



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL GRADO
ACADÉMICO DE INGENIERO GEÓLOGO**

TEMA

**RECONOCIMIENTO GEOQUÍMICO PARA DETERMINAR ÁREAS POTENCIALES
DE MINERALIZACIÓN EN LA CUENCA DEL RÍO PIJILÍ, PARROQUIA EL
CARMEN DE PIJILÍ, CANTÓN CAMILO PONCE ENRÍQUEZ.**

Autor: Emilio José Oyague Vergara

Tutora: MSc. Tania Guevara Montero

Guayaquil, Marzo del 2022



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL GRADO
ACADÉMICO DE INGENIERO GEÓLOGO**

TEMA

**RECONOCIMIENTO GEOQUÍMICO PARA DETERMINAR ÁREAS POTENCIALES
DE MINERALIZACIÓN EN LA CUENCA DEL RÍO PIJILÍ, PARROQUIA EL
CARMEN DE PIJILÍ, CANTÓN CAMILO PONCE ENRÍQUEZ.**

Autor: Emilio José Oyague Vergara

Tutora: MSc. Tania Guevara Montero

Guayaquil, Marzo del 2022

© DERECHO DE AUTOR
EMILIO JOSÉ OYAGUE VERGARA
2022



**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**

Guayaquil, 21 de marzo de 2022

Señor

Ing. Geol. Cesar Patricio Borja Bernal, M.Sc.
DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA
Ciudad. -

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Titulación **RECONOCIMIENTO GEOQUÍMICO PARA DETERMINAR ÁREAS POTENCIALES DE MINERALIZACIÓN EN LA CUENCA DEL RÍO PIJILÍ, PARROQUIA EL CARMEN DE PIJILÍ, CANTÓN CAMILO PONCE ENRIQUEZ**, del estudiante **EMILIO JOSÉ OYAGUE VERGARA**, indicando que ha cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:

- *El trabajo es el resultado de una investigación.*
- *La estudiante demuestra conocimiento profesional integral.*
- *El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.*
- *El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.*

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del Trabajo de Titulación con la respectiva calificación.

Dando por concluida esta tutoría de Trabajo de Titulación, **CERTIFICO**, para los fines pertinentes, que el estudiante está apto para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:

**TANIA
GUEVARA**

Tania Guevara Montero, MSc.
Tutor del Trabajo de Titulación
C.I.: 0959220815



**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**

Habiendo sido nombrada Tania Guevara Montero, MSc., Tutora del Trabajo de Titulación certifico que el presente Trabajo de Titulación ha sido elaborado por **EMILIO JOSÉ OYAGUE VERGARA**, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de INGENIERO GEÓLOGO.

Se informa que el Trabajo de Titulación: **RECONOCIMIENTO GEOQUÍMICO PARA DETERMINAR ÁREAS POTENCIALES DE MINERALIZACIÓN EN LA CUENCA DEL RÍO PIJILÍ, PARROQUIA EL CARMEN DE PIJILÍ, CANTÓN CAMILO PONCE ENRIQUEZ.** ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa antiplagio URKUND, quedando el 5 % de coincidencia.



Document Information

Analyzed document	URKUND_Oyague.pdf (D130967741)
Submitted	2022-03-21T00:47:00.0000000
Submitted by	Tania
Submitter email	tania.guevaram@ug.edu.ec
Similarity	5%
Analysis address	tania.guevaram.ug@analysis.urkund.com

<https://secure.urkund.com/view/125101875-806422-992335#/details/fulltext>



Firmado electrónicamente por:
**TANIA
GUEVARA**

Tania Guevara Montero, MSc.
Docente Tutor
C.I.: 0959220815
Fecha: 21 de marzo de 2022

ANEXO VIII.- INFORME DEL DOCENTE REVISOR

Guayaquil, 3 de abril de 2022

Sr. Ing. Geol. César Borja Bernal, M.Sc.
DIRECTOR DE CARRERA INGENIERÍA GEOLÓGICA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
Ciudad. –

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la **REVISIÓN FINAL** del Trabajo de Titulación RECONOCIMIENTO GEOQUÍMICO PARA DETERMINAR ÁREAS POTENCIALES DE MINERALIZACIÓN EN LA CUENCA DEL RÍO PIJILÍ, PARROQUIA EL CARMEN DE PIJILÍ, CANTÓN CAMILO PONCE ENRÍQUEZ del estudiante OYAGUE VERGARA EMILIO JOSE. Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimiento de los siguientes aspectos:

Cumplimiento de requisitos de forma:

El título tiene un máximo de 23 palabras.

La memoria escrita se ajusta a la estructura establecida.

El documento se ajusta a las normas de escritura científica seleccionadas por la Facultad.

La investigación es pertinente con la línea y sublíneas de investigación de la carrera.

Los soportes teóricos son de máximo 3 años.

La propuesta presentada es pertinente.

Cumplimiento con el Reglamento de Régimen Académico:

El trabajo es el resultado de una investigación.

El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.

El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.

El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se indica que fue revisado, el certificado de porcentaje de similitud, la valoración del tutor, así como de las páginas preliminares solicitadas, lo cual indica el que el trabajo de investigación cumple con los requisitos exigidos.

Una vez concluida esta revisión, considero que el estudiante está apto para continuar el proceso de titulación. Particular que comunicamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
KATHY FERNANDA
LOPEZ ESCOBAR

Ing. Kathy Fernanda López Escobar, Ph.D.
DOCENTE TUTOR REVISOR
C.I.: 0913804845
FECHA: 3 de abril 2022

ANEXO XI.- FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA		
FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN		
TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Reconocimiento geoquímico para determinar áreas potenciales de mineralización en la cuenca del río Pijilí, Parroquia El Carmen de Pijilí, Cantón Camilo Ponce Enríquez	
AUTOR(ES) (apellidos/nombres):	Oyague Vergara Emilio José	
REVISOR(ES)/TUTOR(ES) (apellidos/nombres):	PhD. Lopez Escobar Katthy Fernanda MSc. Guevara Montero Tania	
INSTITUCIÓN:	Universidad de Guayaquil	
UNIDAD/FACULTAD:	Ciencias Naturales	
MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:		
GRADO OBTENIDO:	Ingeniería Geológica	
FECHA DE PUBLICACIÓN:	Marzo 2022	No. DE PÁGINAS: 129
ÁREAS TEMÁTICAS:	Ciencias Geológicas	
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Río Pijilí, Reconocimiento geoquímico, Stockworks, Sedimentos fluviales, Mineralización.	
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):	<p>Se realizó un reconocimiento geoquímico para determinar zonas potenciales de mineralización en la cuenca del río Pijilí, cantón Camilo Ponce Enríquez, Ecuador.</p> <p>En la zona afloran rocas de la Unidad Pallatanga y Granodioritas con contenidos de mineralización tipo pórfido, vetas y stockworks epimesotermales; además formaciones de origen sedimentario sin interés mineral.</p> <p>Se llevaron a cabo 15 muestreos de sedimentos fluviales, 6 de aguas y 6 de concentrados pesados. Las muestras de sedimentos fueron analizadas mediante ICP-MS para 53 elementos, de los cuales 6 presentaron resultados anómalos con valores máximos de oro hasta 1.15 ppm, plata hasta 14.30 ppm, cobre con 1330 ppm, plomo con 1920 ppm, zinc con 2070 ppm, molibdeno con 1.97 ppm. Los resultados de hidrogeoquímica mostraron valores anómalos de los siguientes elementos en comparación con sus contenidos en aguas superficiales: plata hasta 0.0008 ppm, arsénico con 0.18 ppm, cadmio con 0.0017 ppm, plomo con 0.0045 ppm, antimonio con 0.025 ppm. En una de las muestras de concentrados pesados se detectó una partícula de oro con propiedades como color y raya amarillo-dorado, dureza 2.5 en escala de Mohs, es una partícula sub-redondeada, opaco y lustre metálico. Se identificaron 4 zonas potenciales para mineralización de tipo pórfido de cobre y de metales base ubicadas en las zonas centro-sur, noreste, noroeste y sureste de la cuenca.</p>	
ADJUNTO PDF:	SI	X
	NO	

CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 0978898592	E-mail: emiliojov26@gmail.com
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Facultad de Ciencias Naturales	
	Teléfono: (04) 308-0777	
	E-mail: info@fccnngye.com	

ANEXO XII.- DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y DE AUTORIZACIÓN DE LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES ACADÉMICOS

FACULTAD CIENCIAS NATURALES

CARRERA INGENIERÍA GEOLÓGICA

LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES ACADÉMICOS

Yo/Nosotros, Emilio José Oyague Vergara, con C.I. No. 0924809007, certifico que los contenidos desarrollados en este Trabajo de Titulación, cuyo título es **Reconocimiento geoquímico para determinar áreas potenciales de mineralización en la cuenca del río Pijilí, Parroquia El Carmen de Pijilí, Cantón Camilo Ponce Enriquez** son de mi absoluta propiedad y responsabilidad, en conformidad al Artículo 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN*, autorizo la utilización de una licencia gratuita intransferible, para el uso no comercial de la presente obra a favor de la Universidad de Guayaquil.



Firmado electrónicamente por:
**EMILIO JOSE
OYAGUE
VERGARA**

Emilio José Oyague Vergara
C.I.: 0924809007

*CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN Artículo 114.- De los titulares de derechos de obras creadas en las instituciones de educación superior y centros educativos.- En el caso de las obras creadas en centros educativos, universidades, escuelas politécnicas, institutos superiores técnicos, tecnológicos, pedagógicos, de artes y los conservatorios superiores, e institutos públicos de investigación como resultado de su actividad académica o de investigación tales como trabajos de titulación, proyectos de investigación o innovación, artículos académicos, u otros análogos, sin perjuicio de que pueda existir relación de dependencia, la titularidad de los derechos patrimoniales corresponderá a los autores. Sin embargo, el establecimiento tendrá una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra con fines académicos.

DEDICATORIA

Por sobre todas las cosas este trabajo va dedicado hacia mis tres pilares. Mi mamá Mirna Vergara, mi abuela Nelly Moreira y mi tía Mónica Vergara, sin ellas este trayecto no hubiera tenido un final.

AGRADECIMIENTOS

Como no agradecer en primer lugar a Dios Padre por haberme dado salud, paciencia, conocimiento y fuerzas para lograr culminar esta etapa. El camino no ha sido nada fácil, ha habido tropiezos, ganas de dejarlo todo por falta de apoyo familiar. Pero si yo no me esforzaba nadie lo iba a hacer por mí.

Doy gracias a mi familia, escribir nombres es quizás olvidarme de alguno, por eso prefiero nombrarlos a todos, ya que de alguna u otra forma cada persona aportó un granito a mi formación académica.

A mis amigos que se han ganado una parte de mi corazón Rebeca Borja, Kevin Bolaños, Joel Cuesta, Melisa Zambrano, Amir y Nahim Galecio, Darwin Alvarado, Wilson Pinzón, Fernando Velásquez, Ariana Ronquillo y Krystel Merchán, con los cuales he disfrutado de risas, lágrimas y vivencias que han quedado marcadas en nuestras mentes y corazones.

Como no sentir afecto y agradecimiento hacia mis compañeras de aula Grace V., Jenny R., y María Fernanda M., quienes desde primer semestre han luchado y sufrido junto a mí por llegar hasta este momento.

Mi agradecimiento es infinito hacia Jairo Cuadrado, Valeria Ramos y Guillermo Ramos, los primos por los cuales podría dar la vida, he aprendido tanto de ellos, a ser paciente, amoroso, a saber, esperar el momento indicado para todo, a disfrutar de la vida y a crecer como persona, gracias a ustedes.

A los MSc. Jorge Alonso y Tania Guevara, unos profesores excelentes, de los cuales traté siempre de receptar y aprender toda información valiosa que ellos enseñaban y la cual me ha servido mucho en este último proceso.

Nuevamente a la MSc. Tania Guevara quien ha ido conmigo de la mano y ha ayudado a culminar con éxito este proyecto, le agradezco mucho por la paciencia y las ganas de ayudar.

A los demás profesores también agradezco ya que aportaron sus conocimientos y sus vivencias a cada uno de nosotros, sus alumnos.

Reconocimiento geoquímico para determinar áreas potenciales de mineralización en la cuenca del río Pijilí, Parroquia El Carmen de Pijilí, Cantón Camilo Ponce Enríquez.

Autor: Emilio José Oyague Vergara

Tutor: MSc. Tania Guevara Montero

Resumen

Se realizó un reconocimiento geoquímico para determinar zonas potenciales de mineralización en la cuenca del río Pijilí, cantón Camilo Ponce Enríquez, Ecuador.

En la zona afloran rocas de la Unidad Pallatanga y Granodioritas con contenidos de mineralización tipo pórfido, vetas y stockworks epimesotermales; además formaciones de origen sedimentario sin interés mineral.

Se llevaron a cabo 15 muestreos de sedimentos fluviales, 6 de aguas y 6 de concentrados pesados. Las muestras de sedimentos fueron analizadas mediante ICP-MS para 53 elementos, de los cuales 6 presentaron resultados anómalos con valores máximos de oro hasta 1.15 ppm, plata hasta 14.30 ppm, cobre con 1330 ppm, plomo con 1920 ppm, zinc con 2070 ppm, molibdeno con 1.97 ppm. Los resultados de hidrogeoquímica mostraron valores anómalos de los siguientes elementos en comparación con sus contenidos en aguas superficiales: plata hasta 0.0008 ppm, arsénico con 0.18 ppm, cadmio con 0.0017 ppm, plomo con 0.0045 ppm, antimonio con 0.025 ppm. En una de las muestras de concentrados pesados se detectó una partícula de oro con propiedades como color y raya amarillo-dorado, dureza 2.5 en escala de Mohs, es una partícula sub-redondeada, opaco y lustre metálico. Se identificaron 4 zonas potenciales para mineralización de tipo pórfido de cobre y de metales base ubicadas en las zonas centro-sur, noreste, noroeste y sureste de la cuenca.

Palabras Claves: Río Pijilí, Reconocimiento geoquímico, Stockworks, Sedimentos fluviales, Mineralización

ANEXO XIV.- RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (INGLÉS)

FACULTAD CIENCIAS NATURALES

CARRERA INGENIERÍA GEOLÓGICA

Geochemical reconnaissance to determine potential areas of mineralization in the Pijilí River Basin, El Carmen de Pijilí Parish, Camilo Ponce Enriquez Canton

Author: Emilio José Oyague Vergara

Advisor: MSc. Tania Guevara Montero

Abstract

A geochemical reconnaissance was carried out to determine potential mineralization zones in the Pijilí river basin, Camilo Ponce Enríquez canton, Ecuador.

Rocks from the Pallatanga Unit and Granodiorites outcrop in the area with porphyry-type mineralization contents, veins and epimesothermal stockworks; also formations of sedimentary origin without mineral interest.

15 samples of fluvial sediments, 6 of water and 6 of heavy concentrates were carried out. The sediment samples were analyzed by ICP-MS for 53 elements, of which 6 presented anomalous results with maximum values of gold up to 1.15 ppm, silver up to 14.30 ppm, copper with 1330 ppm, lead with 1920 ppm, zinc with 2070 ppm, molybdenum with 1.97 ppm. The hydrogeochemical results showed abnormal values of the following elements compared to their contents in surface water: silver up to 0.0008 ppm, arsenic with 0.18 ppm, cadmium with 0.0017 ppm, lead with 0.0045 ppm, antimony with 0.025 ppm. In one of the heavy concentrate samples, a gold particle was detected with properties such as golden-yellow color and stripe, hardness 2.5 on the Mohs scale, it is a sub-rounded particle, opaque and metallic luster. Four potential zones for porphyry-type copper and base metal mineralization were identified, located in the central-south, northeast, northwest and southeast areas of the basin.

Keywords: Pijilí river, Geochemical reconnaissance, Stockworks, Fluvial sediments, Mineralization.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I	1
Introducción.....	1
Planteamiento del problema.....	3
Justificación.....	3
Objetivos	3
Objetivo general	3
Objetivos específicos.....	3
Ubicación del área de estudio	4
Acceso.....	6
Clima	6
Relieve	7
Geomorfología.....	8
Hidrografía.....	8
Actividad económica del sector	9
Antecedentes del área de estudio	9
CAPÍTULO II. MARCO GEOLÓGICO	11
2.1 Geotectónica y Geodinámica Regional	11
2.2 Origen y evolución de la Cordillera Occidental	13
2.3 Estratigrafía Regional.....	15
2.4 Geología Estructural.....	18
2.4.1 Diaclasas.....	18
2.4.2 Fallas.....	19
2.5 Geología Económica	19
2.6 Relación marco litológico-estructural y la mineralización.....	19

CAPÍTULO III	21
METODOLOGÍA.....	21
3.1 Materiales y equipos.....	21
3.2 Etapas de trabajo.....	22
3.3 Parámetros morfométricos generales de la cuenca	23
3.3.1 Área.....	23
3.3.2 Longitud de la cuenca (L).....	24
3.3.3 Ancho de la cuenca (W)	24
3.3.4 Longitud de río principal	24
3.3.5 Factor de forma de Horton	25
3.3.6 Coeficiente de Gravelius (K_c).....	26
3.3.7 Pendiente media del cauce (j, %).....	26
3.3.8 Pendiente media de la cuenca (J, %)	27
3.3.9 Jerarquización de la red fluvial	28
3.3.10 Densidad de drenaje	29
3.3.11 Perfil longitudinal del río	30
3.4 Trabajos de campo.....	30
3.5 Trabajos de laboratorio.....	33
3.5.1 Toma de muestras de agua.....	33
3.5.2 Toma de muestra para sedimentos del fondo	34
3.5.3 Toma de muestra para concentrados pesados	34
3.6 Procesamiento de la Geoquímica	37
3.6.1 Estadística Descriptiva	37
3.6.2 Test de normalidad de los datos.....	37
3.6.3 Método de Lepeltier modificado	38
3.6.4 Correlación de Pearson.....	39

3.6.5 Asociación de elementos y exploradores (pathfinders)	39
3.7 Elaboración de mapas	41
CAPÍTULO IV. RESULTADOS	42
4.1 Mapa de pendientes	42
4.2 Identificación de los órdenes de los ríos.....	44
4.3 Parámetros morfométricos de la cuenca de estudio.....	44
4.4 Resultados de análisis de concentrados pesados.....	46
4.5 Procesamiento de datos geoquímicos.....	51
4.5.1 Datos de sedimentos de fondo	51
4.5.2 Datos hidrogeoquímicos	61
4.6 Mapas de anomalías geoquímicas por elementos	63
4.7 Mapa de zonas potenciales de mineralización	69
Capítulo V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	73
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
CONCLUSIONES.....	75
En este trabajo de titulación llego a las siguientes conclusiones	75
RECOMENDACIONES	77
REFERENCIAS.....	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de Ubicación Política de la cuenca de estudio	5
Figura 2. Variaciones del clima dentro de la cuenca de estudio.	6
Figura 3. Neblina en la zona media de la cuenca del río Pijilí	7
Figura 4. Esquema geotectónico del Ecuador. Segura y Turner, (2018).....	11
Figura 5. Esquema Geodinámico del margen del Pacífico Este a nivel de América central y Sur (Gutscher et al., 1999).	12
Figura 6. Configuración Geológica del Ecuador, simplificación batimétrica y anomalías magnéticas de la Placa de Nazca. Modificado por Spikings et al. (2001), Lonsdale (2005) en Vallejo, C, 2009.....	14
Figura 7. Mapa Geológico Parroquia El Carmen De Pijilí, tomado (INIGEMM, 2017).....	17
Figura 8. Afloramiento diaclasado de composición andesítica, sector Rosa de Oro. Tomado de Núñez Villarroel (2018)	18
Figura 9. Tabla de atributos de longitudes de ríos	25
Figura 10. A: Medición de pH B: Embotellado C: Acidificación	30
Figura 11. Descripción de punto de muestreo y recolección de muestra ms-1 de sedimentos del fondo.....	31
Figura 12. Punto de muestreo mc-1 de concentrados pesados	32
Figura 13. A: Tamizado y separación de partículas de gran tamaño B: bateo de material arenoso	33
Figura 14. Límites de detección de los elementos químicos analizados mediante ICP-MS	33
Figura 15. A: Uso de imán para separación por fracciones magnéticas Laboratorio Rufilli (Facultad de Ciencias Matemáticas, UG) B: Identificación de minerales bajo lupa binocular Laboratorio de Petrografía (Facultad de Ciencias Naturales, UG)	35
Figura 16. Base de vidrio utilizada para la separación de los granos e identificación mineral bajo lupa binocular.....	35
Figura 17. Minerales observados bajo lupa binocular. A: Minerales magnéticos B: Minerales no magnéticos	36
Figura 18. Diagrama de cajas del elemento oro, la flecha indica valor atípico en muestra ms-4 de sedimentos del fondo	37
Figura 19. Rutas de acceso a puntos de muestreo dentro de la cuenca del río	

Pijilí	42
Figura 20. Mapa de Pendientes según clasificación PRAT (Programa de Regularización de y Administración de Tierras Rurales 2008 – Metodología de Valoración de Tierras Rurales.....	43
Figura 21. Mapa de órdenes de los ríos en la cuenca del río Pijilí.....	45
Figura 22. Perfil longitudinal del río Pijilí con variables Altitud y Longitud.....	46
Figura 23. Mapa de muestreos: sedimentos del fondo, hidrogeoquímica y concentrados pesados.....	46
Figura 25. Minerales diamagnéticos muestra mc-2 A: Cuarzo, B: Olivino, C: Zircón, D: Hematita, E: Calcopirita, F: Cuarzo Dodecaédrico, G: Bornita	47
Figura 26. Minerales paramagnéticos muestra mc-4. A: Augita, B: Muscovita, C: Casiterita.....	48
Figura 27. Minerales magnéticos muestra mc-5. A: Magnetita, B: Ilmenitas.....	48
Figura 28. Minerales no magnéticos vistos bajo lupa binocular. A: Micas B: Circón C: Titanitas.....	49
Figura 29. Conjunto de muestras de minerales no magnéticos observados bajo lupa binocular. A-B misma muestra, pero observada con diferente objetivo o lente.....	50
Figura 30. Partícula de oro encontrada en muestra mc-1 de concentrados pesados	50
Figura 31. Gráfico de normalidad del elemento oro	52
Figura 32. Gráfica de corrección logarítmica para el elemento oro.....	52
Figura 33. Histograma para el elemento oro.....	53
Figura 34. Diagrama de cajas para el elemento cobre.....	53
Figura 35. Gráfico de probabilidad para el elemento cobre	54
Figura 36. Histograma para el elemento cobre	54
Figura 37. Gráfico que indica la dispersión de elementos según la litología.....	60
Figura 38. Mapa de resultados de pH en puntos de muestreo hidrogeoquímico de la cuenca del río Pijilí	62
Figura 39. Mapa de contenidos anómalos para oro (cuenca río Pijilí)	64
Figura 40. Mapa de contenidos anómalos para plata (cuenca río Pijilí).....	65
Figura 41. Mapa de contenidos anómalos para cobre (cuenca río Pijilí).....	67
Figura 42. Mapa de contenidos anómalos para molibdeno (cuenca río Pijilí).....	68
Figura 43. Mapa de contenidos anómalos para plomo (cuenca río Pijilí).....	70

Figura 44. Mapa de contenidos anómalos para zinc (cuenca río Pijilí)	71
Figura 45. Mapa de zonas potenciales de mineralización dentro de la cuenca del río Pijilí	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas UTM del perímetro de la Cuenca.....	4
Tabla 2. Tipo de cuenca según su superficie Jiménez, M (1986), citado por Reyes et al., 2014.....	24
Tabla 3. Valores de factor de forma de una cuenca (Horton, 1932).....	25
Tabla 4. Coeficiente de Gravelius Gaspari et al. (2012).....	26
Tabla 5. Pendiente media del cauce (Baldeón, 2016).....	27
Tabla 6. Pendiente media de la cuenca (Alcántara, 2008).....	28
Tabla 7. Densidad de drenaje, según Horton (1945), Strahler (1957) y Franca (1968), citado por (Cerignoni & Rodrigues, 2015).....	29
Tabla 8. Asociaciones de elementos y exploradores útiles en la identificación de yacimientos minerales. Traducido de Rose, Hawkes & Webb, (1979).....	40
Tabla 9. Total de órdenes y su porcentaje correspondiente.....	44
Tabla 10. Parámetros Morfométricos de la cuenca del río Pijilí.	47
Tabla 11. Clasificación del tamaño de grano según Wentworth, 1992.....	46
Tabla 12. Contenido promedio de minerales presentes en cada muestra	46
Tabla 13. Estadística descriptiva para el elemento oro.....	51
Tabla 14. Estadística descriptiva para el elemento cobre	55
Tabla 15. Resumen de parámetros estadísticos	56
Tabla 16. Correlación de Pearson para 20 elementos	59
Tabla 17. Comparación de resultados de muestreos hidrogeoquímicos y contenidos promedio de elementos traza en ppm (Rose, A. et al. 1979).....	61

CAPÍTULO I

Introducción

El Ecuador, como país perteneciente a una de las cadenas montañosas más importantes y conocidas por su valor metalogénico, ha sido objeto de estudio para lograr entender su evolución tectónica y a su vez en qué ha influido dicho proceso en la generación de zonas mineralizadas.

