criterios de Calidad de Aire

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.

Adicionalmente, se ha incluido el comunicado OFICIO-LAB -180801 del 18 de agosto de 2021 (Anexo B.- Documentos de Respaldo, B.1.- Físico, B.1.9.- Acreditación Parámetros), en el cual se detalla el manejo de unidades respecto a la acreditación otorgada por el SAE en referencia a los criterios de calidad establecidos por el A. M. 097-A (Tabla 6-44), de la siguiente manera:

“...los patrones primarios empleados, ya que únicamente se disponen concentraciones en unidades ppm y debemos seguir el lineamiento primario para garantizar la trazabilidad al resultado. Por lo que el SAE en sus políticas acredita según lo establecido en normativas vigentes y de acuerdo con referencias del SI.

Por otra parte, la transformación de unidades SI (ppm) a unidades de referencia ug/m³ no incurre en la invalidez de un resultado, ya que esta transformación únicamente es un cálculo matemático que es validado y aceptado por el organismo de control y no incluyen procesos físicos que alteren el resultado final.”

Tabla 6-44 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

Elaborado por: Entrix, marzo 2022

6.2.12.2 Ubicación de Puntos de Medición de Calidad de Aire

Para el presente análisis se realizaron dos puntos de monitoreo en el área de estudio, los cuales fueron efectuados por el laboratorio AFH Services, acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE) (Anexo B.- Documentos de Respaldo, B.1.- Físico; B.1.5.- Acreditación Laboratorios). La cantidad y ubicación de los puntos de monitoreo de calidad de aire fueron en función de la ubicación de la infraestructura en proceso de licenciamiento, la dirección del viento y toda vez que en el área de estudio no existe ningún tipo de industria, esto en relación a los centros poblados 10 de Agosto y El Triunfo, razón por la que los sitios de muestreo seleccionados sirven para determinar la línea base o valores de fondo con respecto a calidad de aire (Anexo D.- Cartografía, Mapa 6.1-15 Calidad de Aire).

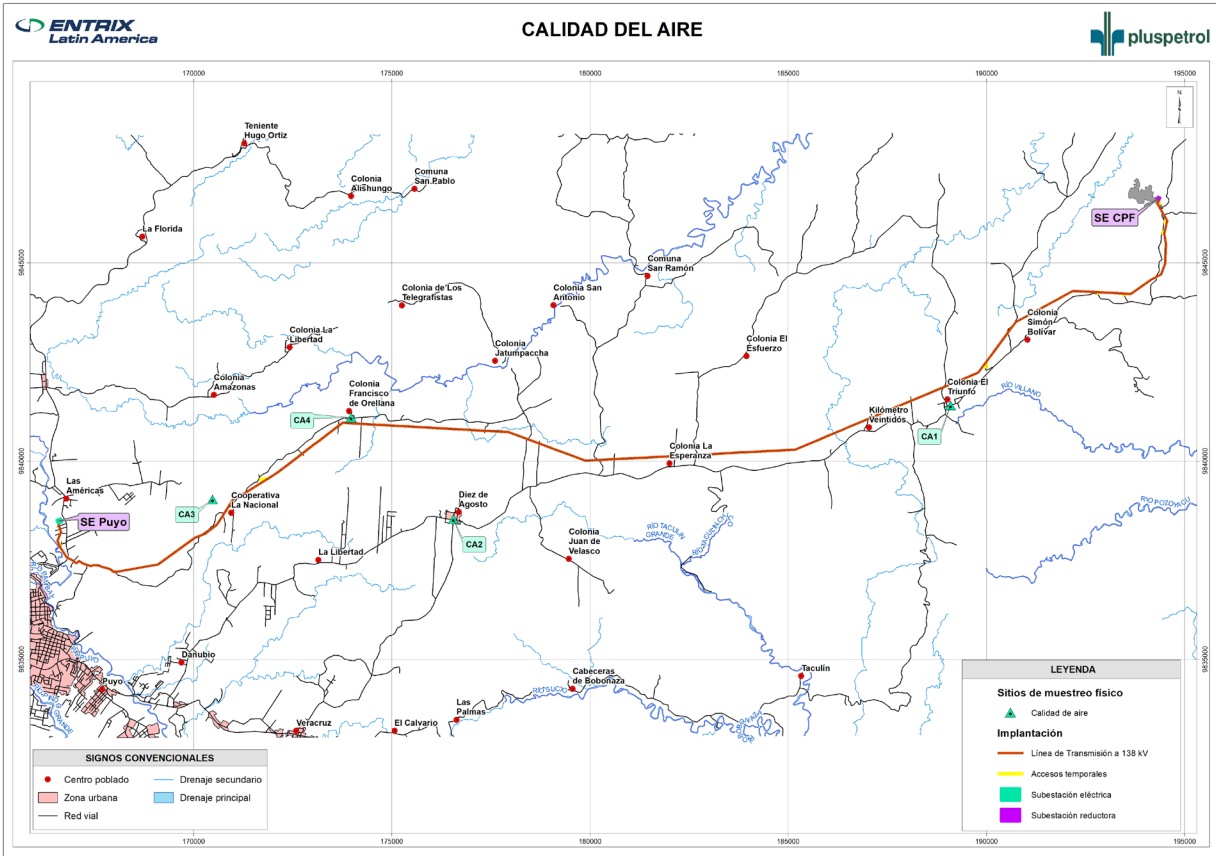





Figura 6-35 Ubicación de Puntos de Monitoreo de Calidad de Aire

Fuente y elaboración: Entrix, 2022

La tabla a continuación muestra el detalle de los puntos de monitoreo de calidad de aire:

Tabla 6-45 Ubicación de Puntos de Monitoreo de Calidad de Aire

Código de la Muestra	Coordenadas WGS 84 Zona 18 Sur		Fecha de Muestreo	Hora del Muestreo	Descripción del sitio de muestreo	Fotografía
	Este (m)	Norte (m)				
CA1	189091,00	9841403,00	*21/01/2022 22/01/2022	Inicio: 15h00 Fin: 15h00	Centro poblado El Triunfo	

Código de la Muestra	Coordenadas WGS 84 Zona 18 Sur		Fecha de Muestreo	Hora del Muestreo	Descripción del sitio de muestreo	Fotografía
	Este (m)	Norte (m)				
CA2	176553,00	9838539,00	*22/01/2022 23/01/2022	Inicio: 16h00 Fin: 16h00	Centro Poblado 10 de Agosto	
CA3	170474,00	9839034,00	*21/05/2022 22/05/2022	Inicio: 10h00 Fin: 10h00	Iglesia Colonia Francisco de Orellana	
CA4	173976,00	9841096,00	*22/05/2022 23/05/2022	Inicio: 10h00 Fin: 10h00	Centro Poblado de la Asociación Bellavista	

* Conforme lo establece la normativa para el análisis de partículas sedimentables, este comprende 30 días para la recolección en campo.