Este no es conocido como un país minero, pero desde que se conoce su potencial, el conocimiento prospectivo y las exploraciones que se realizan teniendo en cuenta factores geológicos y geoquímicos, han aumentado considerablemente, tanto en estudios a nivel regional como detallados.

La exploración geoquímica es una de las ramas de las ciencias geológicas más importantes dentro de la búsqueda de depósitos minerales a través del reconocimiento de patrones geoquímicos que permiten definir y delimitar anomalías geoquímicas respecto a valores de fondo regionales (Hawkes y Webb 1962.; Viladevall, 2008). Para definir el tipo de anomalías se requiere un muestreo del material a estudiar, sean de suelo, aguas, sedimentos del fondo u otros medios, cuyos resultados de laboratorio permitirán determinar la presencia y potencialidad de una mineralización.

La capacidad migratoria de los elementos químicos ya sea en forma de fragmentos de rocas, gases, partículas coloidales, iones o moléculas, dependerá de las propiedades de estos, tales como el radio iónico, solubilidad, valencia, etc, y de factores externos como la temperatura, el potencial de oxidación-reducción (Eh), el potencial de acidez-alcalinidad (pH) y otros.

Los estudios que se realizan en las primeras etapas (trabajos regionales) son los de hidrogeoquímica y de sedimentos del fondo (de corriente o activos), estos permiten obtener información de dichos materiales geológicos, formados a causa de la meteorización, transporte y sedimentación de afloramientos de origen primario, que pueden dar información valiosa acerca de la presencia, procedencia y tipo de mineralización.

La zona de los trabajos, ubicada en la Parroquia El Carmen de Pijilí, del Cantón Camilo Ponce Enríquez, es aledaña a zonas con mineralización en brechas controladas por estructuras de carácter regional, por lo que se justifica una investigación que permita establecer el probable potencial de las mismas.

Como antecedentes a este tipo de trabajos se debe mencionar que gran parte de la investigación geológica realizada en el Ecuador ha sido para conocer su dinámica y evolución; los estudios desempeñados en la Cordillera Occidental han aportado con mayor claridad un conocimiento geológico a escala regional.

Durante la década de los 90 la British Geological Survey (BGS) y CODIGEM (Corporación de Desarrollo e Investigación Geológico-Minero-Metalúrgico) publicaron estudios geológicos, geoquímicos y geofísicos de la Cordillera Occidental. Los resultados arrojaron 5 mapas geológicos, muestras de sedimentos fluviales analizados para 38 elementos, además se identificaron los diferentes tipos de depósitos que se encuentran a lo largo de la cordillera.

El Proyecto de Desarrollo Minero y su Control Ambiental (PRODEMINCA) caracterizó al Campo Mineral Ponce Enríquez como sistemas epi- mesotermales y porfídicos de Cu-Au y Mo, los cuales se han desarrollado dentro de rocas volcánicas, en brechas, vetas y "stockworks". Además, indica que El Carmen de Pijilí se encuentra constituido por extensas zonas de rocas intrusivas (dioritas y granodioritas) quienes pertenecen a la extensión hacia el sur, del Batolito de Chaucha.

Estudios geoquímicos en sedimentos fluviales (Williams et al., 2000) determinaron que en El Carmen de Pijilí, ubicado al sur del batolito antes mencionado, existe la presencia de zonas anómalas, que pudieran responder a mineralización en áreas aledañas, presente en brechas controladas por estructuras de carácter regional, o de algún otro carácter. El presente trabajo permitió realizar el reconocimiento geoquímico en el área específica de la cuenca del río Pijilí, para la complementación y ampliación de los estudios para identificar nuevas zonas potenciales.

Planteamiento del problema

A pesar de que en las cercanías de la zona de estudio se han realizado investigaciones con el fin de determinar el potencial de minerales útiles, gran parte de las áreas aún siguen inexploradas, con escaso nivel de información. Específicamente la zona de los trabajos tiene algunos antecedentes de explotación minera, sin embargo, no abarcan todo el espacio y presentan vacíos de información, lo que amerita realizar estudios para determinar nuevas zonas con potencial, que pudieran constituir depósitos con valor económico.

Justificación

En la actualidad la búsqueda de materias primas mineras está en auge en toda nación, ya que es un ingreso económico para el desarrollo de un país, lo que requiere de estudios geológicos, geoquímicos y geofísicos que aporten información acerca de la potencialidad de determinadas áreas. La zona de los trabajos es aledaña a zonas donde ya se ha detectado mineralización metálica, por lo que se justifica una investigación que permita establecer el probable potencial de las mismas. El reconocimiento geoquímico será un aporte al conocimiento de la zona como probable prospecto.

Objetivos

Objetivo general

Realizar el reconocimiento geoquímico para determinar áreas potenciales de mineralización en la cuenca del río Pijilí.

Objetivos específicos

- Establecer la presencia de elementos químicos con potencial de mineralización y sus características geoquímicas principales, en aguas superficiales, sedimentos del fondo y en concentrados pesados.
- Generar los mapas de anomalías geoquímicas a escalas 1:75 000.
- Determinación de zonas potenciales favorables para mineralización.

1.1 Ubicación del área de estudio

La zona de estudio está localizada en la parte suroeste del Ecuador, en la provincia del Azuay, perteneciente al cantón Camilo Ponce Enríquez, parroquia El Carmen de Pijilí. Limita al Norte con la parroquia Molleturo, noreste con la parroquia Chaucha, sureste con la parroquia Shagli, suroeste con Pucará, y oeste con la Provincia del Guayas.

La nombrada parroquia está ubicada en las estribaciones de la Cordillera Occidental, exactamente dentro de la Cordillera Mollepongo, en la parte noreste de la cabecera cantonal del cantón Camilo Ponce Enríquez (*Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial El Carmen de Pijilí”- Camilo Ponce Enríquez - Azuay - Ecuador, 2015*). El polígono del área de estudio posee una superficie de 62.40 km², delimitada por las siguientes coordenadas (Ver tabla 1 y Fig. 1).

Tabla 1. Coordenadas UTM del perímetro de la Cuenca.

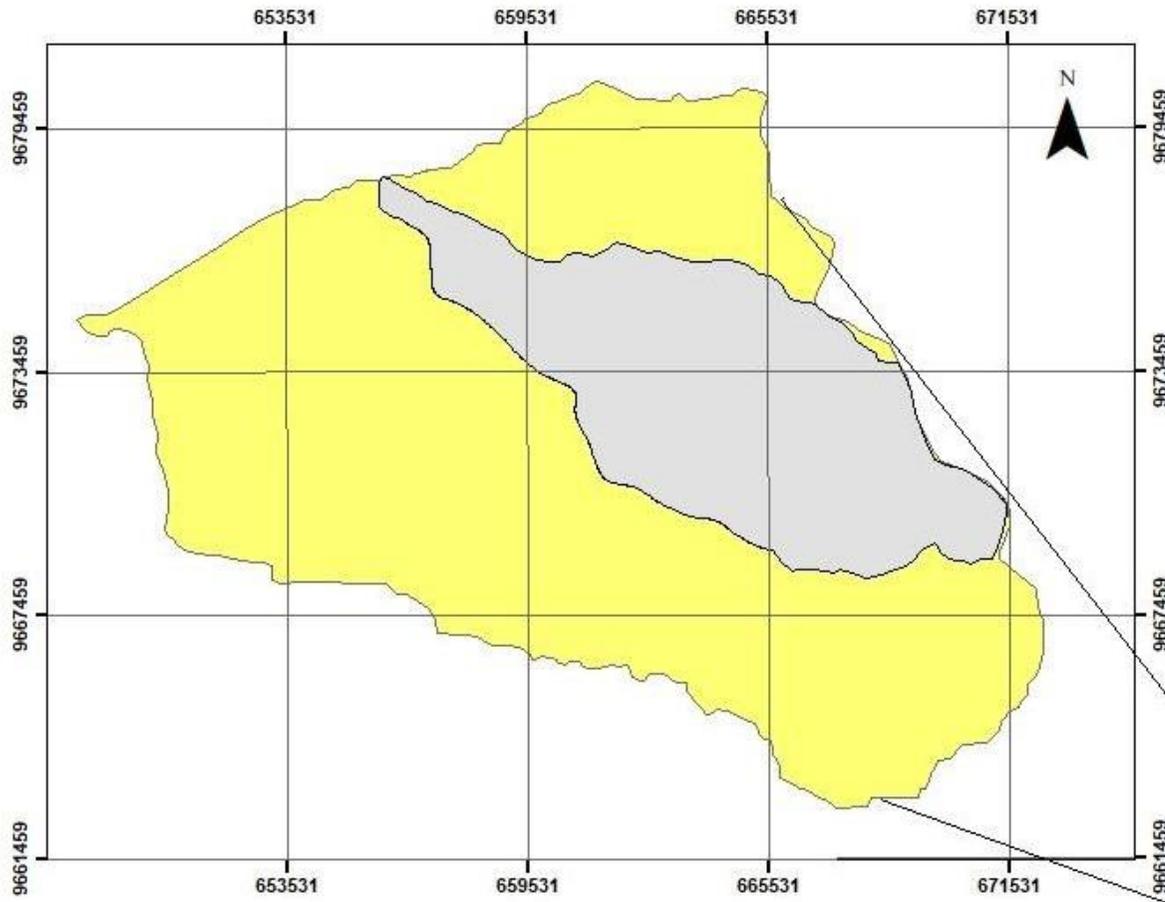
Coordenadas UTM		
Vértice	Datum: WGS 84, Zona 17 S	
	E	N
PP	655909	9678263
P1	657854	9677353
P2	657074	9676639
P3	659754	9676210
P4	658970	9674238
P5	660553	9673102
P6	661863	9676596
P7	671329	9669361
P8	669693	9669208
P9	669445	9671850
P10	666028	9668614
P11	663522	9669910
P12	667062	9675098
P13	664801	9676164



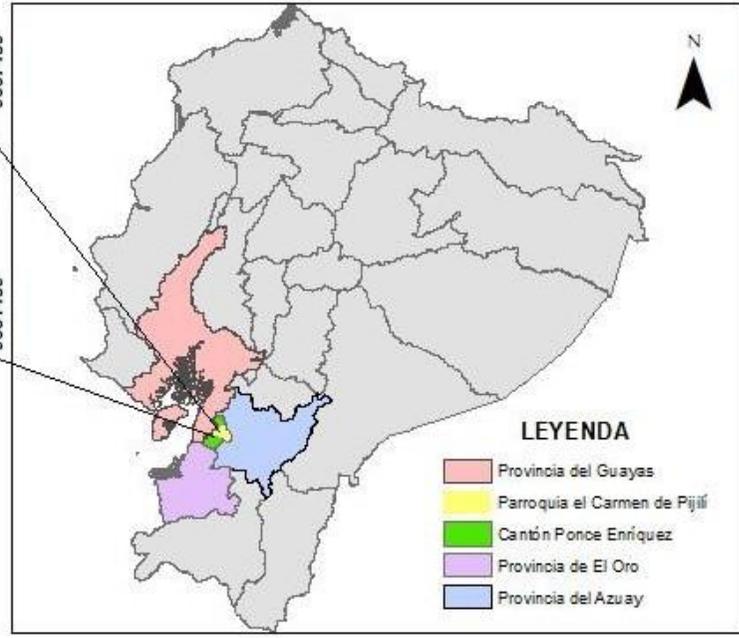
Universidad de Guayaquil
Facultad de Ciencias Naturales
Carrera de Ingeniería Geológica



RECONOCIMIENTO GEOQUÍMICO PARA LA DETERMINACIÓN DE ÁREAS POTENCIALES DE MINERALIZACIÓN EN LA CUENCA DEL RÍO PIJILÍ, PARROQUIA EL CARMEN DE PIJILÍ, CANTÓN CAMILO PONCE ENRÍQUEZ.

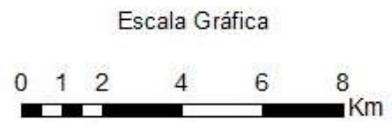


UBICACIÓN POLÍTICA



LEYENDA

- Ríos
- Cuenca de estudio
- Parroquia el Carmen de Pijilí



Sistema de coordenadas WGS 84 UTM - Zona 17 S

Elaborado por Oyague, E (2021)

Figura 1. Mapa de Ubicación Política de la cuenca de estudio

1.2 Acceso

Desde la ciudad de Guayaquil el tiempo estimado para llegar a la zona es de 2 horas 40 minutos, con una distancia de 151.8 km, mediante la ruta Troncal de la Costa / E25 – vía Balao, tomando la ruta San Carlos – La Joya.

Existe la posibilidad de acceder mediante transporte aéreo, hasta el aeropuerto que se encuentra en la ciudad de Santa Rosa, para posteriormente viajar por vía terrestre desde dicha ciudad a San Carlos (Balao) aproximadamente durante 1 hora, para luego tomar ruta hacia El Carmen de Pijilí (Villarreal, 2013).

Para acceder a la zona de estudio se inicia el recorrido desde la parroquia San Carlos ubicada en el límite entre la provincia del Azuay y el Guayas. A partir de este punto se debe llegar a la intersección del río Pijilí con el río Balao, el cual se encuentra a unos 10 km al Este de la parroquia. A partir de dicha intersección río arriba existen aproximadamente 17 km hasta llegar a la Parroquia el Carmen de Pijilí.

1.3 Clima

El clima de la zona es muy cambiante, por lapsos de tiempo la humedad y presencia de neblina es alta llegando a dificultar la visión cercana. Por la altitud de la parroquia existe un cambio en cuanto a la temperatura media anual, que va en un rango de 6 a 8°C en las zonas más altas y en las zonas bajas llega a los 26°C. Las más bajas temperaturas oscilan entre 8°C y 16°C (Ver figura 2)



Figura 2. Variaciones del clima dentro de la cuenca de estudio.

Entre diciembre y mayo se presenta alta humedad relativa y durante los meses restantes valores bajos. El periodo alto coincide con el tiempo de lluvias en la zona litoral costera, donde el aire húmedo que se crea en el Océano Pacífico se eleva hacia las zonas altas a través del valle y llega a enfriarse, creando una humedad que llega al 100%, dando como resultado la aparición de neblina (Ver figura 3).



Figura 3. Neblina en la zona media de la cuenca del río Pijilí

1.4 Relieve

El punto más bajo en el territorio oscila alrededor de los 108 metros y en la parte alta hasta unos 3672 metros sobre el nivel del mar. No hay presencia de mesetas ni altiplanos a pesar del relieve montañoso del cual son característicos. En las planicies de las partes más bajas del territorio las pendientes van desde 0 a 5% aproximadamente y llegan hasta pendientes superiores al 50% en los relieves montañosos, con presencia de grandes escarpes.

La altitud de la superficie de estudio se encuentra entre los 100 msnm en las zonas bajas de la cuenca, hasta los 3680 msnm en la parte más alta. Hacia el oeste las cotas van desde los 1100 -1400 msnm, con relieves de formas onduladas. En la parte central existen relieves colinados con elevaciones que llegan hasta los 1800

msnm. Hacia el flanco Este las altitudes son mayores llegando a los 2400 msnm con característicos relieves escarpados (MAGAP, 2008).

1.5 Geomorfología

Las principales geoformas presentes son degradacionales hacia la parte Este de la cuenca, caracterizadas por un relieve volcánico de montaña, muy escarpado, con zonas de difícil acceso, con pendientes de 44,61 a 67%; relieve volcánico con pendientes de 14-25%; relieve volcánico colinado alto con pendientes de 25- 67% y relieve colinado con pendientes de 7 a 14%.

También se pueden encontrar vertientes abruptas con pendientes entre 25-60%, terrazas bajas con pendientes entre 6- 12% y vertientes irregulares con pendientes que llegan hasta 14%. Este tipo de geoformas son agradacionales.

1.6 Hidrografía

La parroquia se encuentra constituida de dos cuencas hidrológicas una de ellas es la cuenca del río Balao y la otra la cuenca del río Gala.

Cuenca del río Balao

Según sus cotas respecto al nivel del mar se divide en tres zonas: alta, media y baja:

Zona alta: le corresponden las subcuencas del río Florida y el río Agua Rica.

Zona media: la conforma el río Pijilí el cual se formó como resultado de la intersección de los ríos Agua Rica y Florida, su unión se produce en las inmediaciones de la comuna del Carmen de Pijilí.

Zona baja: a esta zona le pertenece el último tramo correspondiente al río Pijilí donde el caudal máximo que llega a dicho punto es de unos 5000 litros/segundo.

Cuenca del río Gala

Se divide en dos zonas: alta y baja, en donde la zona alta formará parte de los límites de territorio de El Carmen de Pijilí.

En la zona alta, situada en alrededor de los 2600 m se encuentran las

comunidades Lagunas, Mangán, Pijilí Chico, Campanas y Palmas. Dentro de la comunidad de Lagunas existen dos lagunas, las cuales son fuente de agua potable para la zona (*Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial el Carmen de Pijilí* - Camilo Ponce Enríquez - Azuay - Ecuador, 2015).

1.7 Actividad económica del sector

La ganadería y agricultura son la principal fuente de ingresos en este sector y la producción está influida por la elevada topografía del medio. Actualmente las fuentes de trabajo también se encuentran inmersas en las actividades mineras; un dato importante es que la comunidad de dicha parroquia impidió la entrada de maquinaria que utiliza cianuro para recuperar la mayor cantidad de oro posible, ya que este tipo de labores son la principal fuente de contaminantes de los ríos. La actividad minera sólo es de tipo extractiva, donde el material recolectado es llevado en volquetas hasta los diferentes puntos de procesamiento ubicados en La López, perteneciente al cantón Camilo Ponce Enríquez y en el Pache ubicado en Portovelo (*Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial el Carmen de Pijilí* - Camilo Ponce Enríquez - Azuay - Ecuador, 2015).

1.8 Antecedentes del área de estudio

En la década del 70 la Misión Británica y la Dirección General de Geología y Minas (DGGM) diseñaron tanto las hojas geológicas de Tenguel y de la ciudad de Cuenca a una escala 1:100 000 (Baldock, J.W. 1982); la Cordillera Occidental se la considera de edad cretácica, y conformada por un arco volcánico denominado Formación Macuchi.

También se describieron los diferentes distritos mineros de la República del Ecuador, en los cuales se muestra la gran cantidad de depósitos minerales de toda la Cordillera Occidental.

PRODEMINCA (2000) caracteriza al Campo Mineral Camilo Ponce Enríquez como sistemas de tipo epi-mesotermal y porfídico, tanto de Cu-Au como de Mo los cuales se han formado dentro de rocas volcánicas, en estructuras vetiformes, brechas y "stockworks". Además, indica que la parroquia El Carmen de Pijilí se encuentra constituida por una superficie muy amplia de rocas intrusivas (granodioritas y dioritas) pertenecientes al Batolito de Chaucha, ubicadas en la zona sur de éste.

Estudios de geoquímica de sedimentos fluviales indicaron que los basaltos de la Unidad Pallatanga se encuentran enriquecidos de Cr, Co, Ca, Cu, Mg y Ni donde los valores de fondo de Ba y Ca son bajos. Riolitas y Dacitas pertenecientes al grupo Saraguro con contenidos de Cu, Cr, Co y Ni (Williams et al., 2000) indicando que en el sector de El Carmen de Pijilí (Río Pijilí) con valores de oro de 4989 ppb demostrando una mineralización estructuralmente controlada por vetas. Las Dioritas de la Quebrada el Llanto con una presencia de oro de 2524 ppb y una asociación de elementos siendo Cu, Pb, Zn, Cd, Bi, As, Sb y una mineralización presente en zona de brechas (Williams et al., 2000). Se determinaron zonas con anomalías considerables, que se ubican al sur del Batolito de Chaucha donde la mineralización está en zonas brechosas, controladas por estructuras de carácter regional.