Fuente: AFH Services, febrero - mayo 2022
Elaborado por: Entrix, junio 2022

6.2.12.3 Análisis de Resultados

En la Tabla 6-46 se muestra el resumen de los valores obtenidos en los puntos de monitoreo considerados para el presente proyecto.

Tabla 6-46 Resultados del Monitoreo de Calidad de Aire

Parámetros	Unidades	Criterio de Calidad A. M. 097-A	CA1	CA2	CA3	CA4
			21/01/2022	22/01/2022	21/05/2022	22/05/2022
CO	(ug/m ³)	10 000 (8 horas)	1227	906	605	602
NO ₂	(ug/m ³)	200 (1 hora)	21	21	3	2
SO ₂	(ug/m ³)	125 (24 horas)	29	29	57	30
O ₃	(ug/m ³)	100 (8 horas)	45	29	19	27

Parámetros	Unidades	Criterio de Calidad A. M. 097-A	CA1	CA2	CA3	CA4
			21/01/2022	22/01/2022	21/05/2022	22/05/2022
PM ₁₀	(ug/m ³)	100 (24 horas)	19	21	14	27
PM _{2,5}	(ug/m ³)	50 (24 horas)	20	19	9	18
Partículas sedimentables	mg/cm ² X 30 días	1 (30 días)	0,45	0,31	0,36	0,33

Fuente: AFH Services, febrero mayo y junio 2022

Elaborado por: Enrix, junio 2022

Los informes de resultados constan en el Anexo B.- Documentos de Respaldo; B.1.- Físico; B.1.4.- Resultados de Laboratorio. Los puntos de medición de calidad de aire se representan en el Anexo D.- Cartografía, Mapa 6.1-15 Calidad de Aire.

6.2.12.4 Conclusión

- > Durante las mediciones de calidad de aire realizados 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, como se puede observar en la Tabla 6-46.

6.2.13 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.

6.2.13.1 Metodología

La medición de los niveles de ruido ambiente fue realizada por el laboratorio GRUENTEC, acreditado ante el SAE (Anexo B.- Documentos de Respaldo, B.1.- Físico; B.1.5.- Acreditación Laboratorios). La metodología utilizada por el laboratorio fue mediante el método interno MM-RU-01, basado en la ISO 1996-2 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 AM 097-A.

La medición de los niveles de ruido se efectuó con el sonómetro previamente calibrado (Anexo B.- Documentos de Respaldo, B.1.- Físico; B.1.7.- Calibración de Equipos) 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.

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 más representativos, identificados en el área de estudio. Cada medición se documentó en una ficha (Anexo B.- Documentos de Respaldo; B.1.- Físico; B.1.4.- Resultados de Laboratorio) con la metodología utilizada, horario de la medición de ruido, condiciones de la medición, marco legal aplicable, parámetros de medición y diagramas (Anexo D.- Cartografía, Mapa 6.1-14 Ruido Ambiente).

6.2.13.2 Ubicación de Puntos de Medición de Ruido Ambiental

La ubicación de los puntos de medición de ruido ambiental, así como el número de mediciones realizadas, ha sido determinada conforme la definición de Puntos Críticos de Afectación (PCA) establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A, Anexo 5, que indica:

“Sitios o lugares cercanos a una FFR, ocupados por receptores sensibles (humanos, fauna, etc.) que requieren de condiciones de tranquilidad y serenidad.

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.”

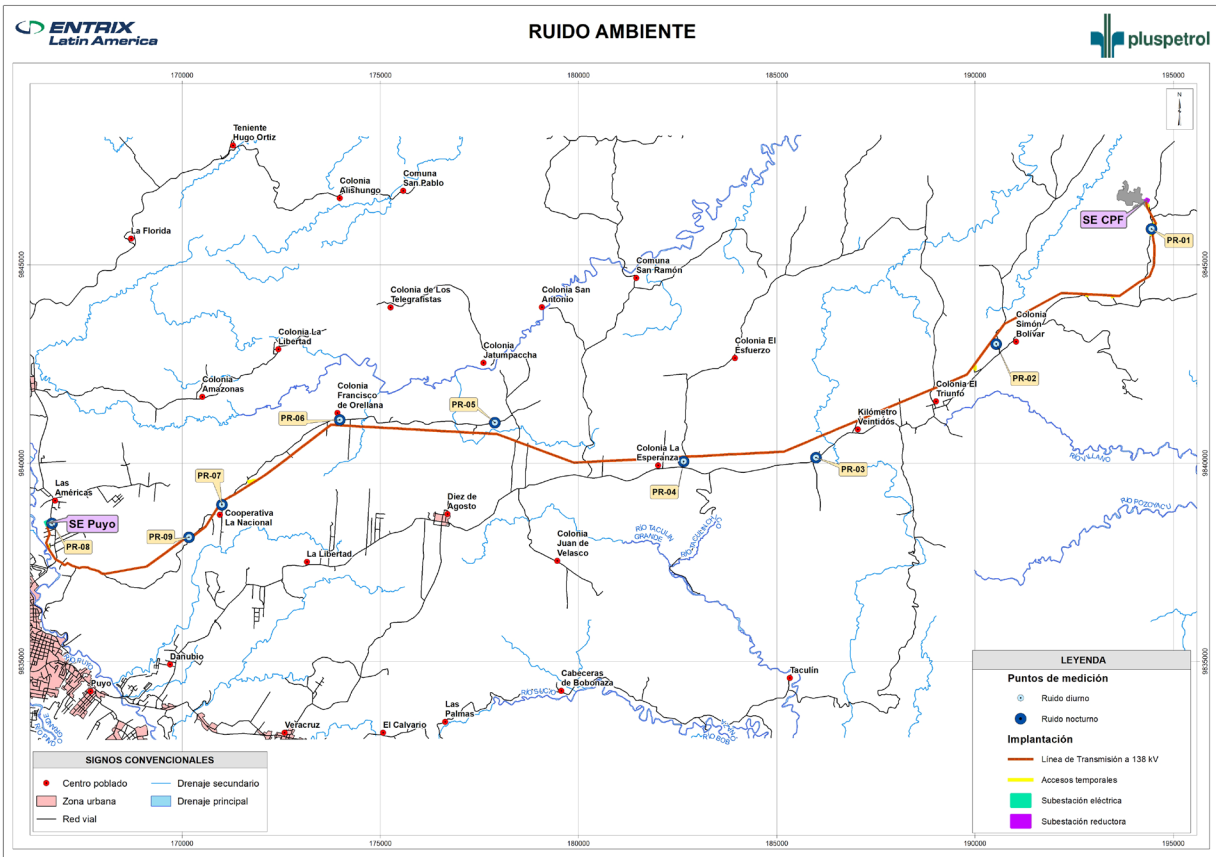





Figura 6-36 Ubicación de Puntos de Medición de Ruido Ambiental




Fuente y elaboración: Entrix, 2022.




Página en blanco

Tabla 6-47 Ubicación de Puntos de Medición de Ruido Ambiental

Código de la Muestra	Coordenadas WGS 84 Zona 18 Sur		Fecha de Medición	Descripción del Sitio de Medición	Uso de Suelo	Fotografía
	Este (m)	Norte (m)				
PR-01	194456,00	9845904,00	20/01/2022	Vivienda sobre la vía de acceso a una distancia aproximada de 300 m del ingreso al CPF Pluspetrol	Agrícola/residencial	
PR-02	190535,00	9843001,00	20/01/2022	Cancha sintética centro poblado El Triunfo	Agrícola/residencial	
PR-03	185991,00	9840137,00	20/01/2022	Escuela Ángel Manzano	Agrícola/residencial	

Proyecto No 10490408

Código de la Muestra	Coordenadas WGS 84 Zona 18 Sur		Fecha de Medición	Descripción del Sitio de Medición	Uso de Suelo	Fotografía
	Este (m)	Norte (m)				
PR-04	182654,00	9840044,00	22/01/2022	Vivienda habitada en el km 17 vía El Triunfo	Agrícola/ residencial	
PR-05	177891,00	9841017,00	22/05/2022	Ingreso de la vivienda del Sr. Jorge Salazar, próxima a la vía a Curaray	Agrícola/ residencial	
PR-06	173978,00	9841087,00	22/05/2022	Iglesia en la localidad Francisco de Orellana, próxima a la vía a Curaray	Agrícola/ residencial	

Código de la Muestra	Coordenadas WGS 84 Zona 18 Sur		Fecha de Medición	Descripción del Sitio de Medición	Uso de Suelo	Fotografía
	Este (m)	Norte (m)				
PR-07	171005,00	9838947,00	22/05/2022	Ingreso de la asociación de viviendas Brisas del Puyo	Agrícola/ residencial	
PR-08	166718,00	9838479,00	23/01/2022	Ingreso Subestación Eléctrica El Puyo	Agrícola/ residencial	
PR-09	170173,00	9838130,00	22/05/2022	Vivienda Sra. Laura Facondo, próxima a la vía a Curaray	Agrícola/ residencial	

Fuente: Levantamiento de campo, Entrix, enero 2022
Elaborado por: Entrix, marzo 2022

Página en blanco

6.2.13.3 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 (L_{Amin}) y el NPS máximo (L_{Amáx}) de cada medición. Para caracterizar el ruido ambiente se realizaron mediciones diurnas y nocturnas en áreas donde se encuentra el proyecto (Anexo B.- Documentos de Respaldos; B.1.- Físico; B.1.4.- Resultados de Laboratorio).

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

Página en blanco

Tabla 6-48 Análisis de Resultados de las Mediciones 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)	Criterios de Calidad (dB) A.M. 097-A Uso de Suelo AR	Observaciones
	Este (m)	Norte (m)									
PR-01	0194456,00	9845904,00	20/01/2022	X		09:10	47	43	45	65	Aves de corral y fauna silvestre
PR-02	0190535,00	9843001,00	20/01/2022	X		10:10	41	38	40	65	Tránsito de vehículos, fauna silvestre y doméstica
PR-03	0185991,00	9840137,00	20/01/2022	X		10:50	42	38	40	65	Tránsito de vehículos, fauna silvestre y doméstica
PR-04	0182654,00	9840044,00	22/01/2022	X		09:05	47	43	46	65	Aves de corral, fauna silvestre, paso de vehículos y personas de viviendas de los alrededores
PR-05	177891,00	9841017,00	22/05/2022	X		08:30	47	46	46	65	Presencia de aves, insectos y perros.
PR-06	173978,00	9841087,00	22/05/2022	X		09:00	46	45	46	65	Presencia de aves, insectos y perros.
PR-07	171005,00	9838947,00	22/05/2022	X		10:30	47	45	46	65	Presencia de aves, insectos y perros.
PR-08	0166718,00	9838479,00	23/01/2022	X		10:00	52	49	50	65	Fauna silvestre y paso de vehículos en vía principal
PR-09	170173,00	9838130,00	22/05/2022	X		11:00	45	45	45	65	Presencia de aves, insectos y perros.
PR-01	0194456,00	9845904,00	20/01/2022		X	21:05	49	47	48	45	Fauna silvestre
PR-02	0190535,00	9843001,00	20/01/2022		X	22:20	44	41	43	45	Fauna silvestre y doméstica
PR-03	0185991,00	9840137,00	20/01/2022		X	21:45	39	37	38	45	Paso de vehículos y fauna silvestre
PR-04	0182654,00	9840044,00	22/01/2022		X	21:30	45	44	44	45	Aves de corral, fauna silvestre, paso de vehículos
PR-05	177891,00	9841017,00	22/05/2022		X	21:30	49	48	48	45	Presencia de insectos.
PR-06	173978,00	9841087,00	22/05/2022		X	22:00	49	48	49	45	Presencia de insectos y perros.

Estudio de Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental para el Proyecto de Optimización de Matriz Energética de Pluspetrol Ecuador, para la Construcción y Operación de la Línea de Transmisión CPF – SE Puyo y de la Subestación Reductora de CPF

Proyecto No 10490408

Código de la Muestra	Coordenadas WGS 84 Zona 18 Sur		Fecha de Medición	*D	*N	Hora	Lmax (dB)	Lmin (dB)	Leq (dB)	Criterios de Calidad (dB) A.M. 097-A Uso de Suelo AR	Observaciones
	Este (m)	Norte (m)									
PR-07	171005,00	9838947,00	22/05/2022		X	23:30	47	46	46	45	Presencia de insectos y perros.
PR-08	0166718,00	9838479,00	23/01/2022		X	21:30	50	47	49	45	Paso de vehículos de vía principal y fauna silvestre
PR-09	170173,00	9838130,00	22/05/2022		X	00:00	48	47	48	45	Presencia de insectos y perros.
*D: Diurno											
*N Nocturno											

Fuente: GRUENTEC, febrero - mayo 2022; Levantamiento de campo, Entrix, enero - mayo 2022
 Elaborado por: Entrix, junio 2022

6.2.13.3.1 Análisis de Resultados de Ruido Diurno

Las mediciones de ruido diurno fueron comparadas con los niveles máximos de emisión de ruido establecidos en la Tabla 1 del Anexo 5 del Acuerdo Ministerial 097-A para uso de suelo agrícola residencial (AR). Los puntos de medición presentan valores que cumplen con los niveles máximos establecidos por la normativa ambiental (65 dB), como se muestra en la Tabla 6-48.