En la década del 90 la British Geological Survey (BGS) y la Corporación de Desarrollo e Investigación Geológico-Minero-Metalúrgica (CODIGEM) como parte del Proyecto de Desarrollo Minero y su Control Ambiental (PRODEMINCA), generaron información geológica, geoquímica y geofísica de la Cordillera Occidental, desde la frontera con Colombia hasta Zaruma-Portovelo. Los resultados incluyeron 5 mapas geológicos, 15700 muestras de sedimentos fluviales analizados para 38 elementos químicos, e información magnetométrica. Adicionalmente se elaboraron 5 tomos de la Evaluación de Distritos Mineros del Ecuador, donde se identifican los diferentes tipos de depósitos presentes a lo largo de la Cordillera nombrando a las rocas del sector como Volcánicos Rosa de Oro (MRO) constituida por lavas intermedias a básicas de textura porfirítica (INIGEMM, 2017).

CAPÍTULO II. MARCO GEOLÓGICO

2.1 Geotectónica y Geodinámica Regional

El Ecuador posee una evolución geotectónica que se ha visto influenciada por subducción de placas (placa Nazca subduciéndose hacia el Este por debajo de la placa sudamericana) dando como resultado volcanes de margen continental pertenecientes al periodo Neógeno, presentes sobre terrenos de acreción, según Litherland, et al. (1994), (Ver figura 4).

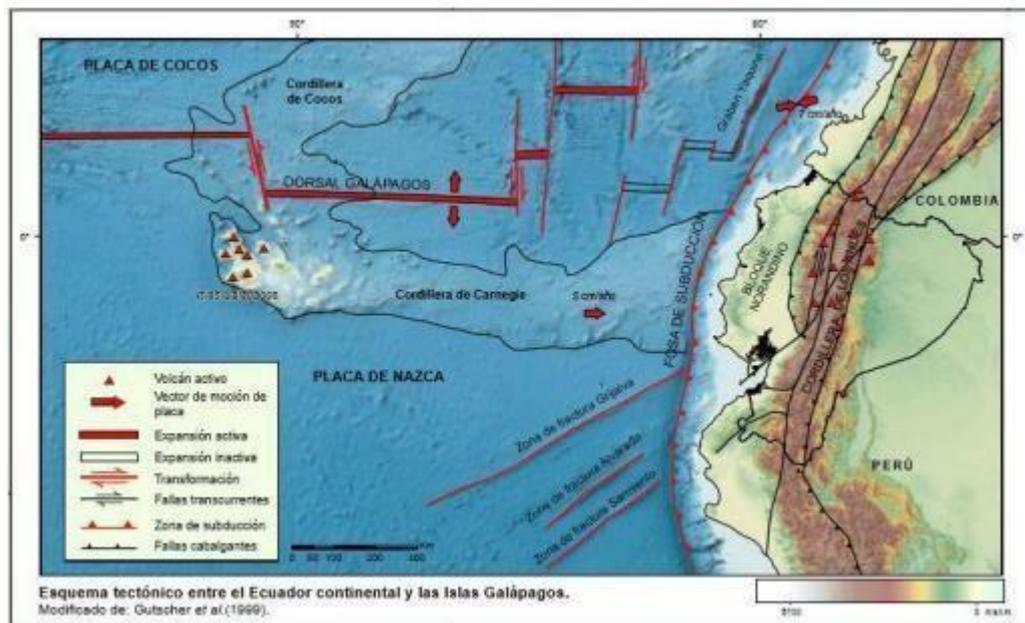


Figura 4. Esquema geotectónico del Ecuador. Segura y Turner, (2018)

Su evolución geológica se ha visto influenciada por la dinámica natural de las Placas Caribe, Nazca, Cocos y Sudamericana. En el flanco oeste del continente sudamericano se encuentra la placa Nazca subyacente al Océano Pacífico, la cual recibe su nombre por la muy conocida región de Nazca presente en el sur de Perú, formándose debido a la fragmentación de la placa Farallón, dando como resultado dos placas: Cocos y Nazca (Lonsdale, 1978).

Según (Lonsdale & Klitgort, 1978) la placa Nazca, al sur, tiene una edad mayoría 27 Ma y hacia la parte norte una edad menor a 20-22 Ma (Lonsdale, 1978) producto de la Zona de Fractura Grijalva, la cual por su interacción separa cortezas de diferentes edades.

Además, se encuentra influenciada por la Cordillera de Carnegie, producto de un punto de aporte magmático constante (punto caliente) presente en las Islas Galápagos y la dorsal Cocos-Nazca, dando lugar a procesos que depositan material de origen volcánico sobre la placa Nazca (Lonslade, 1978; Collot et al., 2002).

A una velocidad de 78 mm por año la placa Nazca se subduce hacia el Este/Noreste por debajo del Golfo de Guayaquil, ocurriendo al Sur de la Zona de Falla Grijalva (ZFG) (Penington, 1981; Gutscher et al., 1999, Collot et al., 2002); hacia el norte de la ZFG, donde ocurre la fosa entre la placa Nazca, de tipo oceánico y la Sudamericana, de tipo continental, la velocidad con que convergen es de 57 mm/año (Trenkamp et al., 2002). La Cordillera de Carnegie, que se encuentra casi de manera perpendicular a la costa de Ecuador con una orientación Este-Oeste es la facción más visible sobre dicho tramo de placa, llegando a subducirse entre la latitud 1° N y 2°S. (Ver figura 5).

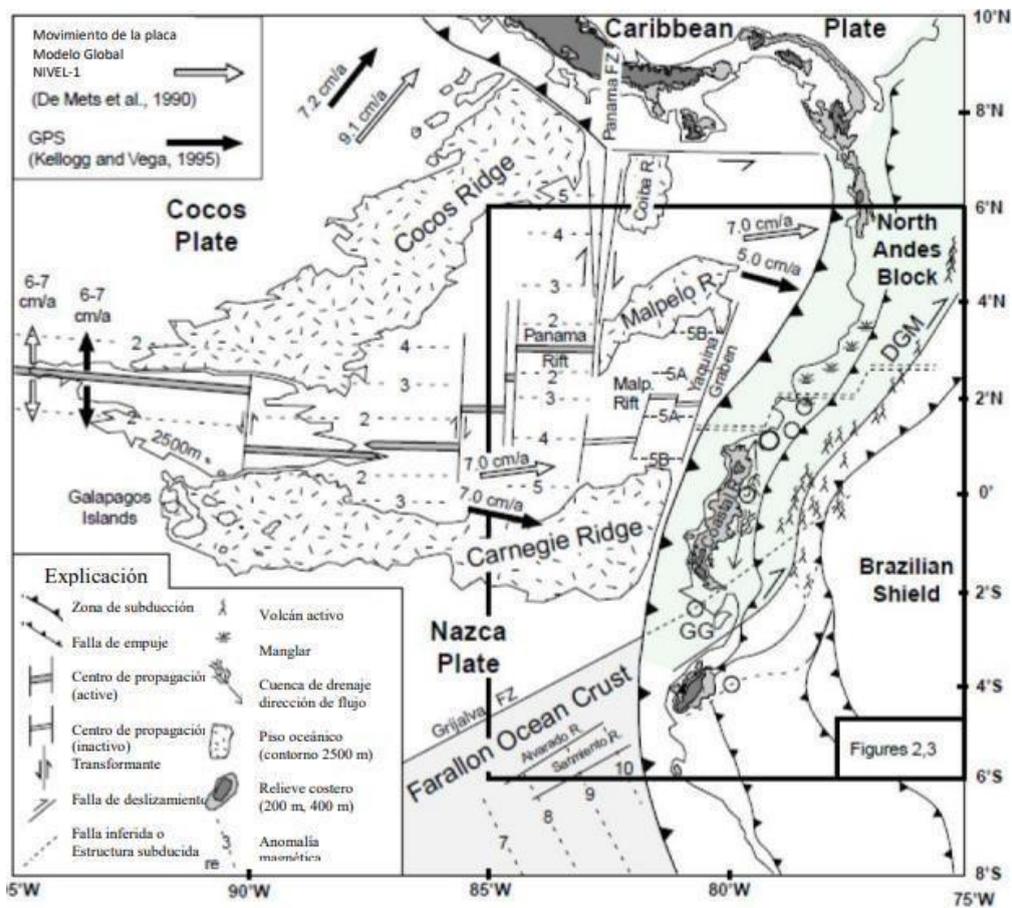


Figura 5. Esquema Geodinámico del margen del Pacífico Este a nivel de América central y Sur (Gutscher et al., 1999).

2.2 Origen y evolución de la Cordillera Occidental

Durante el Cretácico tardío y el Terciario Temprano, bloques alóctonos que componen la Cordillera Occidental del Ecuador acrecieron hacia el margen Sudamericano. Cada uno de los bloques, con basamento de composición máfica presentan subyacentes a ellos rocas sedimentarias, con edades que varían entre el Cretácico y el Terciario. Con un rumbo de N-S las fallas han sufrido desplazamientos transcurrentes, dando como resultado una compleja yuxtaposición de unidades tectono-estratigráficas (Richard spiking et al., S.F.; Winkler et al., S.F.; Vallejo et al. 2005).

La Cordillera Occidental, hacia el norte de la falla Jubones, se encuentra constituida por 2 terrenos nombrados Macuchi y Pallatanga (Hughes & Pilatasig, 2002).

El bloque Pallatanga aflora a lo largo de la Cordillera Occidental en su borde oriental y se encuentra dividido del bloque continental por la zona de sutura Calacalí-Pujilí-Pallatanga, que es una extensión de la Falla Cauca Patía, la cual posee fragmentos de una placa oceánica del Cretácico Tardío (Hughes y Bermúdez, 1997; Litherland y Aspden, 1992).

Con respecto al origen, hace 60-80 Ma sucedió un primer evento entre el bloque Pallatanga y el margen continental, resultando en el plateau oceánico y peridotitas de basamento basáltico (Spikings et al., 2005); estos autores nombran dos eventos de acreción correspondientes al bloque Pallatanga, el terreno Guaranda acrecionado durante el Maastrichtiano (65-68 Ma) y el terreno San Juan, cuya acreción corresponde a los periodos Santoniano temprano y Campaniano (80-85 Ma).

No obstante, análisis de geoquímica indicaron resultados de composición E-MORB, indicando que la Formación Pallatanga se originó a partir de una pluma que provino del manto, pudiendo estar relacionada con el punto caliente Galápagos (Hughes y Pilatasig, 2002; Kerr et al, 2002a; Mamberti et al., 2003). Kerr et al., 2002, sugieren que las rocas podrían estar relacionadas de manera genética con la meseta oceánica del Caribe.

El segundo evento es producto de una colisión entre el arco Macuchi y el bloque Pallatanga con un sentido dextral, dando como resultado la zona de cizalla Chimbo-Toachi hace aproximadamente 40 Ma (Spikings et al, 2005). La Unidad Macuchi posee una estratigrafía de rocas tanto volcánicas como sedimentarias, originadas y depositadas en arco de islas intraoceánico (Egüez, et al, 1986; Boland et al, 2000), superponiéndose a rocas de meseta oceánica o de afinidad MORB (Chiaradia y Fontbotè, 2001). Las rocas de la Unidad Macuchi pertenecen a un ambiente intraoceánico de arco de islas (Megard et al, 1987), (ver figura 6).

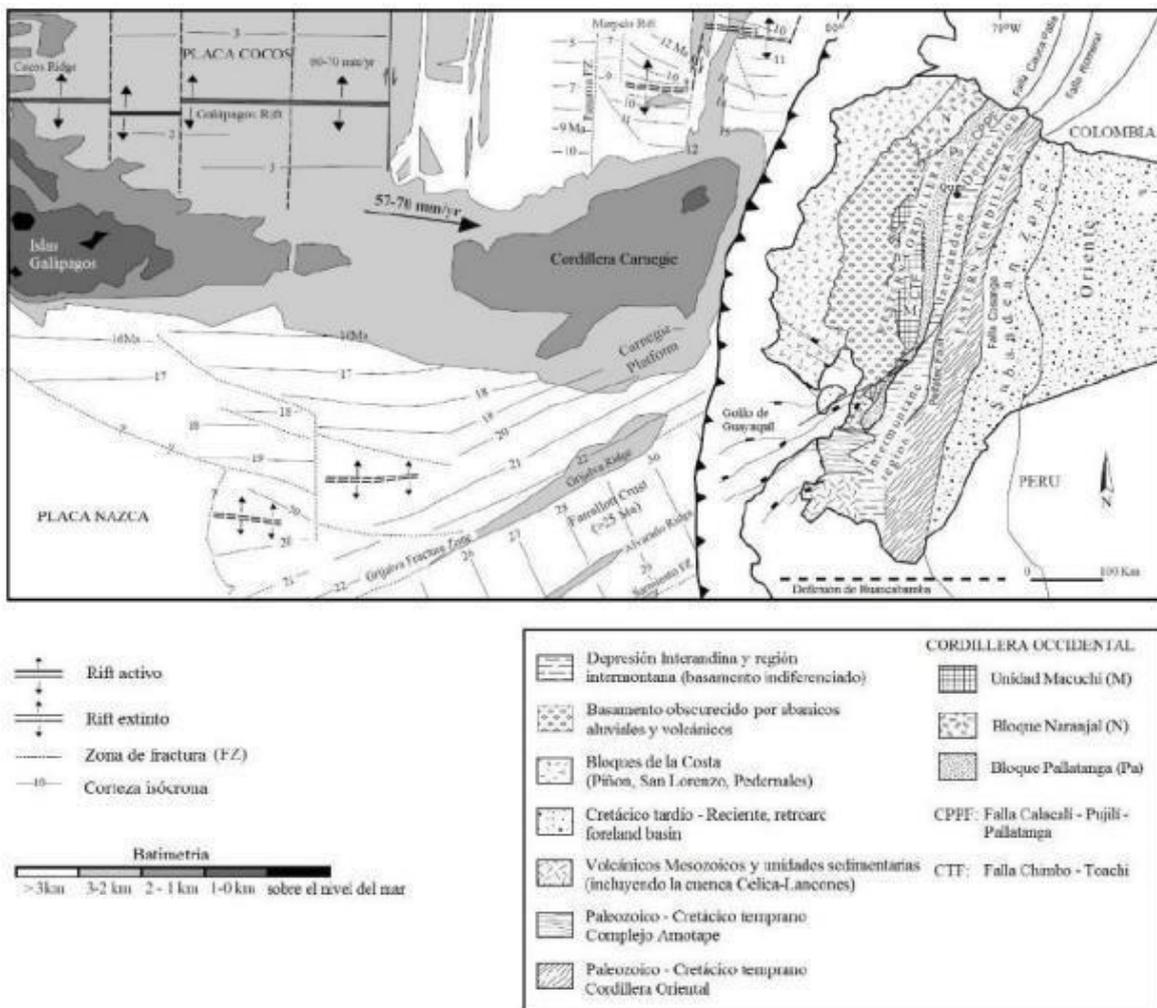


Figura 6. Configuración Geológica del Ecuador, simplificación batimétrica y anomalías magnéticas de la Placa de Nazca. Modificado por Spikings et al. (2001), Lonsdale (2005) en Vallejo, C, 2009.

El origen de la Unidad Macuchi se sigue cuestionando debido a que el bloque Piñón que se encuentra de manera adyacente acrecionó hacia el continente sudamericano durante el Cretácico superior (Luzieux et al., 2006).

2.3 Estratigrafía Regional

Grupo Saraguro (E-Ms)

Está conformado por secuencias de rocas volcánicas intermedias a ácidas, subaéreas, calco-alcalinas, con edad Eoceno Medio Tardío a Mioceno Temprano (Dunkley y Gaibor, 1997). Este grupo hace contacto de manera discordante con la Unidad Pallatanga y con rocas metamórficas.

Abundan rocas de composición andesítica, aunque comúnmente se pueden encontrar afloradas riolitas. Este grupo ha sido alterado, dando lugar a metamorfismo producto de su contacto con el batolito de Chaucha.

Unidad Pallatanga (KPa)

Compuesta de rocas máficas y ultramáficas con secuencias de lavas almohadilladas, pillow lavas y doleritas, las cuales probablemente formaron parte del Plateau Oceánico del Caribe (Spikings et al., 2001; Kerr et al., 2002). Hacia el Este hace contacto con rocas de origen metamórfico en toda la longitud de la Falla Bulubulu y al oeste con el Grupo Angamarca y la Unidad Yunguilla por toda la longitud de la Falla Multitud.

Rocas intrusivas

El Batolito de Chaucha aflora en Chaucha, Naranjal y El Carmen de Pijilí, y está compuesto de granodioritas y tonalitas con presencia de biotita-hornblenda. Dioritas con hornblenda de grano medio a grueso se presentan de manera lineal al SE de las granodioritas, aflorando en Molleturo y extendiéndose hasta el río Patul.

Entre el contacto de la Unidad Pallatanga y las rocas metamórficas existen intrusiones de rocas granodioríticas con biotita-hornblenda (PRODEMINCA, 2000).

Granodiorita (GGd)

En un principio se cartografió añadida al Batolito de Chaucha por Pratt y otros (1997). Afloran por todas las estribaciones de la Cordillera Occidental. En los pueblos y parroquia Naranjal, Santa Cruz, El Carmen de Pijilí y Paguancay se encuentran los principales afloramientos. Estas intruyen a las unidades del

basamento oceánico y secuencias de origen turbidítico eocénicas, dando como resultado metamorfismo de contacto (INIGEMM, 2017).

Diorita (DD)

Afloran al oeste de El Carmen de Pijilí y sectores de Rosa de Oro como pequeños cuerpos, con textura holocristalina (más del 90% de la roca conformada por cristales), leve silicificación y con presencia de clorita. Intruye a la Unidad Pallatanga y a las granodioritas (INIGEMM, 2017). (Ver figura 7).

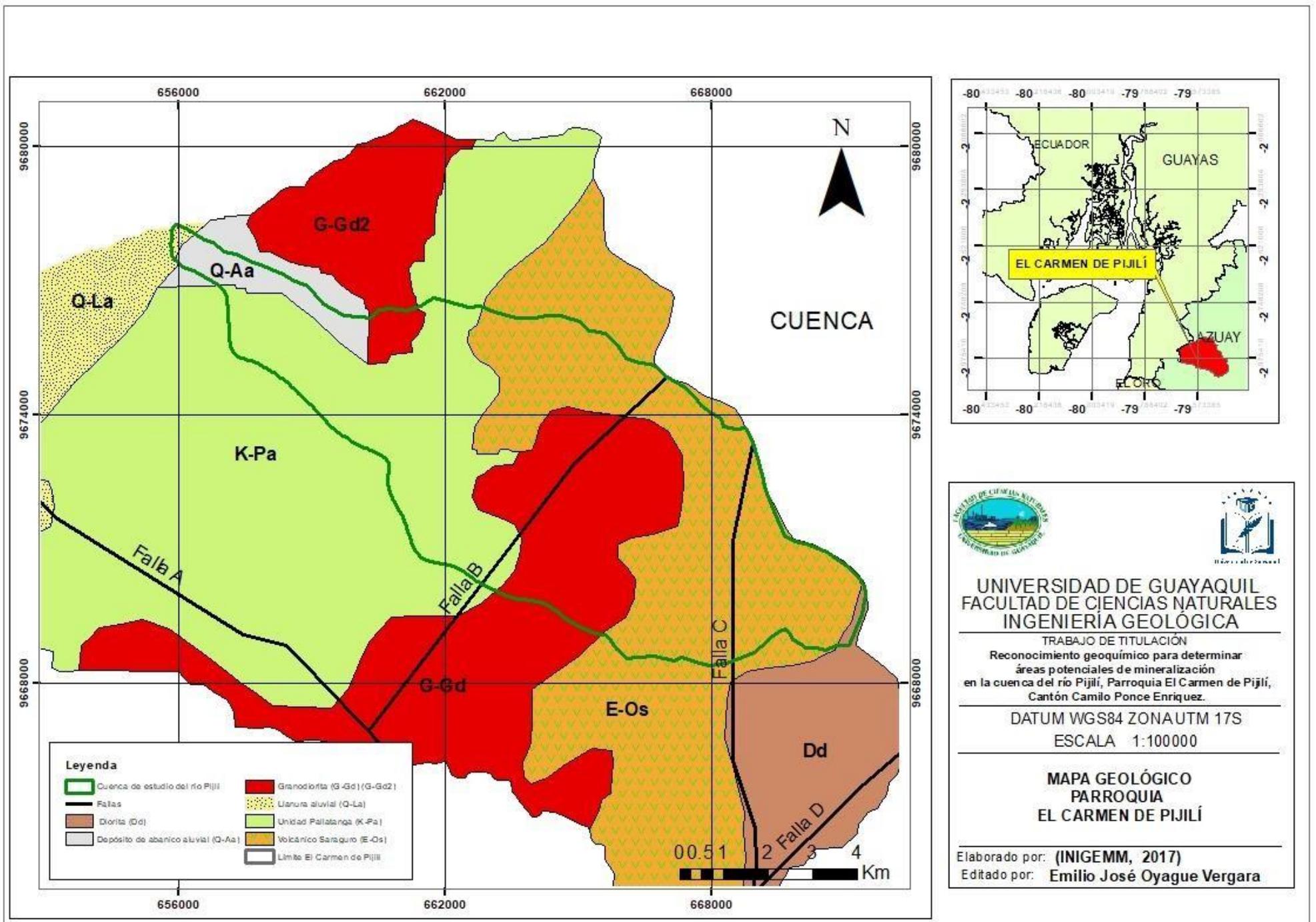


Figura 7. Mapa Geológico Parroquia El Carmen De Pijilí, tomado (INIGEMM, 2017).

2.4 Geología Estructural

Las estructuras regionales tienden a estar direccionadas de NE-SO a NNE-SSO hacia el norte; los lineamientos hacia la parte sur son de dirección NO-SE. Al sureste se encuentra una de las principales fallas, la Bulubulu, con sentido NE-SO. Marca el contacto entre rocas basálticas de origen oceánico de la Unidad Pallatanga y el basamento metamórfico (McCourt et al., 1997; BGS- CODGEM, 1998a).

Hacia el sur de la zona de estudio la presencia de la falla Río Chico tiene tendencia E-O y afecta a la Unidad Pallatanga y a las rocas intrusivas cercanas, lo cual se puede identificar debido al alto fracturamiento que existe en la zona (INIGEMM, 2017).