6.2.13.3.2 Análisis de Resultados de Ruido Nocturno

Las mediciones de ruido nocturno fueron comparadas con los niveles máximos de emisión de ruido establecidos en la Tabla 1 del Anexo 5 del Acuerdo Ministerial 097-A para uso de suelo agrícola residencial (AR), los cuales presentan valores que incumplen con los niveles máximos establecidos por la normativa ambiental (45 dB), como se muestra en la Tabla 6-48.

Los monitoreos que presentan incumplimiento corresponden a los siguientes puntos: PR-01, PR-05, PR-06, PR-07, PR-08 y PR-09, como se muestra en la siguiente figura:

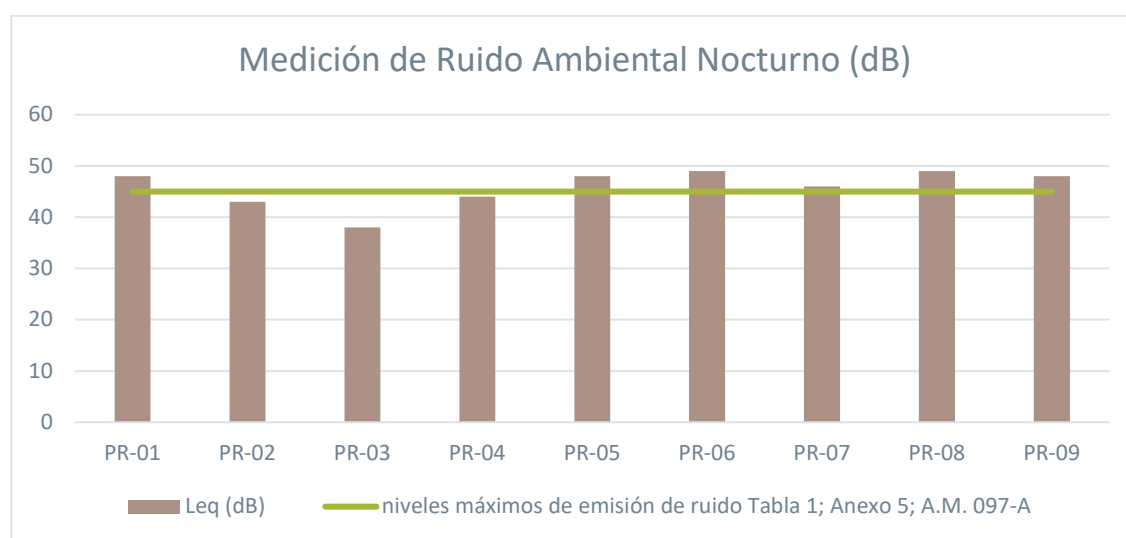


Figura 6-37 Análisis de Resultados de Ruido Ambiental Nocturno (dB)

Fuente: GRUENTEC, febrero 2022
Elaborado por: Entrix, febrero 2022

El incumplimiento de los puntos de monitoreo nocturnos antes mencionados corresponden a valores de línea base, dado que se han presentado incrementos en las mediciones debido a la actividad nocturna de animales silvestres, animales domésticos, personas e insectos, los cuales fueron identificados durante el levantamiento de información en campo.

6.2.13.3.3 Asociación de las Mediciones de Ruido tomadas para Adecuación de Accesos

A continuación, se presenta la asociación de las mediciones de ruido tomadas en los diferentes puntos críticos de afectación (PCA) para la adecuación de accesos temporales a los diferentes postes que conforman la línea de transmisión CPF – SE Puyo.

Para el presente análisis se ha considerado los puntos críticos de afectación más representativos, identificados en el área de estudio, como se presenta en la Tabla 6-49 a continuación:

Tabla 6-49 Asociación de las Mediciones de Ruido tomadas para Adecuación de Accesos

Nro.	Accesos	ID Muestra	Distancia aproximada (km)	Observación
1.	Acceso E3	PR-08	0.52	Ingreso Subestación Eléctrica El Puyo
2.	Acceso E4		0.68	
3.	Acceso E35	PR-07	1.05	Ingreso de la asociación de viviendas Brisas del Puyo
4.	Acceso E99	PR-02	0.8	Cancha sintética centro poblado El Triunfo
5.	Acceso E111	PR-01	2.4	Vivienda sobre la vía de acceso a una distancia aproximada de 300 m del ingreso al CPF Pluspetrol
6.	Acceso E113		1.98	
7.	Acceso E121		0.18	
8.	Acceso E122		0.19	
9.	Acceso E123		0.54	

Fuente: Entrix, noviembre 2022

Elaborado por: Entrix, noviembre 2022

Los accesos mencionados en la Tabla 6-49, que serán temporales, tiene su inicio de adecuación por fuera de la franja de servidumbre, pero dentro del área geográfica del proyecto (Anexo A.- Documentos Oficiales, A.1.- Certificado de Intersección).

En ese sentido, la ubicación de los puntos de medición de ruido ambiental, así como el número de mediciones realizadas, ha sido determinada conforme la definición de Puntos Críticos de Afectación (PCA) establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A, Anexo 5. Los sitios o lugares cercanos a una FFR, ocupados por receptores sensibles (humanos, fauna, etc.) que requieren de condiciones de tranquilidad y serenidad.

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.

Los accesos E111, E113, E121, E122 y E123 se encuentran cerca al punto de medición de ruido PR-01, los accesos E3 y E4 se encuentran relacionados con el punto de medición de ruido PR-08, el acceso E 35 se encuentra cerca al punto de medición de ruido PR-07 y acceso E99 se encuentra cerca al punto de medición de ruido PR-02.

6.2.13.3.4 Conclusiones

- > Los resultados del monitoreo de ruido diurno se encuentran dentro de los niveles máximos permisibles, sin embargo, durante el monitoreo nocturno se evidenciaron que los puntos PR-01, PR-06, PR-07 y PR-08 que superan los niveles máximos establecidos en la norma, estos puntos fueron tomados en áreas que corresponden a una zona alterada y con presencia de vegetación dispersa, por lo que el incumplimiento de los LMP se relacionó con la actividad nocturna de la fauna silvestre, así como a actividades antrópicas en el área.