2.4.1 Diaclasas

Se observan en la figura 8 principalmente en rocas de origen volcánico (andesitas y andesitas piroxénicas). La gran mayoría son de origen tectónico afectadas por esfuerzos relacionados con lineamientos locales. Principalmente presentan 2 familias, una en dirección N-S y otra en dirección E-W (Núñez Villarroel, 2018).



Figura 8. Afloramiento diaclasado de composición andesítica, sector Rosa de Oro. Tomado de Núñez Villarroel (2018)

2.4.2 Fallas

La falla regional Bulubulu afecta principalmente a las rocas de origen oceánico de la Unidad Pallatanga y a la cobertura volcánica presente al sureste del sector de Naranjos. En campo se identificó una falla ubicada en el río El Chorro afectando a granodioritas y tobas. Presentan un rumbo N-S con una longitud de 2600 m las cuales observó e interpretó a partir de una fotografía aérea (Núñez Villarroel, 2018).

2.5 Geología Económica

En la zona Oeste de la provincia de Azuay se encuentra el Campo Mineral Ponce Enríquez, ubicado dentro del Subdistrito Machala-Naranjal. En la década de los años 70 se realizaron las primeras exploraciones de carácter sistemático por Copperfields Mining Corporation.

Los estudios estaban direccionados a geoquímica de sedimentos del fondo de los ríos y de suelos. Como resultado fueron señaladas dos zonas con dirección Noroeste, con una superficie de 30 Km², arrojando anomalías de molibdeno, bismuto, cobre, oro y telurio. Se realizaron trabajos topográficos (calicatas) sobre una zona de anomalías de oro llegándose a descubrir una zona con ley media de 2,16 g/t según PRODEMINCA, 2000.

El denominado pórfido cuprífero de Chaucha es el más grande prospecto minero de la región; su mineralización se presenta en el perímetro de las intrusiones más características del batolito, formándose brechas de origen hidrotermal, vetillas y procesos de alteración potásica, fílica, argílica, silícica y propilítica (Williams y otros, 1997).

El Carmen de Pijilí es la zona más importante donde se realizan trabajos de minería artesanal de oro. La mineralización se presenta en vetas polimetálicas de cuarzo en estructuras con una dirección Este-Oeste sobre rocas ígneas (volcánicas) (INIGEMM, 2017).

El mineral sin interés económico o ganga es el cuarzo, posee sulfuros de cobre y óxidos, representando éstos la mena mineral existente en dichas vetas que se encuentran alojadas en las rocas volcánicas (Núñez Villarroel, 2018).

2.6 Relación marco litológico-estructural y la mineralización

El área de estudio está ubicada dentro del Campo Minero Ponce Enríquez, hacia el Occidente del Distrito Minero Azuay. Se encuentran presentes en la zona depósitos de Cu, Au, Mo en pórfidos, brechas, vetas y stockworks epi-mesotermiales, alojados en rocas

volcánicas (PRODEMINCA, 2000).

Según datos recopilados en campo las rocas volcánicas en las cuales se encuentran vetas no poseen mineralización metálica. Existe alteración de dicha roca encajante siendo esta de tipo propilítica, con presencia de clorita y epidota (Núñez Villarroel, 2018).

Au, Ag, Cu y otros minerales base se encuentran presentes únicamente en las vetas y en la periferia del contacto con los cuerpos intrusivos (Núñez Villarroel, 2018), en las cuales de forma macroscópica puede observarse la asociación mineralógica de estas: cuarzo + pirita + calcopirita + esfalerita + covelina + calcosina + malaquita.

Dentro del área de estudio se pueden encontrar extensos afloramientos de intrusivos de composición granodiorítica y diorítica, los cuales no presentan ningún tipo de mineralización metálica.

CAPÍTULO III.

METODOLOGÍA

En este capítulo se dan a conocer la metodología, equipos y materiales utilizados para la realización de este trabajo.

3.1 Materiales y equipos

Utilizados en campo

- Mochila.
- Libreta de campo.
- Bolsas Ziploc.
- Jarra de plástico con medidas (ml).
- Flexómetro.
- Botellas de vidrio (1L).
- Medidor de Ph y TDS.
- Ácido Nítrico.
- Gotero de vidrio.
- Papel filtro.
- Regla.
- Palas para recoger sedimentos.
- Plumas y lápices.
- Botas de caucho.
- Lupa de geólogo.
- Libreta de apuntes.
- Tabla porta papel.
- Linterna.
- Marcadores permanentes.
- Batea metálica.
- Cedazo de plástico.
- Martillo geológico.
- Brújula.
- GPS marca GARMIN.
- Mapa geológico.
- Mapa base de muestreos.

Utilizados en el análisis mineralógico de concentrados pesados

- Lupa binocular.
- Cámara digital (teléfono móvil).
- Punzones para separar muestras (punta de cobre, punta de acero y punta plana).
- Placa de vidrio.
- Hoja milimetrada.
- Porta muestras redondo.
- Imán con graduación magnética.
- Libreta de apuntes, lápiz, pluma y borrador.
- Mandil.

Utilizados para el procesamiento de los resultados

- Laptop.
- Software de Sistemas de Información geográfica ArcGIS 10.5.
- Microsoft office Excel.
- Microsoft office Word.

3.2 Etapas de trabajo

Recopilación de información bibliográfica

- En esta fase se compiló la información existente de la zona de estudio, relacionada con aspectos de su ubicación, clima, geología, estructuras tectónicas, topografía, geomorfología e hidrografía.
- Se obtuvo información geoquímica consistente en 33 muestras de sedimentos del fondo para 34 elementos, de la cuenca del río Pijilí y de zonas aledañas, realizadas durante la ejecución del proyecto PRODEMINCA, los cuáles fueron analizados mediante la técnica analítica ICP-ES, otros elementos fueron detectados mediante técnicas diferentes, todas en el año 2000.
- Se descargaron modelos digitales de elevación (MDE) proporcionados por el Servicio Geológico de los Estados Unidos, que permitieron la realización de procesamientos para la caracterización de la cuenca de estudio, entre otros aspectos.

Trabajo de gabinete

- Se realizó el procesamiento de información y se obtuvieron diferentes mapas del área de estudio: mapas de ubicación, mapa de datos reales tomados en campo, mapa de pendientes, mapas de anomalías geoquímicas por elementos, entre otros.
- Se diseñó el formulario para el muestreo de agua en el cual se reflejan las coordenadas de cada punto, la fuente de agua de la muestra, ancho y profundidad, turbulencia, presencia de material coloidal u orgánico, además de aspectos geológicos de cada punto, la existencia o no de fuentes de contaminación, el orden del río que se muestrea, el pH, Eh, la temperatura del agua y otras características.
- Se elaboró el formulario para las muestras de sedimentos del fondo donde se describieron entre otros aspectos el color del sedimento, los posibles contaminantes en el punto, la geología del área, vegetación, turbidez del agua, etc.
- Se realizó la caracterización de la cuenca de estudio para determinar su área, forma, órdenes de los ríos y las características morfométricas fundamentales, las que se describen a continuación:

3.3 Parámetros morfométricos generales de la cuenca

Permiten obtener información acerca de la dinámica y naturaleza de una cuenca hidrográfica (Ibáñez et al., 2010).

3.3.1 Área

Está definida por la curva que forma el perímetro de dicha cuenca. Normalmente dicha línea se proyecta mediante interpretación de imágenes aéreas o satelitales, en donde se pueda observar el relieve que las conforma y por consiguiente la línea divisoria de aguas (Ibáñez et al., 2010). En el presente trabajo dicho parámetro, además del perímetro, se obtuvieron mediante cálculos en un SIG. Para definir el tipo de cuenca según el área se utilizó la tabla de Jiménez, M., 1986 (ver tabla 2).

Tabla 2. Tipo de cuenca según su superficie
Jiménez, M (1986), citado por Reyes et al., 2014

ÁREA (km ²)	NOMBRE
< 5	Unidad
5 – 20	Sector
20 – 100	Microcuenca
100 – 300	Subcuenca
> 300	Cuenca

3.3.2 Longitud de la cuenca (L)

Se determinó en el SIG mediante la calculadora geométrica, donde se genera una línea a partir del punto donde desemboca el río principal, hasta la divisoria de aguas que se encuentre a una mayor altura. La medida se da en km.

3.3.3 Ancho de la cuenca (W)

Se obtiene de la relación entre el área de la cuenca (A) y su longitud (L)

$$W = \frac{A}{L}$$

3.3.4 Longitud de río principal

Es la medición total del río desde su inicio en la parte alta de la cuenca hasta su desembocadura en la zona más baja (Gaspari et al., 2012). Para calcular dicho valor se suman las longitudes que poseen un orden 4 (valor atribuido en el caso de estudio al río principal) (ver figura 9).

FID	Shape*	ARCID	GRID_CODE	FROM NODE	TO NODE	longitud
142	Polyline	394	3	402	391	772,9
145	Polyline	402	3	409	402	471,3
0	Polyline	54	4	56	48	553,4
2	Polyline	70	4	73	56	1219
3	Polyline	78	4	85	73	1637
6	Polyline	88	4	96	85	526,9
8	Polyline	100	4	106	96	514,6
12	Polyline	109	4	111	106	311,1
19	Polyline	121	4	129	111	980,5
23	Polyline	126	4	134	129	134,2
24	Polyline	130	4	139	134	167,3
32	Polyline	146	4	158	139	647
43	Polyline	166	4	178	158	342,8
47	Polyline	171	4	184	178	169,7
52	Polyline	197	4	209	184	730,9
66	Polyline	232	4	242	209	790,1
71	Polyline	243	4	255	242	500,1
73	Polyline	248	4	262	255	160,4
80	Polyline	258	4	273	262	216,3
92	Polyline	282	4	293	273	662,1
93	Polyline	283	4	294	293	20
97	Polyline	291	4	301	285	732
98	Polyline	293	4	280	301	1304,5
99	Polyline	295	4	305	294	489,5
100	Polyline	296	4	285	305	937,8

Figura 9. Tabla de atributos de longitudes de ríos

3.3.5 Factor de forma de Horton

Es la relación entre el área de la cuenca y su longitud elevada al cuadrado. Para interpretar este resultado se tomaron valores interpretativos del factor forma de una cuenca según Horton, 1932 (ver tabla 3).

Tabla 3. Valores de factor de forma de una cuenca (Horton, 1932).

Valores Aproximados	Forma de la Cuenca
<0.22	Muy alargada
0.22-0.300	Alargada
0.300-0.37	Ligeramente alargada
0.37-0.475	Ni alargada ni ensanchada
0.45-0.60	Ligeramente ensanchada
0.60-0.80	Ensanchada
0.80-1.20	Muy ensanchada
>1.20	Rodeando el desagüe

3.3.6 Coeficiente de Gravelius (K_c)

Estima la relación entre el ancho promedio del área de captación y la longitud de la longitud que abarca desde la salida hasta el punto topográficamente más alejado de esta (Ibáñez et al., 2010).

Mientras más cercanos a 1 sean los valores de K_c mayor será la concentración de agua de escorrentía dentro de la cuenca (ver tabla 4).

$$K_c = \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Fórmula:

Tabla 4. Coeficiente de Gravelius Gaspari et al. (2012)

K_c	Clasificación
1 a 1,25	Casi redonda a oval-redonda
1,25 a 1,5	Oval redonda a oval-oblonga
1,5 a 1,75	oval oblonga a rectangular oblonga
>1,75	Rectangular

3.3.7 Pendiente media del cauce (j , %)

Es obtenida utilizando el desnivel topográfico del río principal y la longitud de este. Su valor es expresado de manera porcentual. A mayor pendiente dentro de la red hidrográfica el agua de escurrimiento tendrá una velocidad en aumento, por lo cual tendrá mayor incidencia para erosionar y arrastrar material depositándolo en zonas de caudal bajo y de menor pendiente (Gaspari et al., 2013; Ramirez, 2015). Para cualificar la pendiente se utilizó la tabla de pendiente media del cauce de Baldeón, 2016) (Ver tabla 5).

DA = Desnivel altitudinal

L = longitud del cauce principal en km

Fórmula:

$$j = \frac{DA}{L}(100)$$

Tabla 5. Pendiente media del cauce (Baldeón, 2016)

Rangos de Pendiente	Clases
< 10	Suave
10 – 30	Moderada
> 30	Fuerte

3.3.8 Pendiente media de la cuenca (J, %)

Es uno de los más importantes parámetros el cual aporta información de las características del relieve de una cuenca, define cómo actúan sobre ella el agua de escurrimiento, su infiltración hacia el subsuelo y el aporte de esta a los diferentes cauces, además de los diferentes cambios de humedad del suelo (Guerra & Gonzáles, 2002; Tipán, 2018). Para cualificar la cuenca se utilizó la tabla de Alcántara, 2008 (ver tabla 6).

Este parámetro se puede determinar mediante el método de Alvord el cual se sustenta con la siguiente fórmula (Salvatierra, 2006)

$$J = 100 \frac{\sum Li \times E}{A}$$

Donde:

J = Pendiente media de la cuenca expresada en porcentaje

Li = longitud de curvas de nivel expresada en kilómetros

E = Equidistancia de las curvas de nivel expresada en kilómetros

A = Área de la cuenca expresada en Km²

Tabla 6. Pendiente media de la cuenca (Alcántara, 2008)

Rangos de Pendiente (%)	Descripción
00 – 4	Nula o casi Nivel
4 – 8	Ligeramente inclinada
8 – 15	Ligeramente inclinada a moderadamente empinada
15 – 25	Moderadamente empinada
25 – 50	Empinada
50 – 75	Muy empinada
> 75	Extremadamente empinada

3.3.9 Jerarquización de la red fluvial

Realizar este tipo de análisis permite determinar la complejidad y evolución en una cuenca de su red de drenaje a causa del comportamiento de la escorrentía en superficie, que crea afluentes y cauces que desembocarán a un río principal o en el mar (González, 1998). Diferentes factores influyen en cómo serán este tipo de sistemas en superficie, tales son:

- *Relieve*: mientras más pronunciado es (mayores pendientes) los ríos podrían ser más caudalosos, cortos y acarrear mayor concentración de detritos. Al ser el relieve más llano existirá menos caudal y poca aportación de material.
- *Tipo de roca*: normalmente los accidentes topográficos se producen cuando el agua que circula en superficie tiene una mayor influencia sobre la roca debido a factores como su pH, temperatura, etc, los cuales pueden oxidar la roca, debilitarla y erosionarla, creando distintos tipos de oquedades que con el tiempo generan nuevos espacios para que un río fluya. Existen rocas más solubles que otras por lo tanto estas serán más propensas a ser erosionadas dando lugar a relieves de todo tipo.
- *Lluvia*: es uno de los principales agentes erosivos debido a varios factores y a sus diferentes composiciones. La lluvia ácida por ejemplo, afecta a rocas

carbonatadas, diluyéndolas y creando sistemas kársticos como cavernas, cuevas, galerías, dolinas, etc.

El orden hídrico indica qué tan ramificada está la red superficial (A. Ramírez et al., 2015). El área donde exista mayor número de orden tendrá como resultado gran acción erosiva, masivo transporte de sedimentos y mayores corrientes de agua. Además, mientras más alto sea el orden de los ríos de la cuenca, mayor será su grado de desarrollo fluvial (Demetrio, 2016).

Según Strahler (1952) un afluente o cauce es de primer orden cuando se encuentran en los extremos iniciales de la red hídrica y no recibe ningún tributario, es decir, no es alimentado por otro río porque este es un río naciente. Un río es de segundo orden será cuando se intersecan dos de primer orden y así sucede con los órdenes posteriores. Si dos ríos de distinto orden confluyen el cauce que resulta de aquella confluencia tendrá el valor de orden del río de orden mayor (Raya et al., Senciales, 1998).

3.3.10 Densidad de drenaje

Valores altos de densidad indican gran estructuración de su red fluvial donde también existe una mayor actividad erosiva (Ricce & Robles, 2014). Su ecuación relaciona la sumatoria de longitudes de los cauces que aportan a la cuenca con el área de la cuenca (Cruz et al., 2015). En la tabla 7 se observa la interpretación de los valores obtenidos según la densidad del drenaje.

$L = \Sigma$ longitudes de los afluentes (km)

$A =$ Área de la cuenca (Km²)

Tabla 7. Densidad de drenaje, según Horton (1945), Strahler (1957) y Franca (1968), citado por (Cerignoni & Rodrigues, 2015).

Densidad de Drenaje (km/km ²)	Categoría	Interpretación Ambiental
< 1	Baja	Baja la escorrentía y aumenta la infiltración
1 – 2	Moderada	Tendencia media de escorrentía
2 – 3	Alta	Alta tendencia a fluir ya las inundaciones
> 3	Muy Alta	Alta tendencia a la escorrentía, ya la erosión

3.3.11 Perfil longitudinal del río

Dicha característica se obtiene mediante una línea, la cual se forma a partir de alturas variantes desde la cota más alta donde nace el río, hasta su desembocadura o punto de salida. Esta realiza mediante el SIG.

3.4 Trabajos de campo

El muestreo de agua se realizó en época no lluviosa, a una distancia promedio entre muestras de 750 m a 1 km. Previo a la toma de muestras se midieron por triplicado los valores de pH para luego ser promediados. El envase de vidrio de 1 litro se enjuagó con el agua del río antes de proceder con la toma de las 6 muestras.

A cada una se le añadió 1 ml de ácido nítrico al 50% mediante goteo, para lograr un pH ácido de 2, evitando con esto la posterior oxidación de la muestra y la precipitación de los elementos químicos. Las muestras fueron tapadas herméticamente y conservadas a 4°C en una hielera antes de su envío al laboratorio. Las propiedades determinadas en campo fueron pH, temperatura, Sólidos Totales Disueltos (STD) en ppm (ver figura 10).



Figura 10. A: Medición de pH B: Embotellado C: Acidificación

El muestreo de sedimentos del fondo también se realizó de forma sistemática, a una distancia promedio entre 250 m y 750 m. En cada punto se describieron los siguientes datos: coordenadas, geología, estructuras, posibles efectos antrópicos (contaminación), turbidez del agua, entre otros. Se tomaron 15 muestras de la

fracción limo arcillosa, la cual se colocó en una funda ziploc, etiquetada con su número de muestra y otros datos. (Ver figura 11)



Figura 11. Descripción de punto de muestreo y recolección de muestra ms-1 de sedimentos del fondo.

El muestreo de concentrados pesados se realizó en zonas estratégicas, coincidiendo con el de agua y sedimentos, tomando un total de 6 muestras. Se eligieron zonas de acumulación natural de sedimentos entre las cuales se encontraron rocas de gran tamaño, barras, tramos donde la corriente del río es menor y zonas de cambio de dirección del río.

Se tomaron de 8 a 10 litros de material en cada punto, y se realizó una concentración por método de batea hasta obtener la fracción negra, de aproximadamente 50 gramos. Cada una de las muestras fue empacada en bolsas ziploc y etiquetada con la ubicación en coordenadas UTM. Se realizó además una descripción de cada punto de muestreo en la libreta de campo. (Ver figuras 12 y 13).



Figura 12. Punto de muestreo mc-1 de concentrados pesados



Figura 13. A: Tamizado y separación de partículas de gran tamaño B: bateo de material arenoso

3.5 Trabajos de laboratorio

3.5.1 Toma de muestras de agua

Las muestras de aguas se enviaron a una sucursal en el Ecuador del laboratorio ALS GLOBAL, desde donde fueron enviadas posteriormente a Callo (Lima, Perú), para el análisis de 53 elementos, mediante la técnica analítica ICP-MS, la cual emplea una digestión por agua regia. Los límites de detección se pueden observar en la figura 14.

ANALYTES & RANGES (ppm)									
Ag	0.001-100	Co	0.001-10,000	La	0.002-10,000	Pt	0.002-25	Th	0.002-10,000
Al	0.01%-25%	Cr	0.01-10,000	Li	0.1-10,000	Rb	0.005-10,000	Ti	0.001%-10%
As	0.01-10,000	Cs	0.005-500	Mg	0.01%-25%	Re	0.0002-50	Tl	0.001-10,000
Au	0.0002-25	Cu	0.01-10,000	Mn	0.1-50,000	S	0.01%-10%	U	0.005-10,000
B	10-10,000	Fe	0.001%-50%	Mo	0.01-10,000	Sb	0.005-10,000	V	0.1-10,000
Ba	0.5-10,000	Ga	0.004-10,000	Na	0.001%-10%	Sc	0.005-10,000	W	0.001-10,000
Be	0.01-1000	Ge	0.005-500	Nb	0.002-500	Se	0.003-1000	Y	0.003-500
Bi	0.0005-10,000	Hf	0.002-500	Ni	0.04-10,000	Sn	0.01-500	Zn	0.1-10,000
Ca	0.01%-25%	Hg	0.004-10,000	P	0.001%-1%	Sr	0.01-10,000	Zr	0.01-500
Cd	0.001-1000	In	0.005-500	Pb	0.005-10,000	Ta	0.005-500		
Ce	0.003-500	K	0.01%-10%	Pd	0.001-25	Te	0.003-500		

Figura 14. Límites de detección de los elementos químicos analizados mediante ICP-MS

3.5.2 Toma de muestra para sedimentos del fondo

Para la preparación de muestras de sedimentos del fondo se realizaron los siguientes pasos:

- Secado de las muestras en horno a temperaturas no mayores a 60°C durante 24 horas.
- Tamizado de las muestras hasta la malla 200.
- Etiquetado y gramaje de muestras con pesos entre 100 y 200 gramos.

Los sedimentos fueron analizados para 53 elementos químicos, mediante espectrometría de masas de plasma (ICP-MS) en el laboratorio ALS GLOBAL del Perú.

3.5.3 Toma de muestra para concentrados pesados

Para la preparación de muestras y análisis de sedimentos concentrados pesados se realizaron los siguientes pasos:

Secado de las muestras al sol durante 72 horas.

Separación magnética de los concentrados pesados con imán de mano.

- Análisis mineralógico bajo lupa binocular de los minerales obtenidos para identificarlos, determinando sus características tales como color, magnetismo, raya, dureza, hábito, transparencia, brillo, entre otras propiedades físicas, además de establecer la presencia de granos de oro y describir su forma y tamaño. (Ver figuras 15, 16 y 17).

Según Quevedo, J. (2009), la separación magnética de los concentrados pesados permite separar a los minerales en dependencia de sus características magnéticas, lo cual arroja diferentes fracciones que clasifican a los minerales en los siguientes tipos:

- *Ferromagnéticos*: tienen una fuerte atracción con el imán.

- *Paramagnéticos*: son susceptibles de manera positiva frente al imán, pero con una atracción muy baja.
- *Diamagnéticos*: no responden bajo ningún concepto ante el imán.



Figura 15. A: Uso de imán para separación por fracciones magnéticas Laboratorio Rufilli (Facultad de Ciencias Matemáticas, UG) B: Identificación de minerales bajo lupa binocular Laboratorio de Petrografía (Facultad de Ciencias Naturales, UG)



Figura 16. Base de vidrio utilizada para la separación de los granos e identificación mineral bajo lupa binocular ³⁵

El análisis mineralógico se realizó en las instalaciones del laboratorio de Microscopía de la Facultad de Ciencias Naturales, y en el laboratorio Rufilli de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil.

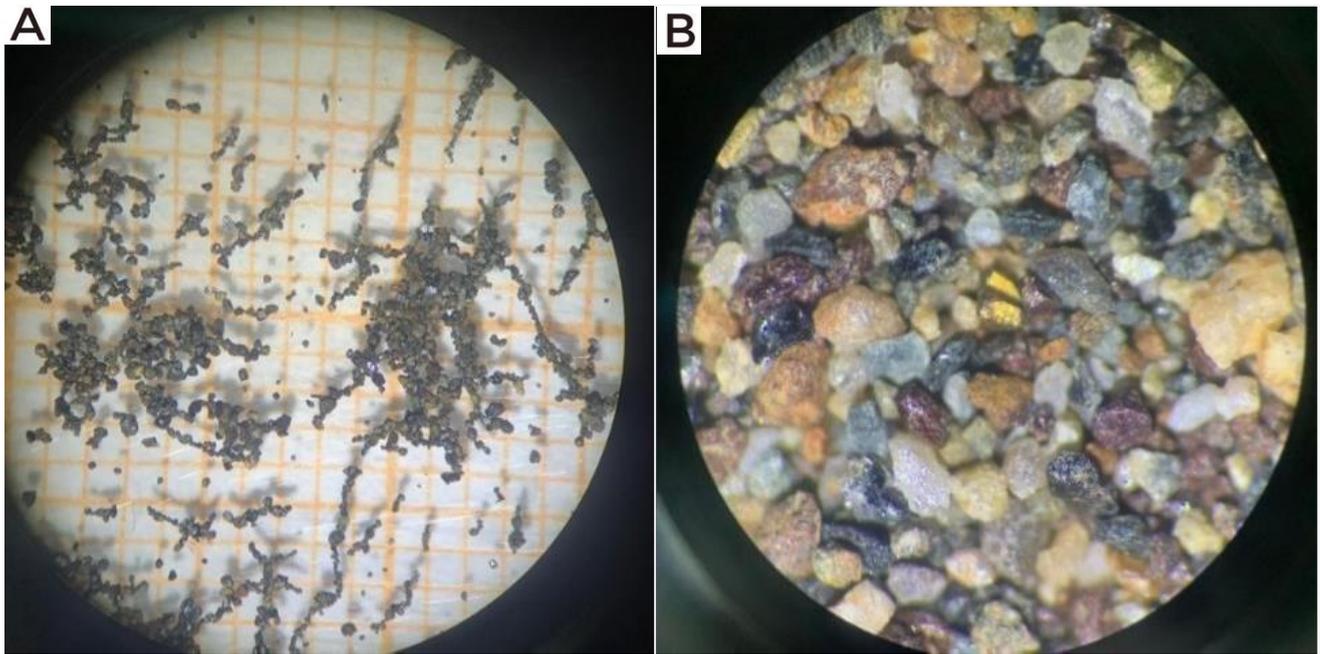


Figura 17. Minerales observados bajo lupa binocular. A: Minerales magnéticos B: Minerales no magnéticos

3.6 Procesamiento de la Geoquímica

Para el procesamiento de datos geoquímicos se realizaron los análisis estadísticos descriptivos de los elementos principales, confeccionándose las tablas y gráficos respectivos, lo que permitió hacer un análisis exploratorio de los datos.

3.6.1 Estadística Descriptiva

Además de la estadística descriptiva (medidas de tendencia central como media y mediana, desviación estándar, valores mínimos y máximos, test de normalidad de datos, diagramas de cajas, entre otros), se determinó el coeficiente de correlación entre los elementos químicos, para identificar asociaciones minerales de interés metalogénico.

Para identificar valores máximos o mínimos (outliers) se generaron gráficos de cajas (ver figura 18). Estos datos son valorados para determinar si son errores o son valores anómalos correspondientes a indicios de mineralización.

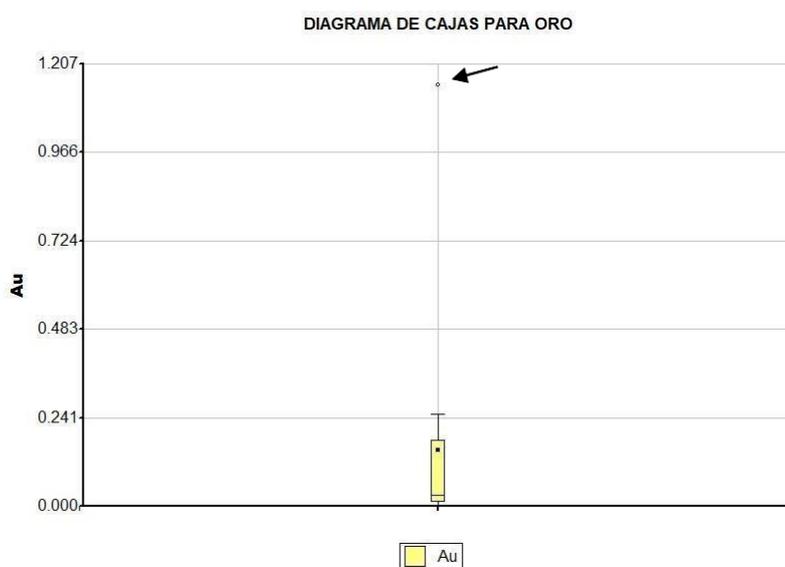


Figura 18. Diagrama de cajas del elemento oro, la flecha indica valor atípico en muestra ms-4 de sedimentos del fondo

3.6.2 Test de normalidad de los datos

Se realizó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, procedimiento de "bondad de ajuste", que mide determinar la concordancia existente entre la distribución de un conjunto de datos y una distribución teórica específica, es decir,

contrasta si las observaciones podrían razonablemente proceder de la distribución especificada (Meli, 2010).

Si el nivel de significancia (K_s) utilizado es mayor que el valor p de la prueba, se rechazará la hipótesis nula y se concluirá que se trata de una población no normal. Por lo contrario, la población será normal.

Si la población no es normal se realiza un ajuste o transformación, que en el caso de los datos geoquímicos generalmente se realiza a una de tipo logarítmica. En este trabajo se aplica el método de Lepeltier, donde los logaritmos de cada valor son distribuidos siguiendo una ley normal (Gauss) o curva en forma de campana (Lepeltier, 1969).

Luego se determinaron los valores de fondo geoquímico, valor umbral y dos valores anómalos: anomalía moderada y anomalía fuerte, utilizando los valores medios y las desviaciones estándar (Pineda, 2020).

Fondo geoquímico = media (\bar{x})

Umbral = $\bar{x} +$ desviación estándar (s)

Anomalía moderada = $\bar{x} + 2 s$

Anomalía fuerte = $\bar{x} + 3 s$

3.6.3 Método de Lepeltier modificado

El método de Lepeltier es aplicable a la exploración de redes de drenaje para identificar valores anómalos y separarlos del valor de fondo. Además, este método facilita la comparación del comportamiento geoquímico de un elemento en varias zonas con variaciones geológicas o de varios elementos pertenecientes a una misma litología (Lepeltier, 1969).

Mediante una representación gráfica-analítica (diagramas binarios) se determinan los valores umbral, de fondo y anómalos, donde la frecuencia acumulada (porcentaje) se representa en el eje de las ordenadas a una escala probabilística y en el eje de las abscisas con una concentración en partes por millón (ppm), a escala logarítmica en base 10 (Sinclair, 1981 en Fernández y Duran, 1987).

- **Valor de fondo regional.** - contenido normal de un elemento en zonas que evidentemente no están mineralizadas. Da una idea de la concentración promedio de cada elemento en una zona determinada (Lepeltier, 1969).
- **Umbral.** - depende de los coeficientes de desviación y de su valor medio de concentración. Representa el límite superior de las varianzas de la media y el límite inferior de los valores anómalos. Todo valor que se encuentre por encima del valor umbral es considerado un valor anómalo (Lepeltier, 1969).
- **Anomalía.** - considerada como la variación de la distribución geoquímica normal, depende tanto de la media como de la desviación estándar. Todo aquel valor que se encuentre fuera del fondo geoquímico y por encima del valor umbral es considerado anomalía (Lepeltier, 1969).

3.6.4 Correlación de Pearson

Se realizó la matriz de correlación de Pearson mediante las herramientas del software Minitab; dicho coeficiente, también conocido como coeficiente de correlación producto-momento, es una medida de la relación lineal entre dos variables. Cuando el supuesto de distribución normal bivariada no se cumple repercute mucho en el coeficiente y el tamaño de la muestra no se resuelve aun así aumentándola.

Es recomendable que se calcule el coeficiente de Correlación de Pearson con un total de muestras mayor a 12, un rango menor haría que los resultados sean poco fiables (Alperin, 2013).

3.6.5 Asociación de elementos y exploradores (pathfinders)

Cada presencia mineral se caracteriza por una asociación geoquímica de los elementos que la tipifica o que están presentes en forma de indicadores o elementos acompañantes. La correlación entre los elementos en estos casos permanece constante, es decir que se incrementan o disminuyen en la misma medida.

Un elemento indicador o explorador es aquel que encuentra asociado junto al depósito mineral, en ocasiones se puede detectar más rápido que un elemento

acompañante. Dependiendo del resultado de dicha correlación se obtiene una idea de los posibles tipos de depósito mineral que generan las anomalías dentro de la zona de estudio (Pineda, 2020).

En la tabla 8 pueden observarse algunas de las asociaciones de elementos y exploradores (pathfinders) útiles en la identificación de yacimientos minerales (Traducido de Rose, Hawkes & Webb, 1979).

Tabla 8. Asociaciones de elementos y exploradores útiles en la identificación de yacimientos minerales. Traducido de Rose, Hawkes & Webb, (1979).

Tipo de depósito mineral	Componentes mayores	Elementos asociados
<i>Depósitos Magmáticos</i>		
Mena de cromita	Cr	Ni, Fe, Mg
Capas de magnetita	Fe	V, Ti, P
Sulfuros de Cu-Ni inmiscibles	Cu, Ni, S	Pt, Co, As, Au
Intrusión en capas de Pt-Ni-Cu	Pt, Ni, Cu	Cr, Co, S
Óxidos de Fe-Ti inmiscibles	Fe, Ti	P
Carbonatita de Nb-Ta	Nb, Ta	N, Zr, P
Pegmatitas de metales raros	Be, Li, Cs, Rb	B, U, Th, Tierras raras
<i>Depósitos Hidrotermales</i>		
Pórfidos de cobre	Cu, S	Mo, Au, Ag, Re, As, Pb, Zn, K
Pórfidos de molibdeno	Mo, S	W, Sn, F, Cu
Skarn de magnetita	Fe	Cu, Co, S
Skarn de Cu	Cu, Fe, S	Au, Ag
Skarn de Pb-Zn	Pb, Zn, S	Cu, Co
Skarn de W-Mo-Sn	W, Mo, Sn	F, S, Cu, Be, Bi
Vetas de metales base	Pb, Zn, Cu, S	Ag, Au, As, Sb, Mn
Greisen de Sn-W	Sn, W	Cu, Mo, Bi, Li, Rb, Si, Cs, Re, F, B
Vetas de sulfuro de estaño	Sn, S	Cu, Pb, Zn, Ag, Sb
Vetas de Co-Ni-Ag	Co, Ni, Ag, S	As, Sb, Bi, U
Epitermal de metales preciosos	Au, Ag	Sb, As, Hg, Te, Se, S, U

3.7 Elaboración de mapas

Mediante el uso de software libre de Sistemas de Información Geográfica se confeccionaron los siguientes mapas del área de estudio:

- Mapa geológico de la zona.
- Mapa de datos reales de puntos de muestreos geoquímicos
- Mapa de pendientes.
- Mapa de órdenes de ríos.
- Mapas de anomalías geoquímicas de los principales elementos con valor potencial para mineralización

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

El mapa de rutas de acceso al área de estudio muestra el grado de dificultad para el ingreso a los puntos de muestreo. Apparently the river was close to these routes, but due to various natural and anthropic factors these routes no longer existed (See figure 19).

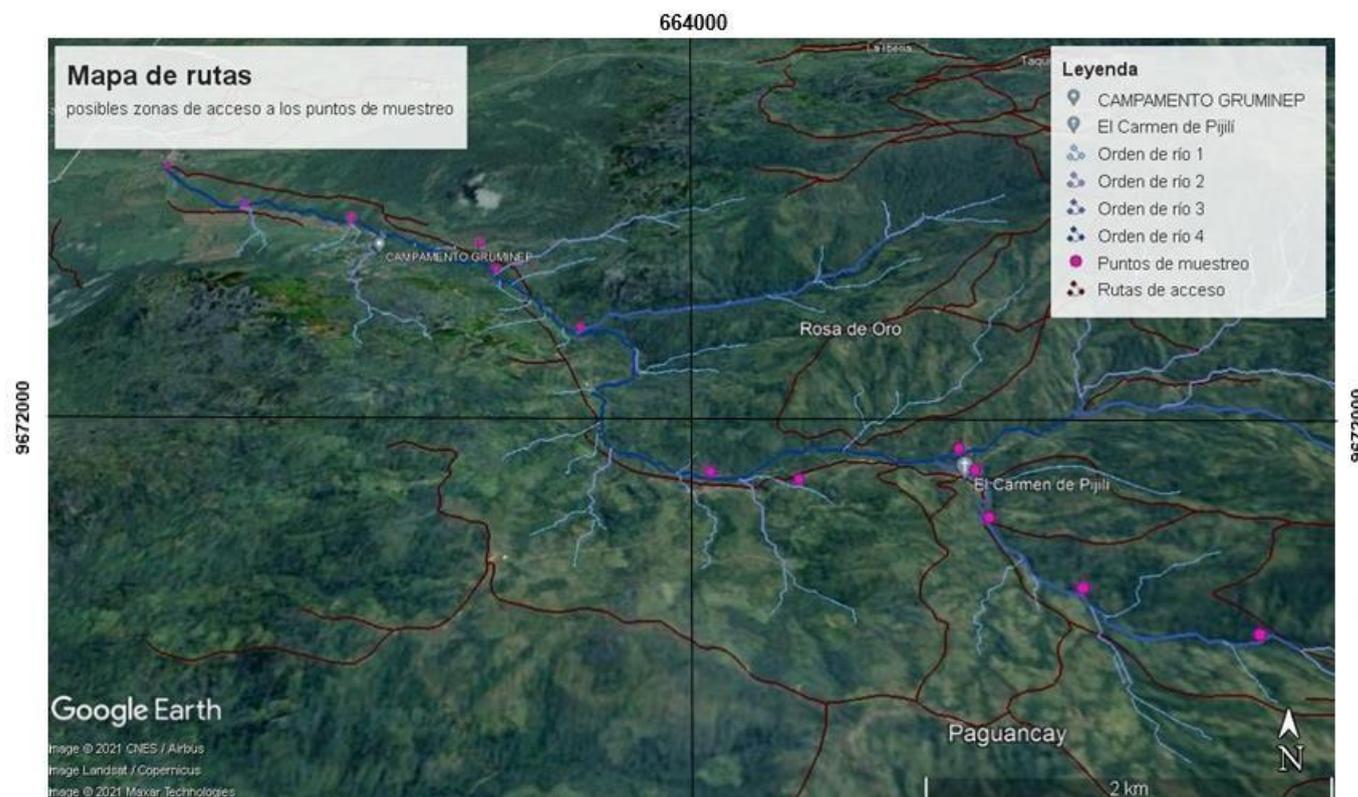


Figura 19. Rutas de acceso a puntos de muestreo dentro de la cuenca del río Pijilí

4.1 Mapa de pendientes

Gran parte de la cuenca desde su zona media-baja hasta la zona más alta hacia el sureste se encuentra conformada por pendientes con valores porcentuales mayores a 15%, llegando a existir zonas con valores de hasta 100%. Según la tabla 5 de (Baldeón, 2016) con porcentajes establecidos para la pendiente media del cauce (J) anteriormente presentada en el texto, la zona está conformada por relieves moderadamente empinados (10-30%) distribuidos por toda la cuenca, relieves empinados presentes en la parte centro y sur oriental de la cuenca, así como relieves muy empinados (>30%) y extremadamente empinados los cuales dificultaron la realización de muestreos en dicho lugar. Estos valores de pendientes indican que el río Pijilí y sus afluentes tienen fuertes caudales en gran parte de todo su trayecto, incidiendo en un intenso transporte de sedimentos desde las zonas altas de la cuenca hacia la desembocadura del río principal (ver figura 20).

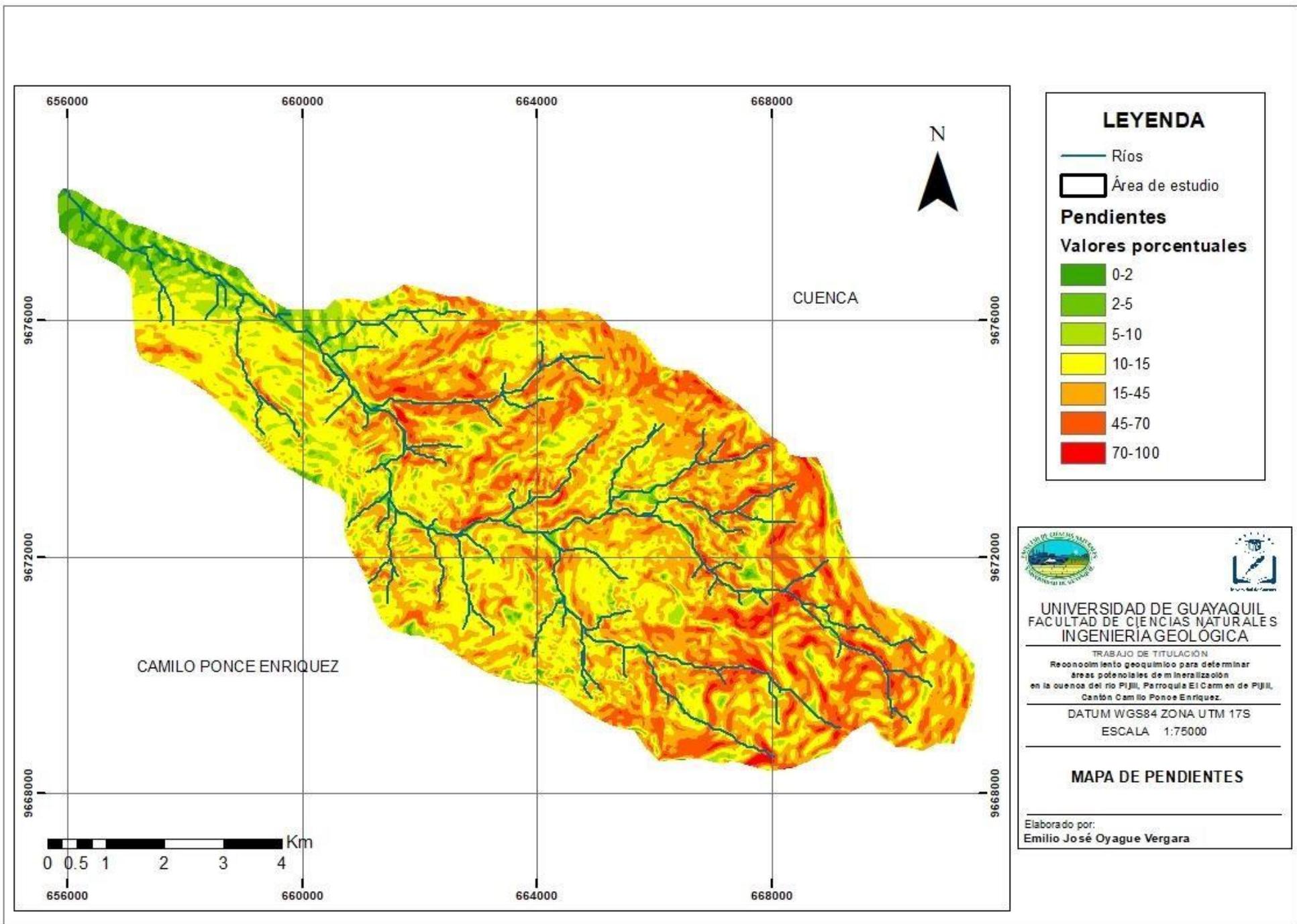


Figura 20. Mapa de Pendientes según clasificación PRAT (Programa de Regularización de y Administración de Tierras Rurales 2008 – Metodología de Valoración de Tierras Rurales.

4.2 Identificación de los órdenes de los ríos

La cuenca se encuentra compuesta con un 50,29% de afluentes de primer orden los cuales aportan material de las zonas altas de la cuenca (a partir de la divisoria de aguas). De segundo orden existe un 23,39%, de tercer orden un 12,86% y de cuarto orden un 13,45%, conformando como resultado el río principal desde las zonas medias de la cuenca hasta su desembocadura en las partes bajas. (Ver tabla 9 y figura 21).

Tabla 9. Total de órdenes y su porcentaje correspondiente

ORDEN DE RÍO	NOMENCLATURA	CANTIDAD	PORCENTAJES
Orden 1	1	86	50.29%
Orden 2	2	40	23.39%
Orden 3	3	22	12.86%
Orden 4	4	1	13.46%
	TOTAL	149	100%

4.3 Parámetros morfométricos de la cuenca de estudio

Los parámetros de la cuenca fueron determinados mediante un SIG, obteniéndose que el área es de 62,40 Km², por lo que se clasifica como microcuenca (valores entre 20 – 100 Km²). El perímetro es 40,28 km, tiene 17,88 km de longitud de cuenca y 3,49 Km de ancho.

La longitud del río principal es de 13,7 km, por lo que existe mucho aporte hídrico y es caudaloso, influido además por la pendiente del terreno.

Según los valores del factor de forma de Horton, $K_f = 0,195$, al igual que del alargamiento (2,9) la forma de la cuenca es muy alargada.