6.2.14 Campos Electromagnéticos

El campo eléctrico que produce una línea de transmisión y una subestación eléctrica depende del voltaje y de la carga, y tiende a fluctuar muy poco entre una infraestructura respecto de la otra, generalmente en torno a un 10 % siguiendo las fluctuaciones de tensión; mientras que el campo magnético depende de la intensidad y no directamente del voltaje, por lo que fluctúa con el consumo y varía generalmente al nivel del suelo entre 1 y 20 microtesla (μT). El campo magnético disminuye a medida que aumenta la distancia

a la infraestructura, por lo tanto, no es una condición que se genera de forma natural, y debe medirse cuando existe infraestructura que pueda generarlo.

La medición de los niveles de ruido ambiente fue realizada por el laboratorio ECUDYVENG CIA. LTDA, acreditado ante el SAE (Anexo B.- Documentos de Respaldo, B.1.- Físico; B.1.5.- Acreditación Laboratorios).

6.2.14.1 Metodología

La metodología se basa en la norma IEEE 644 Standard Procedures for Measurement of Power Frequency Electric and Magnetic Fields From AC Power Lines -2019 (Procedimientos Estándar para Medición de Campos Eléctricos y Magnéticos desde Líneas de Subtransmisión de Corriente Alterna, impulsado por el Instituto Americano para Normas Nacionales y por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos de EE.UU.), con variantes específicas ajustadas a la caracterización de la zona como línea base, es decir, sin obtener los perfiles laterales y longitudinales necesarios para cuando se analiza una línea de transmisión de corriente alterna operativa.

El campo eléctrico se mide en V/m y el magnético en A/m, la densidad de potencia que es la combinación de las dos componentes se mide en mW/cm² (miliwatios/centímetro cuadrado). Se realiza una medición de campo magnético en los tres ejes para medir la resultante del campo magnético (valor eficaz).

El método de muestreo está referenciado en normativas y métodos de análisis validados que se detallan en la norma ANSI / IEEE 644-2019 y en el TULSMA, Libro VI, Anexo 10, con variantes específicas, ajustadas a la caracterización de la zona como línea base, es decir, sin obtener los perfiles laterales y longitudinales necesarios para cuando se analiza una línea de transmisión de corriente alterna operativa.

En cada punto analizado, se tomaron veinte y cuatro valores para cada fase (X, Y, Z) de campo eléctrico y magnético en los ejes x, y, z. Se realiza un tiempo mínimo de muestreo de 30 minutos por punto, a condiciones normales en las zonas del área de influencia, como condiciones de línea base de la zona.

Tabla 6-50 Equipo Utilizado para la Caracterización de Campos Electromagnéticos

Parámetros	Descripción
Equipo	Analizador de baja frecuencia para campos eléctricos y magnéticos
Marca	AARONIA AG
Modelo / Serie	SPECTRAN NF-5035S / 10882
Resolución	(E) 0,1 V/m - (B) 0,1 nT
Rango	0,001 a 50 000 V/m - 0,1 a 20 mT (50-60 Hz)

Fuente: ECUDYVENG CIA. LTDA, junio 2022
Elaborado por: Entrix, junio 2022

Los límites máximos permisibles considerados para el análisis de resultados de laboratorio se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 6-51 Niveles de Referencia para la Exposición a CEM de 60 Hz

Tipo de Exposición	Intensidad Campo Eléctrico € (V TM-1)	Densidad de Flujo Magnético (B) (Microteslas)
Público general	4167	83
Personal ocupacionalmente expuesto	8333	417

Fuente: Normas Técnicas para la PCCA para los Sectores de infraestructura, Eléctrico, Telecomunicaciones y Transporte, Puerto y Aeropuertos (A. M. No. 155, RO No. 41-S, marzo 14 de 2007)
Elaboración: Entrix., junio 2022

6.2.14.2 Ubicación de Puntos de Medición de CEM

A continuación, se muestra en una figura la ubicación de los puntos de medición de campos electromagnéticos medidos durante el levantamiento de información en campo:

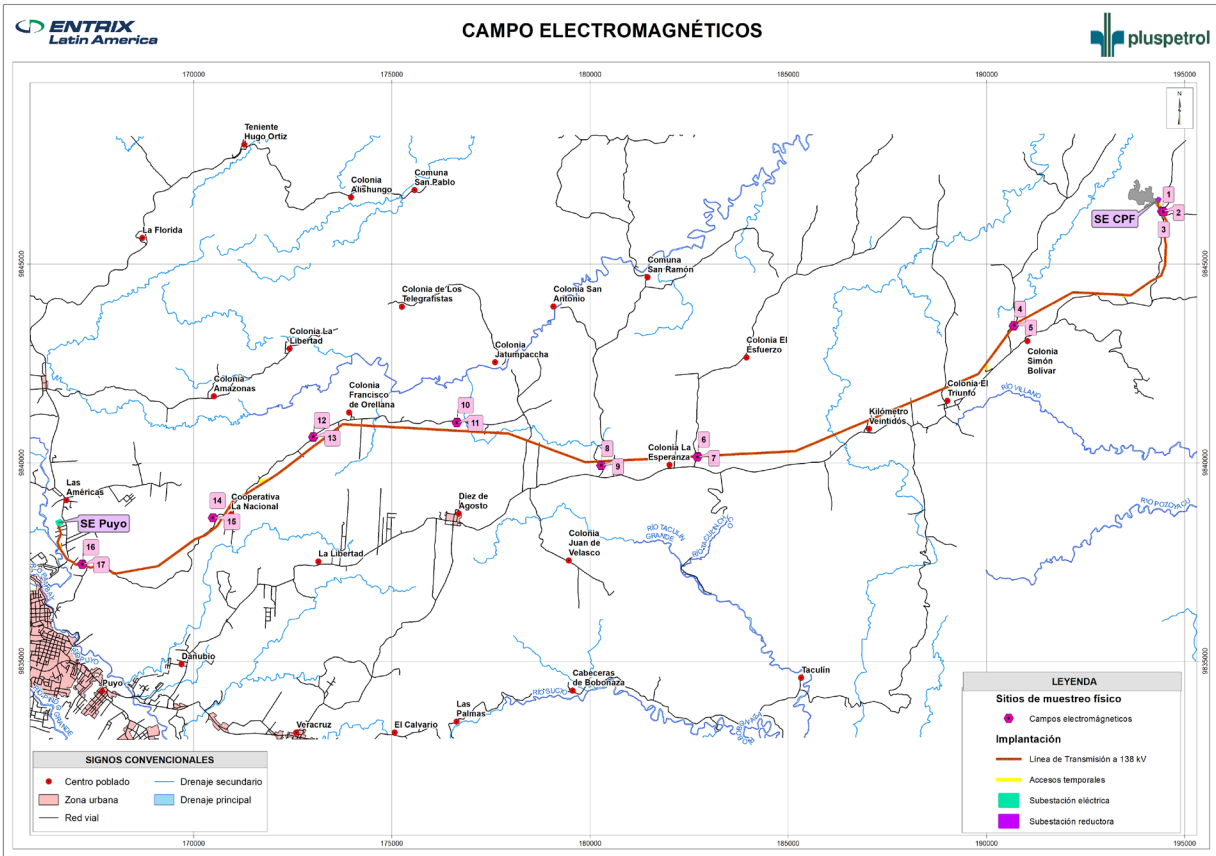










Figura 6-38 Ubicación de Puntos de Medición de CEM





Fuente y elaboración: Entrix, 2022.





La tabla a continuación presenta el detalle de los puntos de medición de campos electromagnéticos:


Tabla 6-52 Ubicación de los Puntos de Medición de CEM

Sitio de Monitoreo	Código	Coordenada WGS 84 18 Sur		Fecha de Monitoreo	Fotografía
		Este (m)	Norte (m)		
Entrada CPF - POSTE 121 proyectado - CENTRO zona de vegetación	Punto 1	194442,00	9846316,00	21/05/2022	
Entrada CPF - POSTE 121 proyectado - 10m OESTE Zona de vegetación Vía entrada al CPF	Punto 1W	194431,00	9846323,00	21/05/2022	
Entrada CPF - POSTE 121 proyectado - Vía entrada a AOE/CPF VIVIENDA EN ZONA CERCANA A VERTICE 121	Punto 1 Vivienda	194471,00	9846311,00	21/05/2022	
Vértice 102 proyectado - CENTRO Vía "Y finca El Rosal parroquia El Triunfo" Vía de entrada	Punto 2	190693,00	9843431,00	21/05/2022	

Sitio de Monitoreo	Código	Coordenada WGS 84 18 Sur		Fecha de Monitoreo	Fotografía
		Este (m)	Norte (m)		
Vértice 102 proyectado - 10m OESTE Vía "Y finca El Rosal parroquia El Triunfo" Vía de entrada	Punto 2 W	190700,00	9843448,00	21/05/2022	
POSTE 70 proyectado - CENTRO Camino vecinal en vía 10 de Agosto	Punto 3	182716,00	9840149,00	21/05/2022	
POSTE 70 proyectado - 10m ESTE Camino vecinal en vía 10 de Agosto	Punto 3E	182710,00,	9840139,00	21/05/2022	
POSTE 62 - CENTRO Camino vecinal en Vía 10 de Agosto	Punto 4	180285,00	9839922,00	21/05/2022	

Sitio de Monitoreo	Código	Coordenada WGS 84 18 Sur		Fecha de Monitoreo	Fotografía
		Este (m)	Norte (m)		
POSTE 62 – ESTE Camino vecinal en Vía 10 de Agosto	Punto 4E	180289,00	9839929,00	21/05/2022	
POSTE 51 – CENTRO Camino colonia Francisco de Orellana empalmando a vía 10 de Agosto	Punto 5	176647,00	9841014,00	21/05/2022	
POSTE 51 - 10m OESTE Camino colonia Francisco de Orellana empalmando a vía 10 de Agosto	Punto 5W	176640,00	9841003,00	21/05/2022	
POSTE 39 proyectado – CENTRO Vía cerca a Colonia Francisco de Orellana	Punto 6	173022,00	9840632,00	21/05/2022	

Sitio de Monitoreo	Código	Coordenada WGS 84 18 Sur		Fecha de Monitoreo	Fotografía
		Este (m)	Norte (m)		
POSTE 39 proyectado - 10m ESTE Vía cerca a Colonia Francisco de Orellana	Punto 6E	173019,00	9840642,00	21/05/2022	
POSTE 29 proyectado - CENTRO Vía Curaray Asociación Bellavista	Punto 7	170495,00	9838609,00	21/05/2022	
POSTE 29 proyectado - 10 m OESTE Vía Curaray Asociación Bellavista	Punto 7W	170490,00	9838607,00	21/05/2022	
POSTE 9 proyectado - CENTRO Vía de ingreso a barrio San Rafael	Punto 8	167196,00	9837439,00	21/05/2022	

Sitio de Monitoreo	Código	Coordenada WGS 84 18 Sur		Fecha de Monitoreo	Fotografía
		Este (m)	Norte (m)		
POSTE 9 proyectado - 10m OESTE Vía de ingreso a barrio San Rafael	Punto 8W	167192,00	9837434,00	21/05/2022	

Fuente: Levantamiento de campo, Entrix, mayo 2022, ECUDYVENG CIA. LTDA, mayo 2022
Elaborado por: Entrix, junio 2022

6.2.14.3 Análisis de Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la medición de campos eléctricos y magnéticos (Anexo B.- Documentos de Respaldos; B.1.- Físico; B.1.4.-Resultados de Laboratorio, B.1.4.7.- Campos Electromagnéticos):

Tabla 6-53 Resultados de Medición del Campo Eléctrico

Código	Medición Fase de Campo			Niveles de Referencia Tabla 1, Anexo 10, TULSMA		Cumplimiento
	Valor Eficaz (rms)			Intensidad Campo Eléctrico (V/m)		
	Mínimo	Máximo	RMS	Público general	Personal ocupacionalmente expuesto	
Punto 1	91,3	96,5	94,7	4167	8333	Cumple
Punto 1W	32,9	35,0	33,8	4167	8333	Cumple
Punto 1 Vivienda	31,6	33,4	32,4	4167	8333	Cumple
Punto 2	64,7	66,0	65,4	4167	8333	Cumple
Punto 2 W	27,8	30,3	29,1	4167	8333	Cumple
Punto 3	25,1	27,4	26,4	4167	8333	Cumple
Punto 3E	25,4	28,7	26,8	4167	8333	Cumple
Punto 4	52,0	54,2	52,7	4167	8333	Cumple
Punto 4E	26,2	29,1	27,6	4167	8333	Cumple
Punto 5	33,1	35,7	34,3	4167	8333	Cumple
Punto 5W	28,8	30,4	29,6	4167	8333	Cumple
Punto 6	125,7	128,2	127,0	4167	8333	Cumple
Punto 6E	112,5	115,3	113,8	4167	8333	Cumple
Punto 7	38,4	40,7	39,7	4167	8333	Cumple
Punto 7W	55,8	58,1	56,9	4167	8333	Cumple