Estos parámetros indican que el agua de escorrentía puede ser drenada de forma adecuada, y no se desarrollarían crecientes de mayores magnitudes, a diferencia de otras cuencas con un valor de estos parámetros mucho mayor.

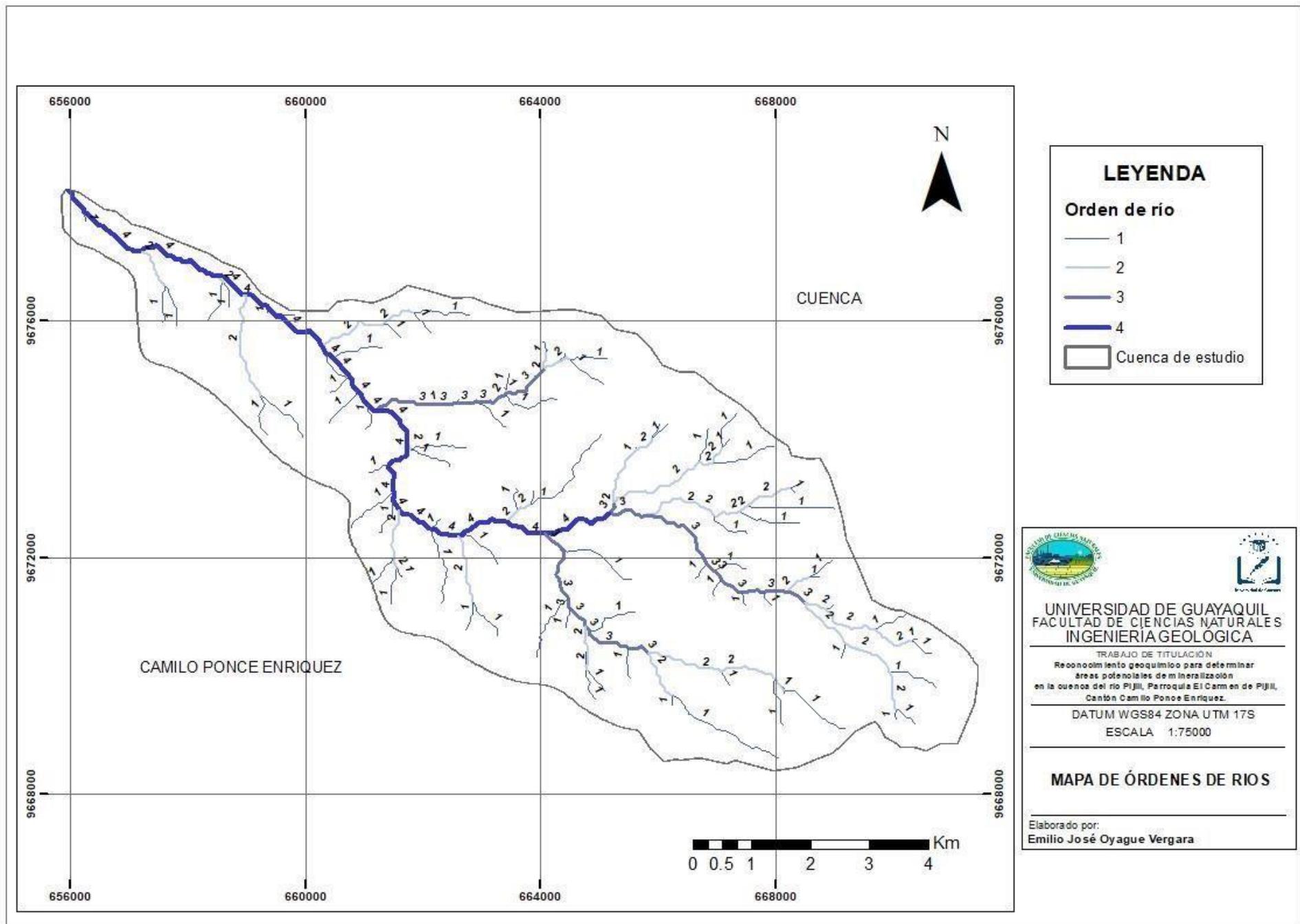


Figura 21. Mapa de órdenes de los ríos en la cuenca del río Pijilí

Por otro lado, el Coeficiente de Gravelius, con magnitud de 1.43, indica una forma oval redonda a oval-oblonga de la cuenca en su anchura, lo que permite que los afluentes que aportan al río principal descarguen sus aguas con una mayor facilidad.

La cota más alta del cauce (HM) tiene un valor de 3680 m y la más baja de 100 m, obteniéndose una pendiente media del cauce de $J=26\%$; este valor indica que la misma es empinada. Esto conlleva a que las aguas que escurren en ella tiendan ser desplazadas con mayor energía y en lapsos de tiempo menores no demorando en llegar a zonas bajas de desembocadura.

La densidad de drenaje de $1,59 \text{ km/Km}^2$, perteneciente a una categoría moderada y un ambiente de media escorrentía, como indican Horton (1945), Strahler (1957) y Franca (1968). La presencia de una estructura de red fluvial donde podría existir una moderada actividad erosiva en dependencia de la geología de la zona por donde discurren las aguas.

Mediante el software ArcGIS se realizó un gráfico del perfil del río, con los valores de altitud en el eje (Y) y valores de longitud en el eje de las (x), los cuales reflejan la topografía de dicho río en dependencia de los valores de coordenadas mencionados. Se observan altitudes mayores a los 1200 msnm y longitudes del río cercanas a los 15 km. (Ver tabla 10)

La gráfica del perfil refleja tanto curvas convexas como cóncavas a lo largo de su curso alto y curso medio, indicando que las aguas del río se desplazan por zonas con diferencias geológicas, donde sus parámetros tanto de estabilidad como de inestabilidad se ven reflejados por este tipo de curvas. Tramos cóncavos indican materiales más resistentes, tramos convexos reflejan materiales más susceptibles a erosión y desgaste (ver figura 22)

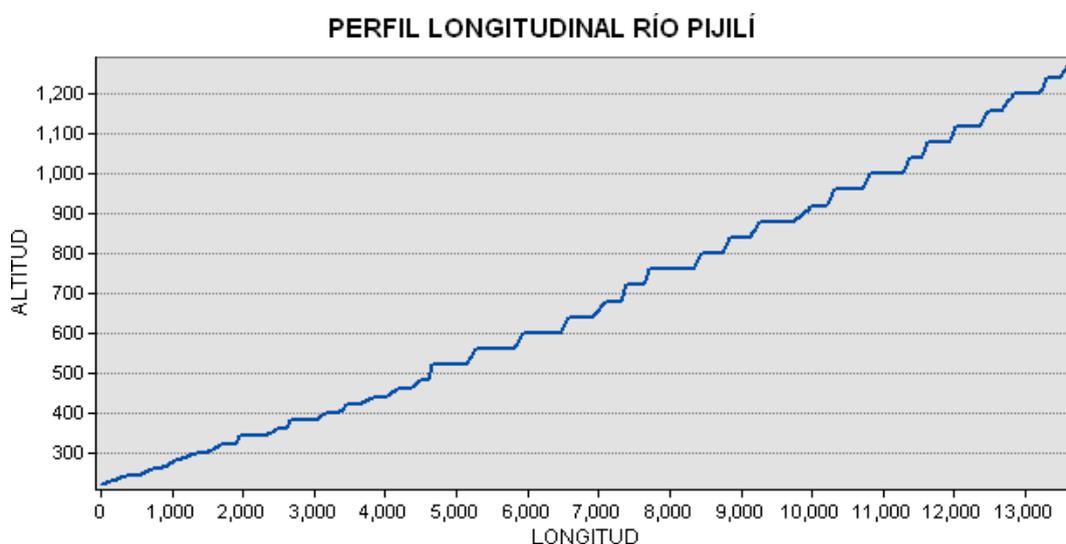


Figura 22. Perfil longitudinal del río Pijilí con variables Altitud y Longitud

Tabla 10. Parámetros Morfométricos de la cuenca del río Pijilí.

Parámetros Físicos	Resultado	Observaciones
Área	62,40 km ²	Microcuenca
Perímetro	40,28 kkm	
Longitud de la cuenca	17,88 km	
Ancho	3,49 km	
Parámetros de Forma		
Índice de Alargamiento	5,12	cuenca muy alargada
Factor Horton	0,195	Alargada (fácil drenaje)
Coeficiente de Gravelius	1,43	Oval redonda a oval oblonga (afluentes descarga con facilidad)
Pendiente media del cauce (J)	26%	Empinada
Características de la red de drenaje		
Densidad de drenaje	1,59 km/km ²	Moderada (tendencia media de esorrentía)
Longitud del río principal	13,7 km	
Altitud máxima del cauce	3680 msnm	
Altitud mínima del cauce	100 msnm	

A continuación, se muestra en la figura 23 la distribución de los diferentes muestreos llevados a cabo, siendo sedimentos del fondo, concentrados pesados e hidrogeoquímica. Cada uno con sus correspondientes símbolos que los identifican.

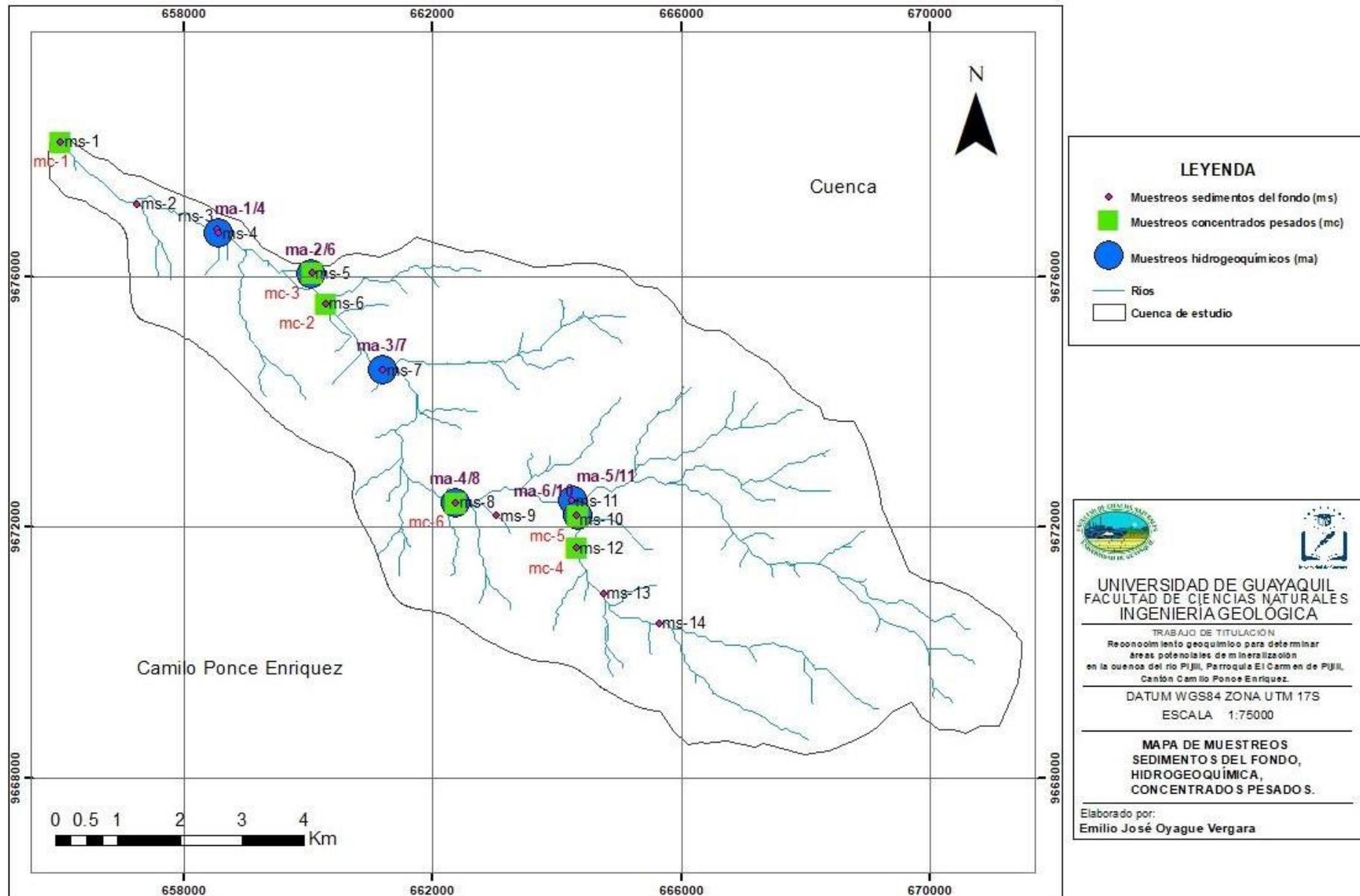


Figura 23. Mapa de muestreos: sedimentos del fondo, hidrogeoquímica y concentrados pesados

4.4 Resultados de análisis de concentrados pesados

Se describieron 6 muestras obtenidas por este método, con el fin de identificar los minerales presentes en los sedimentos pesados, y determinar la presencia de partículas de oro dentro de las fracciones no magnéticas. El material está constituido por arena fina a media (ver tabla 11), con buena clasificación, de color café claro-marrón, donde se observan granos menores a 1 mm hasta 0.1 mm, de cuarzo en su mayoría y pocos minerales oscuros.

Tabla 11. Clasificación del tamaño de grano según Wentworth, 1992.

Grano diametro (mm)	Subdivisión		Denominación (roca)
0,0002 mm	pelítica	Coloide	Pelita
0,002 mm		Arcilla fina	
0,02 mm		Arcilla gruesa	
0,2 mm	psamítica	Arena fina	Psamita
2mm		Arena gruesa	
2cm	psefítica	Grava fina	Psefita
20 cm		Grava gruesa	
		Bloques	

Los minerales identificados en todas las muestras fueron de los grupos de los óxidos, piroxenos, sulfuros y elementos nativos como oro.

De forma general en las muestras 1, 3 y 5 la fracción *no magnética* constituyó el 65-75 % en peso. En la muestra 2 este porcentaje fue menor al 30% de su peso total y la muestra 4 tuvo un 20% de su peso total. Los porcentajes promedios de los minerales de todas las muestras de la fracción no magnética se observan en la tabla 12. Abundando los minerales claros en todas las muestras.

Tabla 12. Contenido promedio de minerales presentes en cada muestra.

Minerales / Clastos	MC-1	MC-2	MC-3	MC-4	MC-5	MC-6
Cuarzo	50%	55%	45%	45%	50%	60%
Zircón	18%	9%	10%	12%	10%	10%
Titanita	1%	no	5%	no	1%	1%
Biotita	4%	8%	5%	6%	2%	2%
Magnetita	15%	5%	10%	10%	12%	5%
Olivino	no	2%	5%	no	no	2%
Ilmenita	5%	5%	8%	10%	8%	5%
Piroxenos	2%	1%	5%	2%	4%	2%
Calcopirita	no	4%	no	3%	2%	1%
Arsenopirita	no	2%	no	3%	3%	3%
Bornita	no	1%	no	2%	2%	1%
Augita	1%	1%	no	2%	1%	1%
Muscovita	3%	5%	5%	4%	2%	2%
Oro	1%	no	no	no	no	no
Hematita	no	2%	2%	1%	3%	1%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Cabe indicar que las muestras fueron observadas resultando los mismos minerales pero con variaciones en contenidos y en algunos casos no se encontraban presentes en la fracción observada, por ello los ejemplos siguientes sirven como demostración de la observación e identificación de cada mineral.

Específicamente en la muestra mc-2 en su fracción *diamagnética* se identificaron minerales como cuarzo, olivino, zircones, calcopirita, arsenopirita, bornita y otros, como se observa en la figura 25.

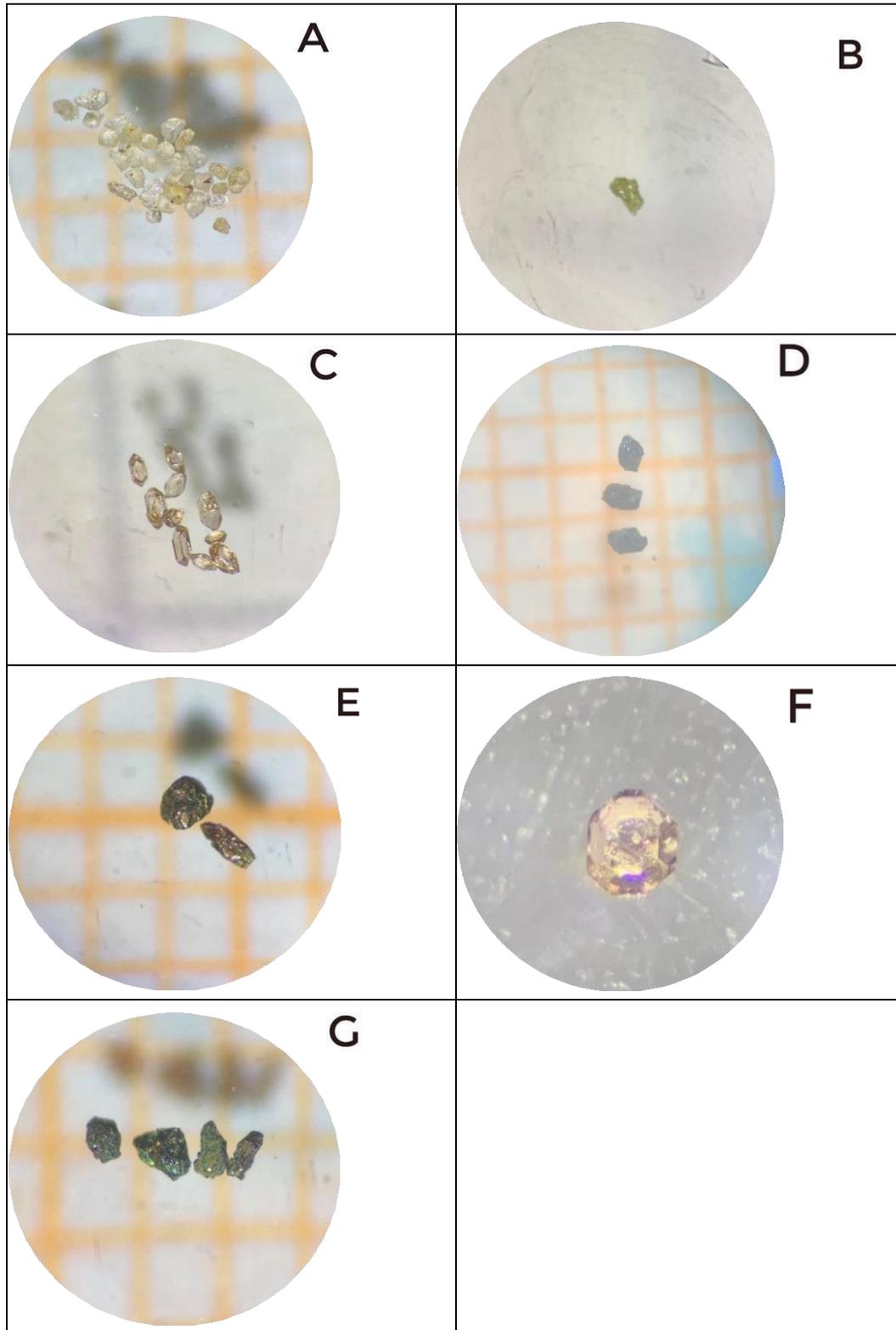


Figura 24. Minerales diamagnéticos muestra mc-2 A: Cuarzo, B: Olivino, C: Zircón, D: Hematita, E: Calcopirita, F: Cuarzo Dodecaédrico, G: Bornita

En la fracción *paramagnética* se encontró augita, muscovita, casiterita (Ver Figura 26) correspondientes a la muestra mc-4 y en la fracción *magnética* de la muestra mc-5 magnetita e ilmenita (ver figura 27).

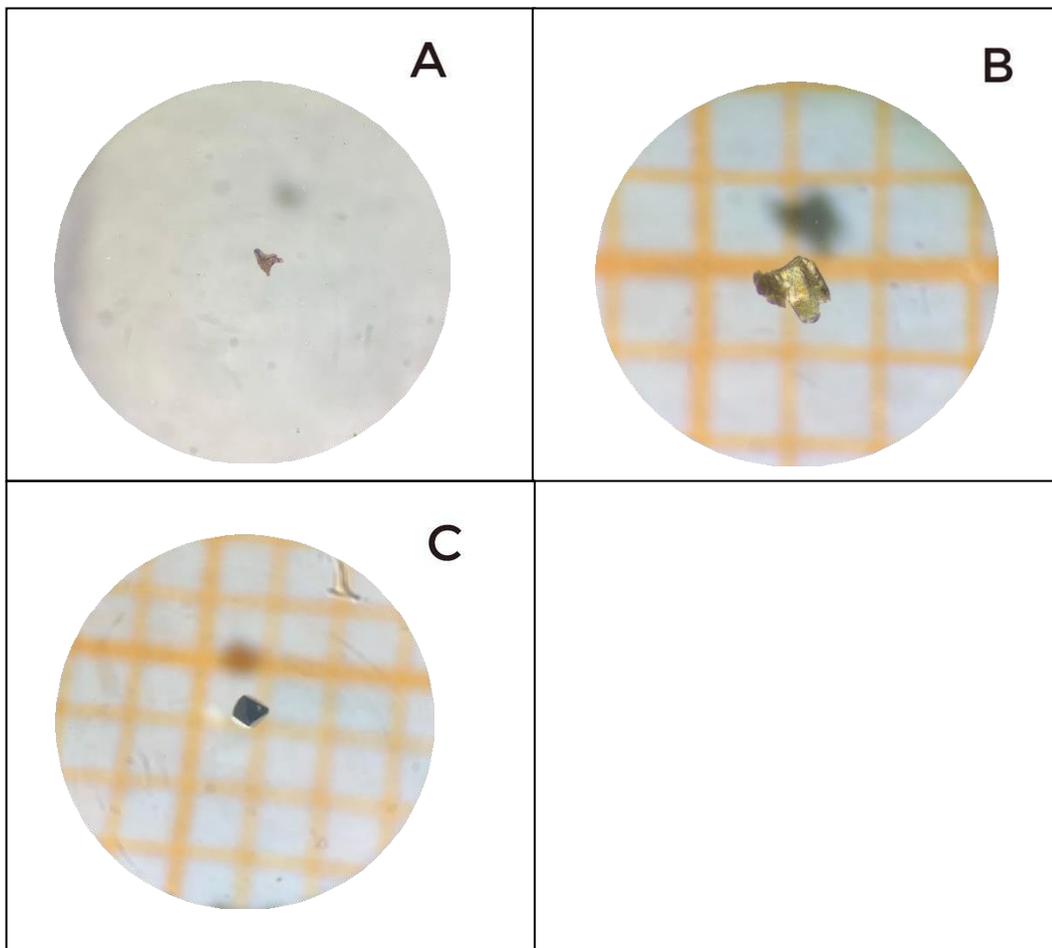


Figura 25. Minerales paramagnéticos muestra mc-4. A: Augita, B: Muscovita, C: Casiterita.

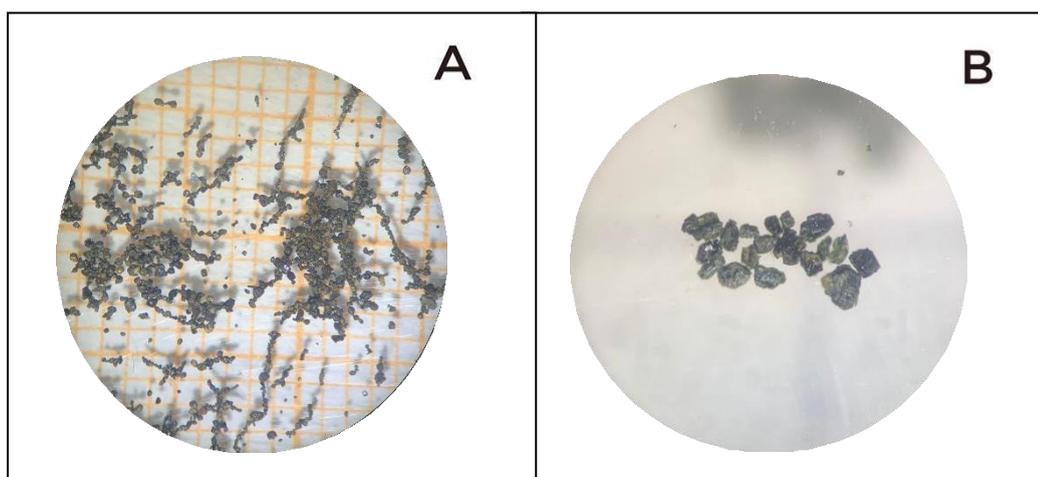


Figura 26. Minerales magnéticos muestra mc-5. A: Magnetita, B: Ilmenitas

Características de los minerales identificados

Cuarzo.- se presenta de tamaños milimétricos, son transparentes y lechosos, sus bordes son limpios, y de formas redondeadas a subredondeadas.

Circón ($Zr SiO_4$).- Se presenta en forma de prismas bipiramidales, cristalino, de varios colores (tinte marrón), con tamaños de hasta 0,5 mm. Este mineral se forma fundamentalmente en rocas de origen granítico (Ver Figura 28).

Titanita. - se observan cristales de color amarillo verdoso, en formas de cuña, prismáticos, con fractura plana, hábito tabular (Ver Figura 28).

Biotitas.- De hábito laminar, exfoliable, color parduzco, brillo vítreo, blandas.

Piroxenos.- Se observan cristales prismáticos, con sus caras poco desarrolladas, de color negro y negro verdoso.

Ilmenita.- Presenta cristales de color negro y brillo submetálico, con forma tabular, algunos con contorno hexagonal. (Ver figura 27).

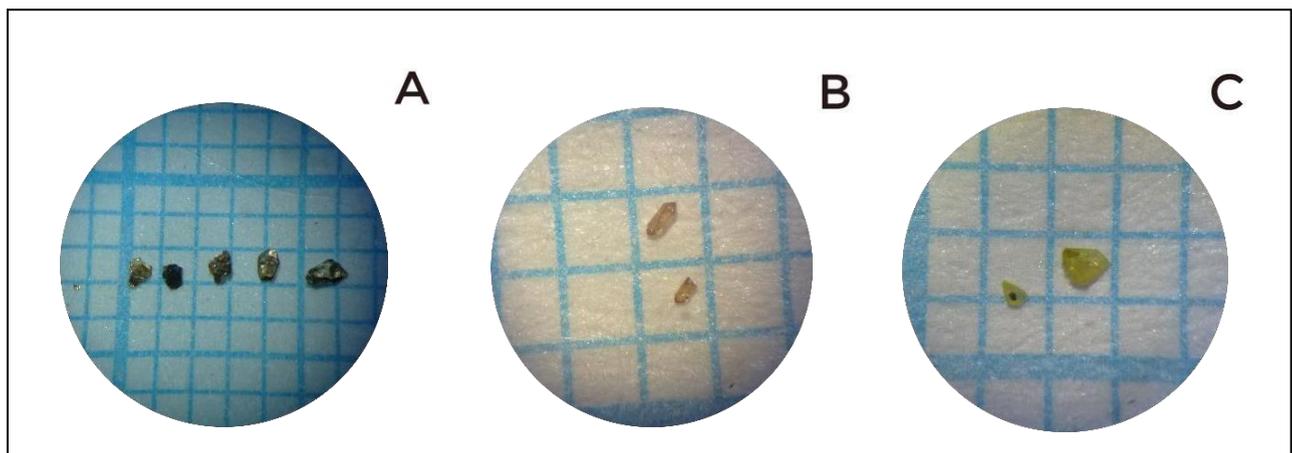


Figura 27. Minerales no magnéticos vistos bajo lupa binocular. A: Micas B: Circón C: Titanitas

En la figura 29 se pueden observar el conjunto de minerales no magnéticos con diferentes objetivos de lente, donde se observa el alto porcentaje de minerales claros; en la parte central con color verdoso se observa titanita.

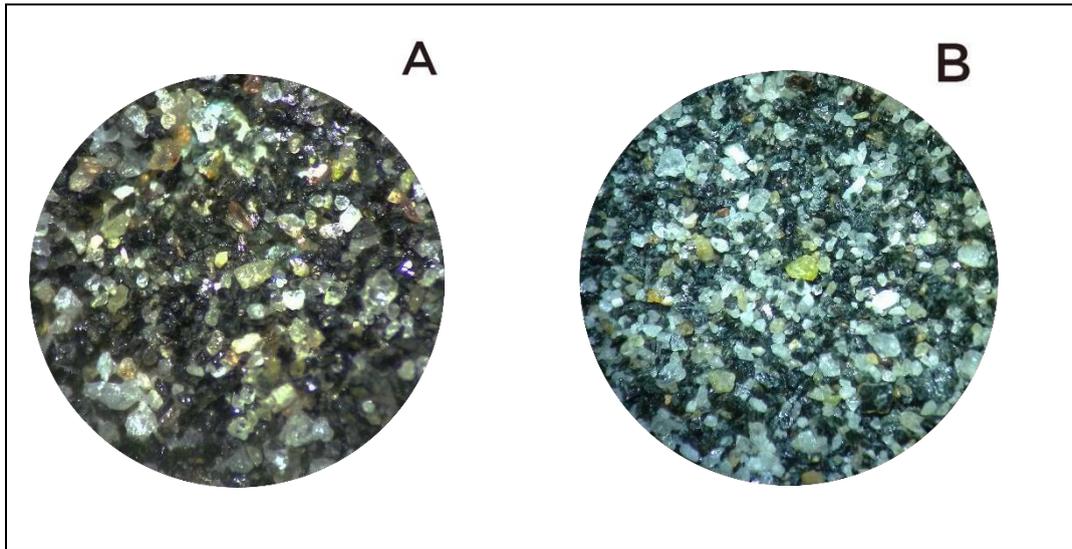


Figura 28. Conjunto de muestras de minerales no magnéticos observados bajo lupa binocular. A-B misma muestra (mc-3), pero observada con diferente objetivo o lente.

Se determinó además la presencia de una partícula de oro en la muestra 1 ubicada en las coordenadas Este: 656045 y Norte: 9678169 (ver figura 30).

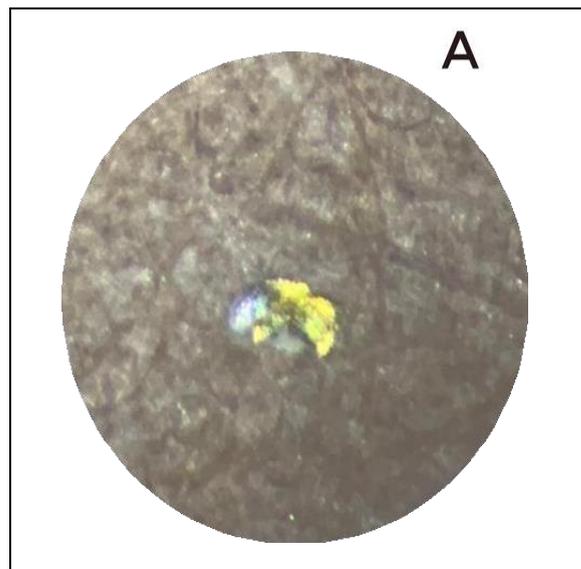


Figura 29. Partícula de oro encontrada en muestra mc-1 de concentrados pesados

Propiedades físicas observadas:

Color: amarillo-dorado

Raya: amarilla-dorada

Lustre: metálico

Transparencia: opaco

Dureza: 2.5 en escala de Mohs (se rayó con una muestra de cuarzo)

Redondez: sub-redondeado

La presencia de esta partícula indica la probabilidad de encontrar aguas arriba de la desembocadura del río Pijilí alguna zona mineralizada que sería la fuente de aporte de dicho material aurífero.

4.5 Procesamiento de datos geoquímicos

4.5.1 Datos de sedimentos de fondo

La determinación de los valores atípicos, test de normalidad, estadística descriptiva (ver tabla 13) y coeficiente de correlación de Pearson se realizó para aquel grupo de entre 18 y 20 elementos, cuyos valores presentaron resultados notables en cuanto a sus contenidos geoquímicos como elementos útiles y se consideraron también algunos elementos acompañantes.

Los valores atípicos de cada elemento analizado fueron extraídos de las bases de datos con el fin de que no generaran distorsión en la evaluación de los parámetros.

La aplicación de la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov permitió determinar si los datos eran normales, y en caso de no resultar normales se aplicó una transformación logarítmica que indicó que los datos se comportan con este tipo de distribución. Como ejemplos se muestran los gráficos del test de normalidad para el oro y cobre. En el caso del oro el test indica que su distribución no se correspondió con la normal (ver figura 31).

Tabla 13. Estadística descriptiva para el elemento oro

Variable	N	Desv. Est.	Mínimo	Media	Mediana	Máximo
Oro	19	0.0008	0.0018	0.003	0.003	0.0055

$K_s = 0.305$ (nivel de significancia)

Valor $p = 0.010$

Si $P < K_s$ = población no normal

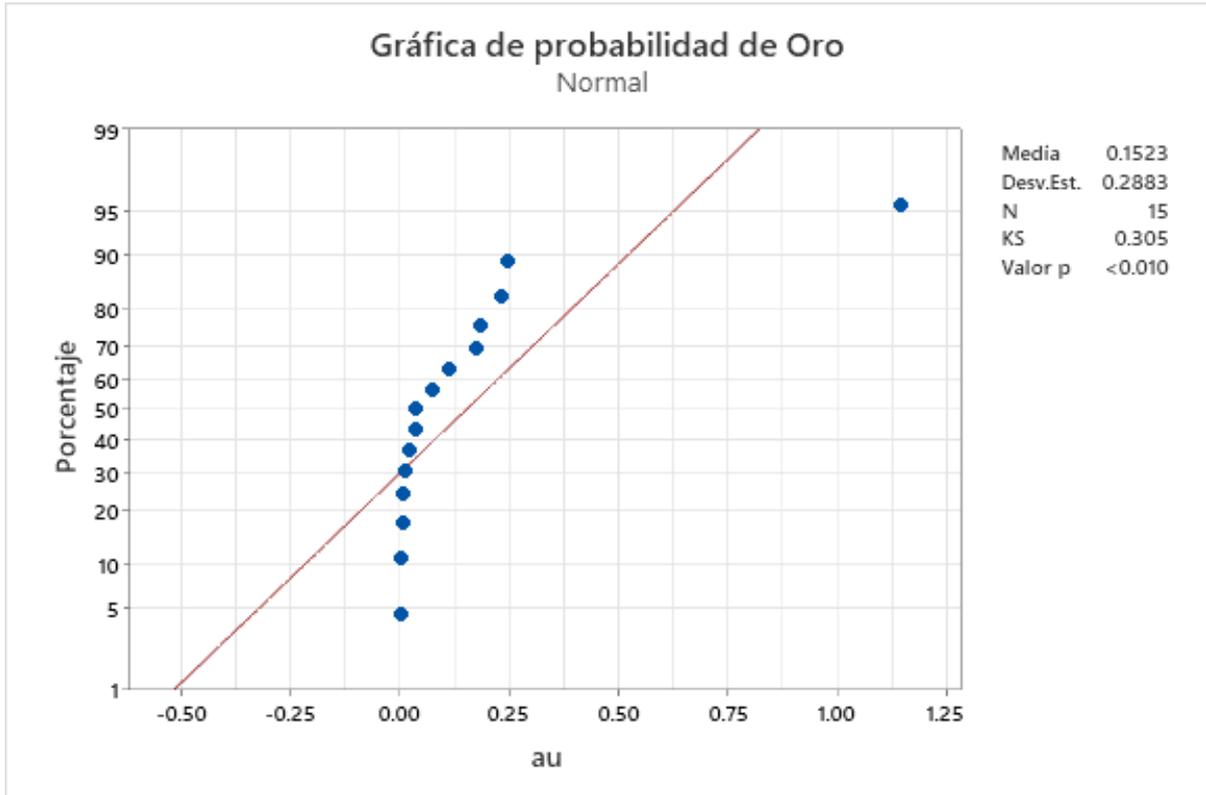


Figura 30. Gráfico de normalidad del elemento oro

Una vez aplicada la corrección se observa que los datos se ajustan a una distribución logarítmica normal (ver figura 32).

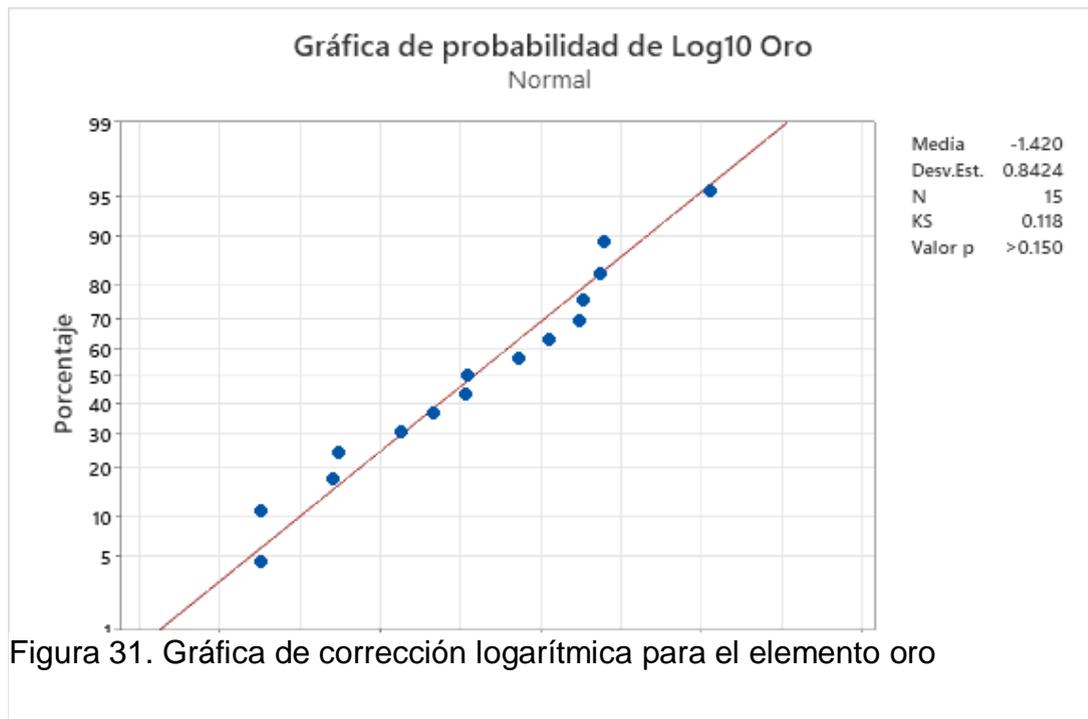


Figura 31. Gráfica de corrección logarítmica para el elemento oro

El histograma del oro con la corrección logarítmica muestra una distribución simétrica a ambos lados a partir de la media, indicando un ajuste correcto (ver figura 33).

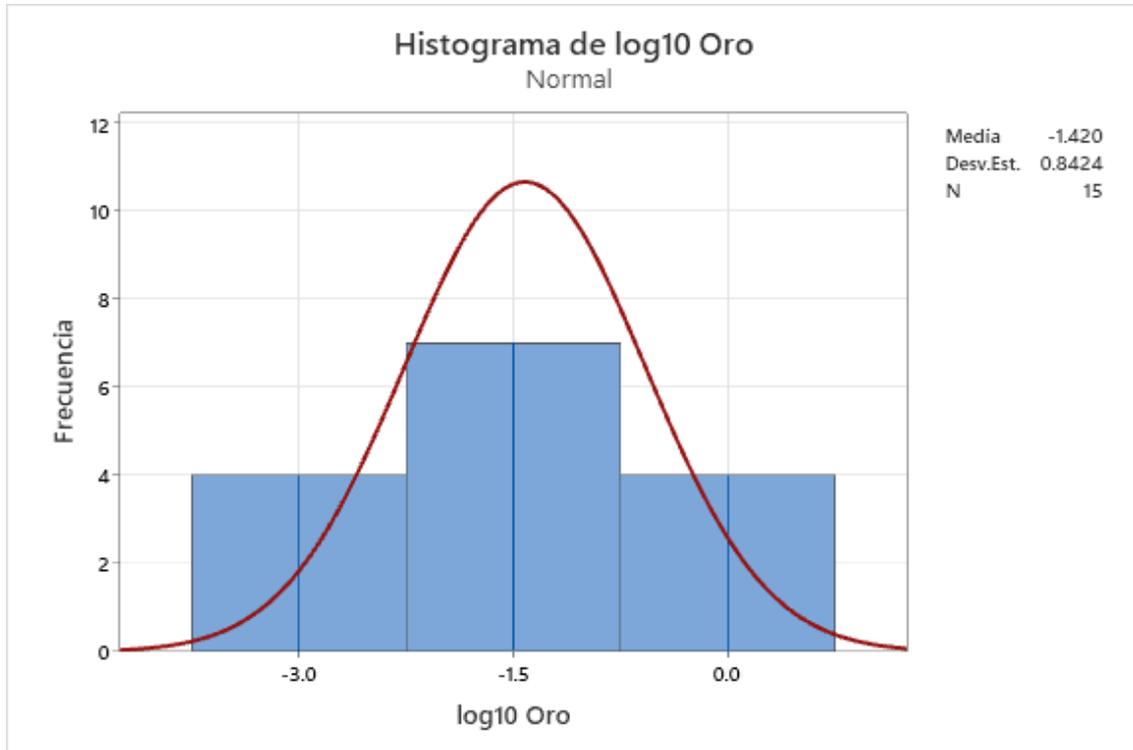


Figura 32. Histograma para el elemento oro

El elemento cobre fue uno de los que no presentó según el diagrama de cajas valores atípicos, tal como se observa en la figura 34.

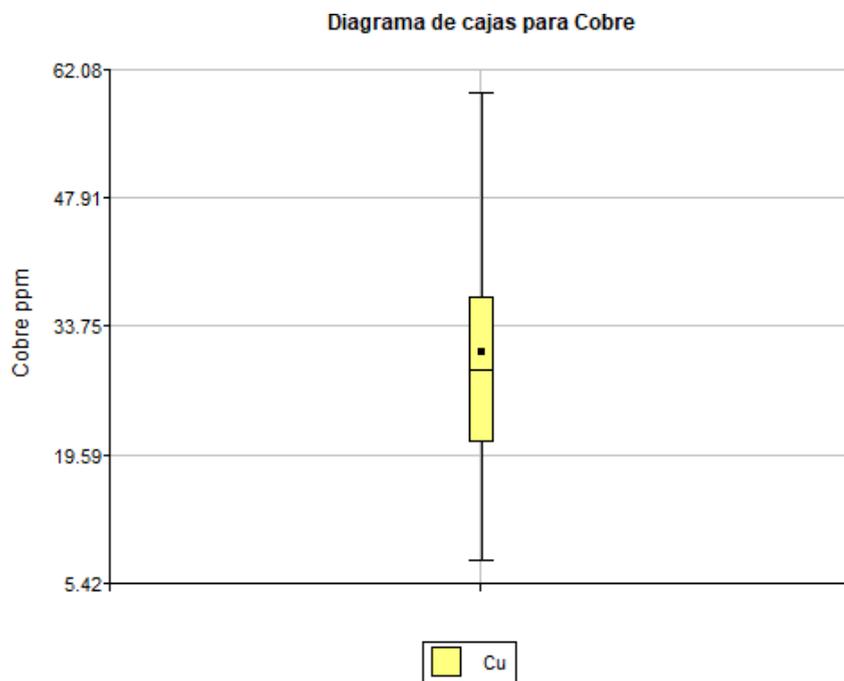


Figura 33. Diagrama de cajas para el elemento cobre

La prueba de normalidad para este elemento indicó que la distribución de los datos sí es normal ($KS < p$) por lo cual no se requirió realizar transformaciones de los mismos, tal como se observa en la figura 35.