Código	Medición Fase de Campo			Niveles de Referencia Tabla 1, Anexo 10, TULSMA		Cumplimiento
	Valor Eficaz (rms)			Intensidad Campo Eléctrico (V/m)		
	Mínimo	Máximo	RMS	Público general	Personal ocupacionalmente expuesto	
Punto 8	43,3	46,3	44,8	4167	8333	Cumple
Punto 8W	45,7	51,2	447,8	4167	8333	Cumple

Fuente: Levantamiento de campo, Entrix, mayo 2022, ECUDYVENG CIA. LTDA, mayo 2022
Elaborado por: Entrix, junio 2022

Tabla 6-54 Resultados de Medición del Campo Magnético

Código	Medición Fase de Campo			Niveles de Referencia Tabla 1, Anexo 10, TULSMA		Cumplimiento
	Valor Eficaz (rms)			Densidad de Flujo Magnético (Microteslas)		
	Mínimo	Máximo	RMS	Público general	Personal ocupacionalmente expuesto	
Punto 1	0,006	0,007	0,006	417	83	Cumple
Punto 1W	0,004	0,006	0,005	417	83	Cumple
Punto 1 Vivienda	0,003	0,004	0,004	417	83	Cumple
Punto 2	0,005	0,005	0,005	417	83	Cumple
Punto 2 W	0,004	0,004	0,004	417	83	Cumple
Punto 3	0,023	0,025	0,024	417	83	Cumple
Punto 3E	0,020	0,021	0,020	417	83	Cumple
Punto 4	0,030	0,033	0,031	417	83	Cumple
Punto 4E	0,028	0,029	0,029	417	83	Cumple
Punto 5	0,005	0,005	0,005	417	83	Cumple
Punto 5W	0,004	0,004	0,004	417	83	Cumple
Punto 6	0,086	0,087	0,086	417	83	Cumple
Punto 6E	0,078	0,080	0,079	417	83	Cumple
Punto 7	0,055	0,058	0,056	417	83	Cumple
Punto 7W	0,023	0,025	0,023	417	83	Cumple
Punto 8	0,168	0,170	0,169	417	83	Cumple
Punto 8W	0,141	0,144	0,143	417	83	Cumple

Fuente: Levantamiento de campo, Entrix, mayo 2022, ECUDYVENG CIA. LTDA, mayo 2022
Elaborado por: Entrix, junio 2022

Los resultados obtenidos de las mediciones de campos eléctricos y magnéticos en el área de estudio cumplen con los límites máximos permisibles para público general establecido en la Tabla 1 (Niveles de Referencia para la Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos de 60 HZ, Anexo 10, TULSMA). La ubicación de los puntos de monitoreo se puede apreciar en el Anexo D.- Cartografía; Mapa 6.1-16 Puntos de Medición de Campos Electromagnéticos.

6.2.15 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).

En base a 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: niveles no diferenciados, entallados y disectados de Tena, Puyo y Macas (unidad 264) y testigos colinarios emergentes (unidad 266), como se puede observar en la Figura 6-39.

6.2.15.1 Niveles No Diferenciados, Entallados y Disectados de Tena, Puyo y Macas (unidad 264)

Los depósitos de guijarros sobre los cuales está establecido son, en su mayoría, los de la formación Mera, pero no se excluye la posibilidad de que reliquias de la formación Mesa estén asociadas (Winckell et al., 1997).

Un gran complejo de glacis disectados se extiende alrededor del Puyo, Palora y Macas, entre 1100 y 900 m de altura, con un ligero buzamiento hacia el este. Corresponde a la coalescencia de los conos detríticos provenientes de los ríos Pastaza, Palora y Upano, dominados por los volcanes Tungurahua y Sangay (Winckell et al., 1997).

Para todos estos paisajes, las temperaturas medias anuales son alrededor de 20 °C, pero las precipitaciones se acercan a 5000 mm. Los suelos desarrollados sobre las cenizas meteorizadas son andosoles hidratados profundos (Winckell et al., 1997).

Los sistemas policulturales estratificados de tipo indígena han permitido por largo tiempo que sobreviva el medio forestal, pese a un poblamiento relativamente denso. Los colonos mestizos introdujeron monocultivos practicando el desmonte frontal, tales como el té y la caña de azúcar y sobre todo los pastos tropicales. De esta resultó una desnaturalización radical e irreversible del sistema ecológico y particularmente de su componente edafológico (Winckell et al., 1997).

6.2.15.2 Testigos Colinarios Emergentes

En las cercanías de Puyo se pueden observar algunos relieves notables que dominan la mesa, sobre todo el que soporta las antenas de la repetidora de televisión de Veracruz. Podría tratarse de restos de una colada volcánica; en efecto, aparecen bolas andesíticas en las pendientes, muy semejantes a los guijarros de un conglomerado (Winckell et al., 1997).

En la cima, perfiles de suelos ferralíticos pardos, arcillosos, bien evolucionados presentan un nivel alterítico la facies "pan de especies" constituido por bolas escamadas, firmes pero porosas, de color pardo-ocre; estas difieren de las bolas blandas, rojas o abigarradas propias de los conglomerados meteorizados. Estos testigos solo llevan discretas huellas de depósito superficial de cenizas, incorporadas a los horizontes superiores del suelo pardo (Winckell et al., 1997).

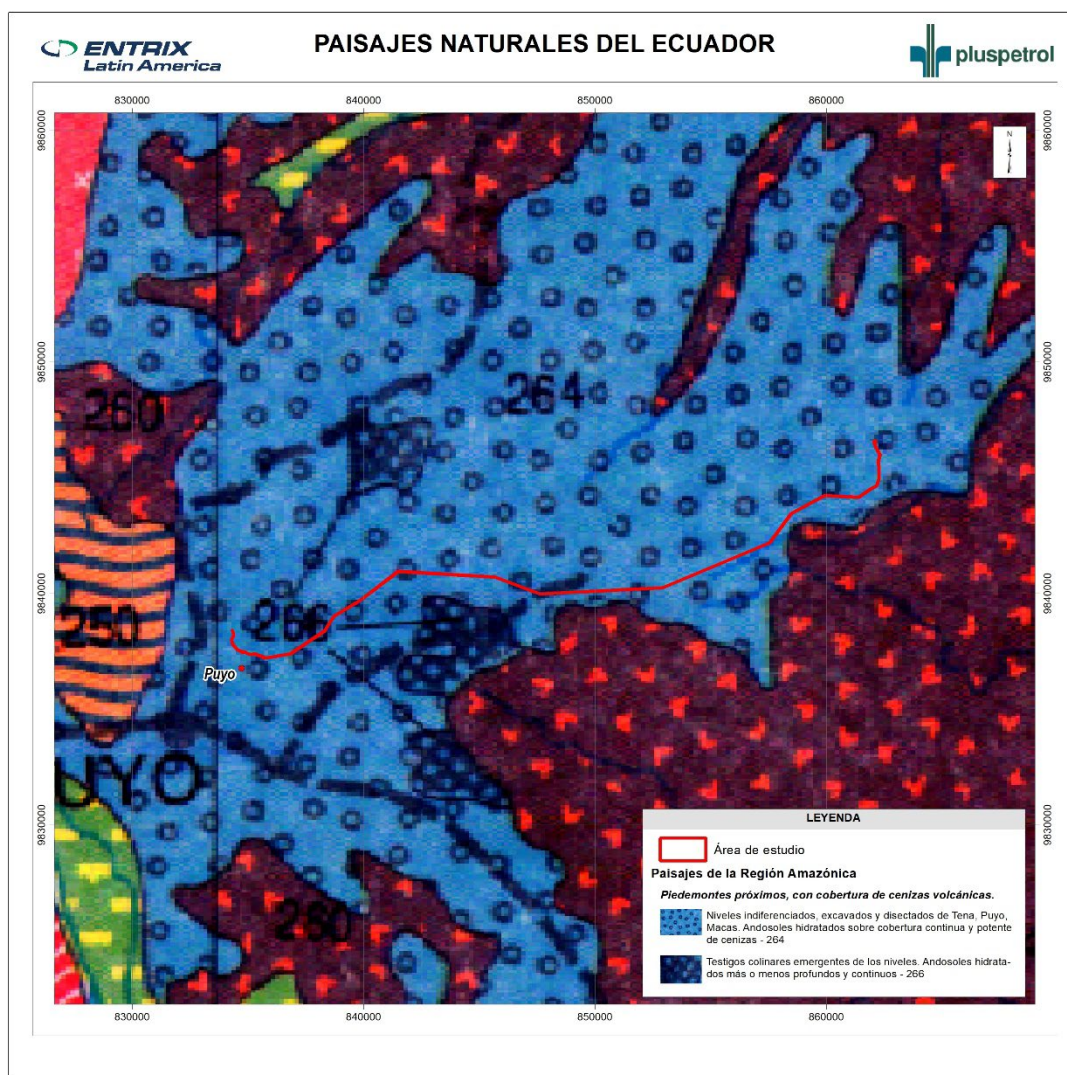


Figura 6-39 Paisajes del Área de Estudio (línea de transmisión SE CPF-SE Puyo)

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

6.2.15.3 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 en el área de estudio. 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:

6.2.15.3.1 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.

6.2.15.3.2 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.

6.2.15.3.3 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.

6.2.15.3.4 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.

Tabla 6-55 Evaluación del Paisaje

Factores	Evaluación del Paisaje			
	Ninguna	Baja	Media	Alta
Estado Natural	0	1	2	3
Escasez	0	1	2	3
Estética	0	1	2	3
Importancia para la Conservación	0	1	2	3

6.2.15.4 Análisis de la Valoración del Paisaje

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 6-56 Valoración del Paisaje

Factores	Componentes					Resumen de Componentes
	Geología y Geomorfología	Hidrología	Flora	Fauna	Arqueología	
Estado Natural	1	2	1	1	2	1,4
Escasez	2	1	2	2	3	2
Estética	2	2	2	2	2	2
Importancia para la Conservación	3	2	3	3	3	2,8
General	2	1,75	2	2	2,25	2

Elaboración: Entrix, marzo 2022

6.2.15.4.1 Estado Natural

La fisiografía del área en estudio se caracteriza por presentar cuatro tipos de paisajes geomorfológicos bien definidos: el de colinas muy bajas y bajas, domos, llanuras ligeramente onduladas, abruptos de conos de esparcimiento, valles fluviales, coluvios antiguos, vertientes homogéneas y vertientes heterogéneas con fuerte disección. La mayoría de los paisajes presentan intervención antrópica debido a asentamientos humanos sobre dichos paisajes, para usos agropecuarios.

El uso del suelo es correcto a factible-correcto en vista de que más del 50 % está cubierto por áreas de cultivos y pastos de autoconsumo, así como bosque secundario y se presentan cerca de las áreas habitadas por los pobladores del sector.

En cuanto a la hidrología, presenta un porcentaje de áreas inundables, así como de cuerpos de agua que son aportantes de la cuenca hidrográfica del río Puyo principalmente.

En cuanto a los aspectos biológicos de las áreas de estudio, la mayor parte de estas han sido intervenidas por actividades antropogénicas, como agricultura y ganadería.

Dentro del área de estudio existe presencia de cultura material prehispánica que cuentan con pruebas de pala positivas y sitios sensibles.

6.2.15.4.2 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 de estudio presenta características comunes de la Amazonía, con pendientes poco pronunciadas, áreas mal drenadas y nivel freático que se encuentra entre los 2 y 4 m.

En cuanto a flora y fauna, las especies identificadas en las áreas de estudio son especies comunes que se han adaptado al medio, considerando que estas áreas son intervenidas por actividades antrópicas. Sin embargo, no se descarta la presencia de especies que tienen sensibilidad Alta.

6.2.15.4.3 Estética

A pesar de que la fisiografía de la región es común en la Amazonía del Ecuador, su belleza estética es muy importante, ya que la diferencia de las otras regiones naturales del Ecuador.

En cuanto a los aspectos hidrológicos, la presencia de cuerpos de agua y su sensibilidad presenta características comunes de la Amazonía, es por ello la importancia paisajística que este recurso muestra dentro de su geografía.

Dentro de los aspectos bióticos, la flora presenta varias limitaciones en cuanto a su conservación; sin embargo, existen especies con sensibilidad media-alta a pesar de que el área de estudio se encuentra alterada por factores antropogénicos, como es el caso de la agricultura y ganadería.

6.2.15.4.4 Importancia para la Conservación

Por estar inmersa cerca de áreas protegidas, es muy importante su conservación, pues cualquier afectación a la fisiografía e hidrología de la región generaría un impacto sobre la flora y fauna.

En términos generales, la conservación de material cultural es importante, ya que forma parte del patrimonio del Estado.

El recurso arqueológico tiene una importancia de conservación alta, aunque no para fines paisajísticos; sin embargo, se le ha colocado un valor de 3, alto.

6.2.15.5 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 6-56. 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 e interacción entre ellos.

Página en blanco