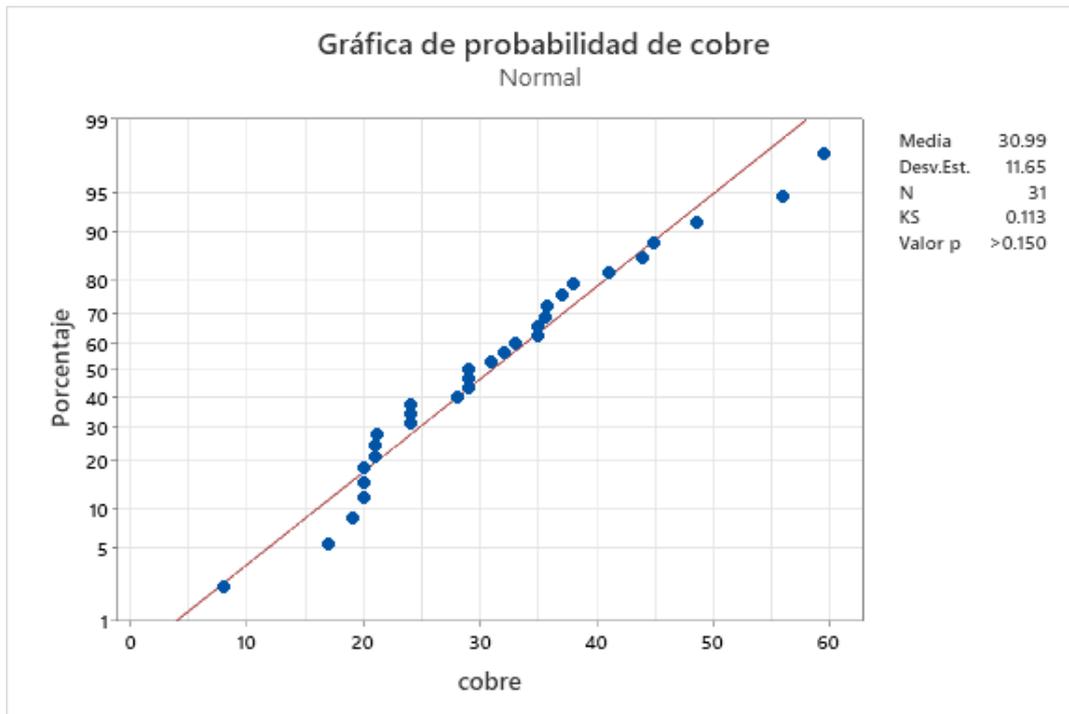


Figura 34. Gráfico de probabilidad para el elemento cobre

El Histograma para el cobre, (ver figura 36) muestra que los datos se encuentran bien distribuidos, con un pico de mayor frecuencia de aparición de datos en el rango de los valores entre 15-25 ppm. (Ver tabla 14) su estadística descriptiva.

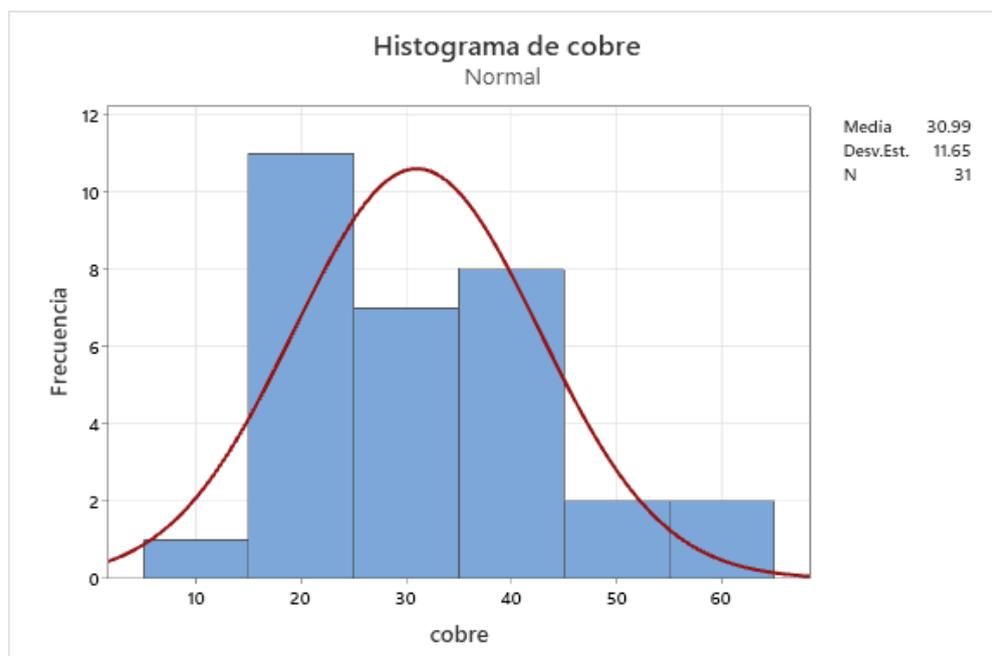


Figura 35. Histograma para el elemento cobre

Tabla 14. Estadística descriptiva para el elemento cobre.

Variable	N	Desv. Est.	Mínimo	Media	Mediana	Máximo
Cobre	31	11.65	8	30.99	29	59.5

Una vez realizado dicho procedimiento para un grupo de 18 a 20 elementos se procedió a realizar la estadística descriptiva, la cual se describe en la tabla 15.

Luego de esto se confeccionaron los mapas de anomalías geoquímicas para los 6 principales elementos indicadores de la mineralización en el área de estudio.

También se calculó el coeficiente de correlación de Pearson entre 20 elementos, donde las correlaciones obtenidas se observan en la tabla 16.

Como resultado se observa que existe correlación fuerte y moderada entre los siguientes grupos de elementos (ver tabla 16).

Correlación Fuerte: Au-Ag-Zn-Cu, Cu-Mo, Ni-Co, Zn-Cd-Pb, U-Th

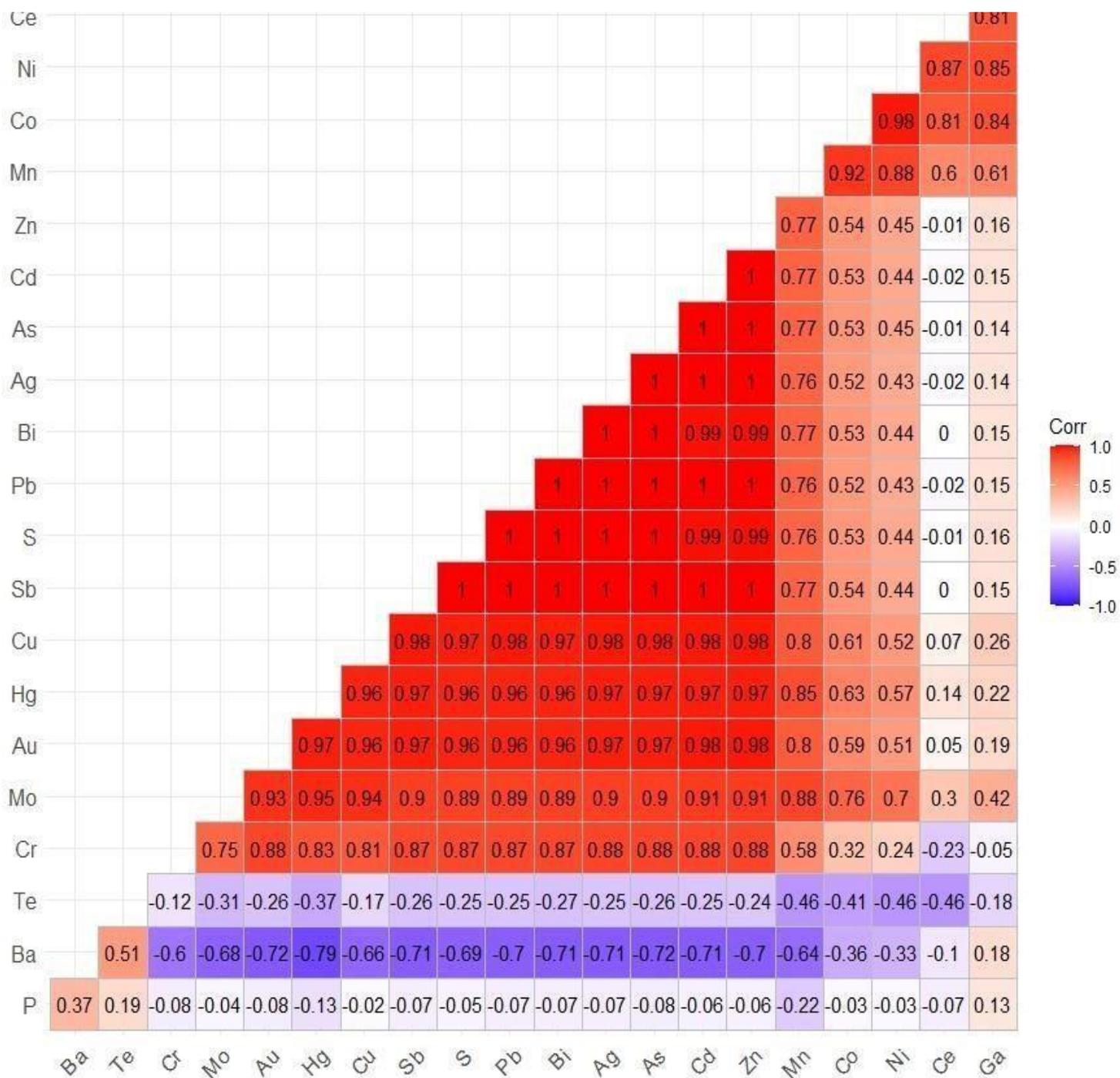
Correlación Moderada: Co(Au-Ag-As-Bi-Cd), Ni(Au-Ag-As-Bi-Cd-Cu-Mn-Mo-Pb-Sb-Zn).

Se realizó un dendrograma (ver figura 37) con distancia euclídea el cual compara la dispersión de los elementos químicos en las diferentes litologías del área que se está estudiando.

Tabla 15. Resumen de parámetros estadísticos

	unidad	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación Estándar	Fondo Geoquímico	Umbral	Anomalia Moderada	Anomalia Fuerte
Oro	ppm	0.0018	0.0055	0.003371	0.00333	0.000822	0.003371	0.004193	0.005015	0.005837
Plata	ppm	0.045	0.089	0.0695	0.072	0.01865	0.0695	0.08815	0.1068	0.12545
Cobre	ppm	8	59.5	30.99	29	11.65	30.99	42.64	54.29	65.94
Plomo	ppm	4.32	8.62	6.356	6.3	1.493	6.356	7.849	9.342	10.835
Zinc	ppm	30	46	39.092	39	4.715	39.092	43.807	48.522	53.237
Cadmio	ppm	0.094	0.217	0.1556	0.167	0.0456	0.1556	0.2012	0.2468	0.2924
Mercurio	ppm	0.012	0.069	0.03214	0.0245	0.01909	0.03214	0.05123	0.07032	0.08941
Molibdeno	ppm	0.07	0.61	0.34	0.26	0.2007	0.34	0.5407	0.7414	0.9421
Arsénico	ppm	2.66	8.4	3.69	2.66	1.765	3.69	5.455	7.22	8.985
Bario	ppm	53.9	282	131.78	121	47.89	131.78	179.67	227.56	275.45
Bismuto	ppm	0.058	1.55	0.594	0.389	0.606	0.594	1.2	1.806	2.412
Cobalto	ppm	8	18.25	10.947	10	2.758	10.947	13.705	16.463	19.221
Cromo	ppm	6	123	51.14	42	31.28	51.14	82.42	113.7	144.98
Antimonio	ppm	0.114	0.131	0.12033	0.116	0.00929	0.12033	0.12962	0.13891	0.1482
Teluro	ppm	6.66	11	7.022	6.66	1.253	7.022	8.275	9.528	10.781
Talio	ppm	0.113	0.214	0.15027	0.15	0.02443	0.15027	0.1747	0.19913	0.22356
Torio	ppm	1.425	9.47	4.996	4.725	2.343	4.996	7.339	9.682	12.025
Uranio	ppm	0.45	1.85	1.037	1.047	0.416	1.037	1.453	1.869	2.285

Tabla 16. Correlación de Pearson para 20 elementos



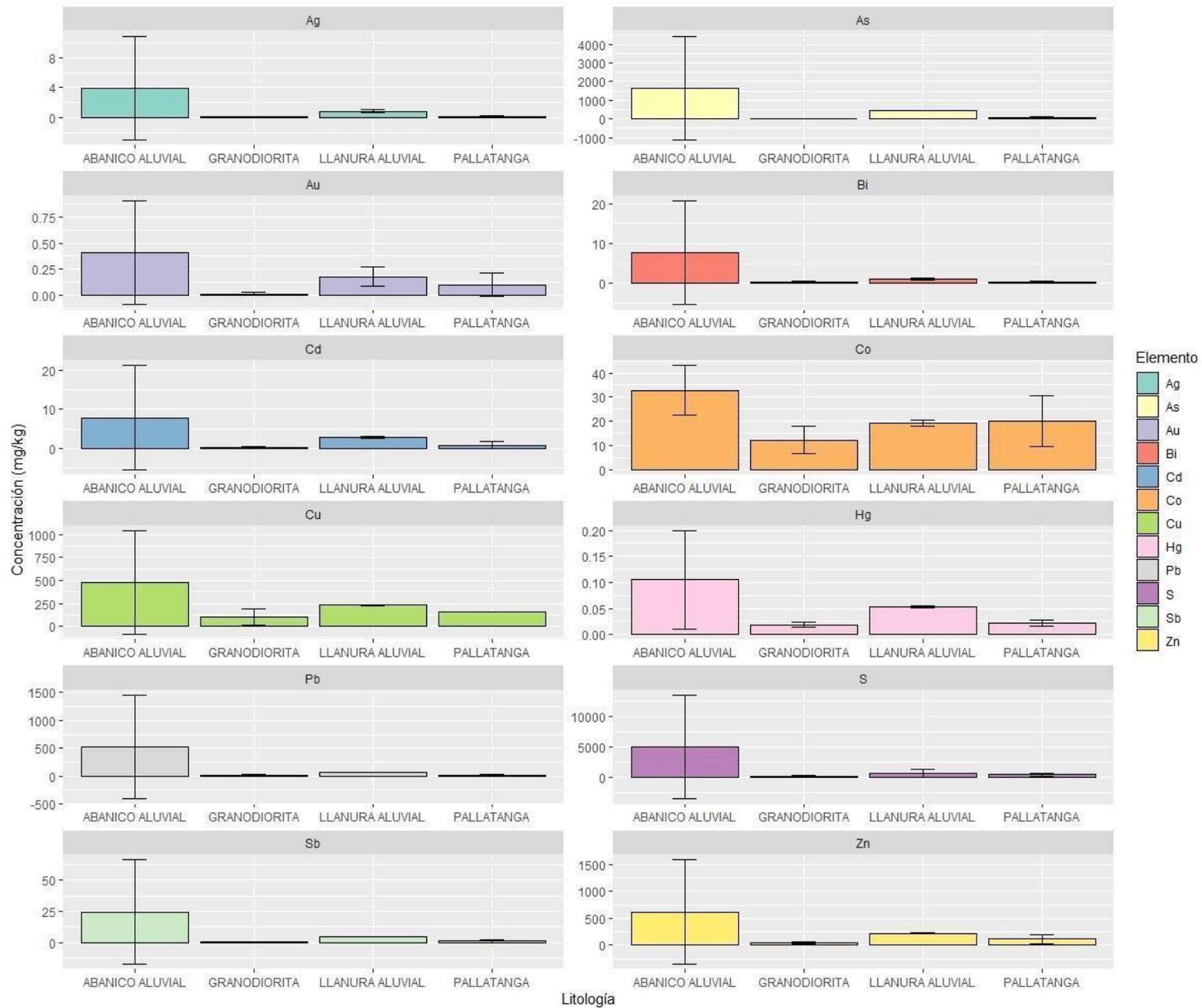


Figura 36. Gráfico que indica la dispersión de elementos según la litología

4.5.2 Datos hidrogeoquímicos

Los análisis revelaron que existen elementos con presencia anómala en el agua superficial de la zona de estudio, con respecto a sus valores promedio en aguas naturales (Ver tabla 17).

Tabla 17. Comparación de resultados de muestreos hidrogeoquímicos y contenidos promedio de elementos traza en ppm (Rose, A. et al. 1979)

Elemento químico	Muestras de agua	Resultado	Contenidos promedio de elementos traza en aguas superficiales. Modificado de Rose, A. et al. 1979
Ag	Muestra ma-2/6	0.0008	0.0003
As	Muestra ma-1/4	0.177	0.002
Cd	Muestra ma-3/7	0.0017	0.00003
	Muestra ma-4/8	0.0001	
	Muestra ma-1/4	0.0001	
Mn	Muestra ma-1/4	0.071	0.015
Pb	Muestra ma-1/4	0.045	0.003
	Muestra ma-4/8	0.004	
	Muestra ma-5/11	0.005	
Sb	Muestra ma-1/4	0.025	0.002
Zn	Muestra ma-1/4	0.147	0,005 a 0,01
	Muestra ma-2/6	0.14	
	Muestra ma-3/7	0.093	
	Muestra ma-4/8	0.089	
	Muestra ma-5/11	0.11	
	Muestra ma-6/10	0.081	

Los contenidos de dichos elementos indican que hay valores desde 4.7 veces por encima de su valor para aguas superficiales como es el caso del Manganeso, hasta 88.5 veces como es el caso del Arsénico. Es notable el valor elevado de Cadmio, con 56.6 veces por encima del promedio mencionado, el Plomo con 15.0 y el de Antimonio con 12.5 y el Zn con 14 veces el valor promedio. Todos ellos son elementos que también presentan valores anómalos en los sedimentos del fondo. La muestra 1/4, ubicada en las coordenadas Este: 658552 y Norte: 9676691, es la que posee los valores más elevados de todos los elementos analizados. A continuación, en la figura 38 se muestra el pH detectado en cada muestreo.

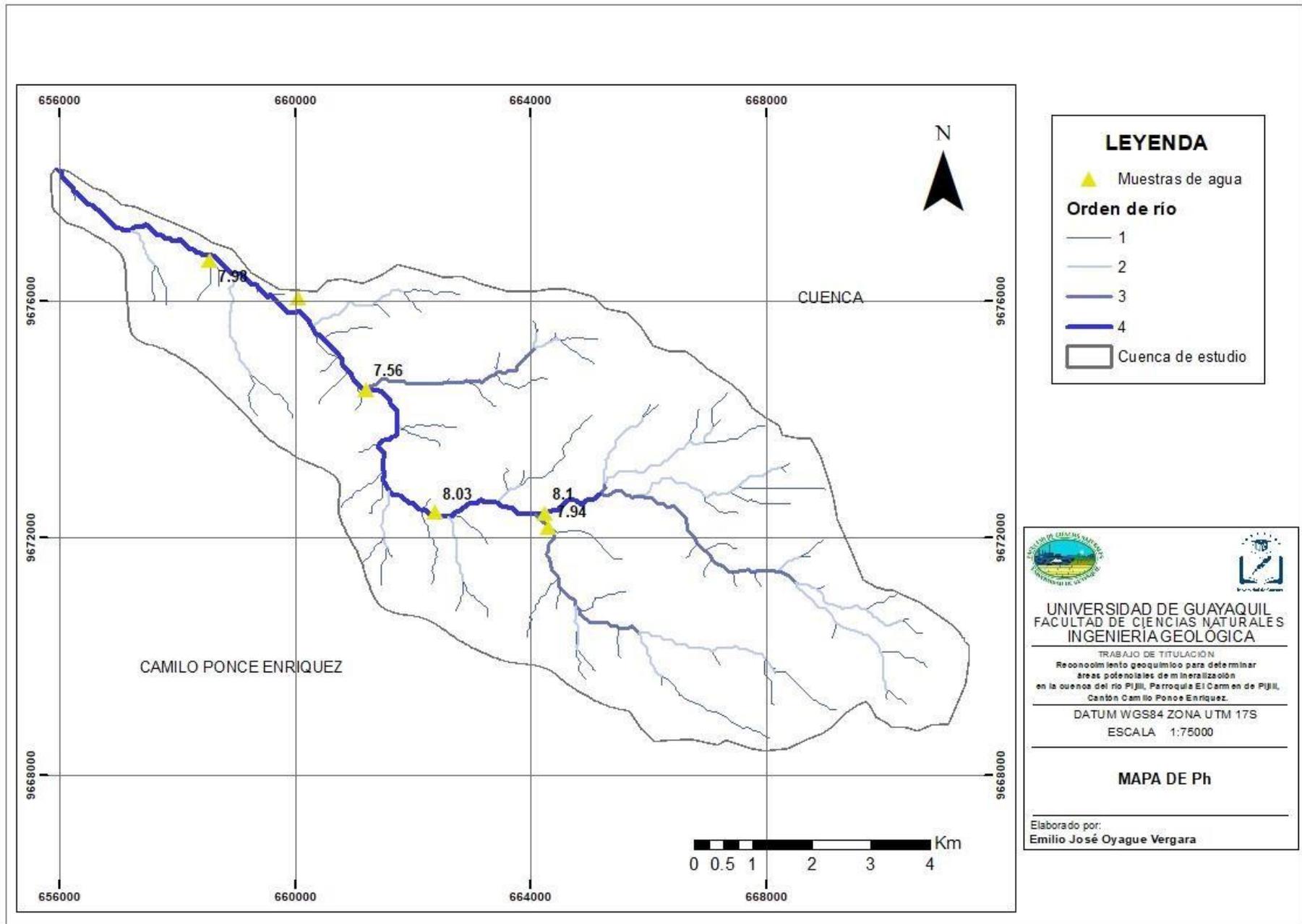


Figura 37. Mapa de resultados de pH en puntos de muestreo hidrogeoquímico de la cuenca del río Pijilí

4.6 Mapas de anomalías geoquímicas por elementos

Oro

Todos los valores de oro se presentan como Anomalías Fuertes (>0.0058 ppm), con valor máximo de 0.23 ppm. Están distribuidas desde la desembocadura del río Pijilí hasta la zona media de ésta, al noroeste y centro sur (Ver figura 39).

Más del 50% de las muestras anómalas se concentran en la zona centro sur en los afluentes de tercer y cuarto orden, coincidiendo allí tanto los resultados obtenidos en las investigaciones de PRODEMINCA como los del presente estudio, indicando una acumulación de interés potencial. Los elementos asociados al oro en su distribución son: Ag, As, Bi, Cd, Cu, Mg, Pb, Sb.

Plata

Para la plata existen contenidos en la categoría de Anomalía Fuerte (>0.125 ppm) en toda la cuenca, la mayoría se encuentran ubicados en la zona centro-sur, este y sureste de esta. Este elemento presenta un valor máximo de 14.30 ppm (Ver figura 40).

En el caso de los muestreos realizados para este estudio gran parte de las anomalías fuertes están ubicadas en los afluentes de tercer y cuarto orden cercanos a la desembocadura.

Anomalías de carácter moderado se pueden observar en la zona central de la cuenca, ubicadas en un afluente de tercer orden.

Este es uno de los elementos asociados al oro, cuyo coeficiente de correlación entre ellos es de 0.96, indicando una coincidencia en sus valores anómalos en todas las muestras y por ende una afinidad geoquímica para el tipo de mineralización presente.

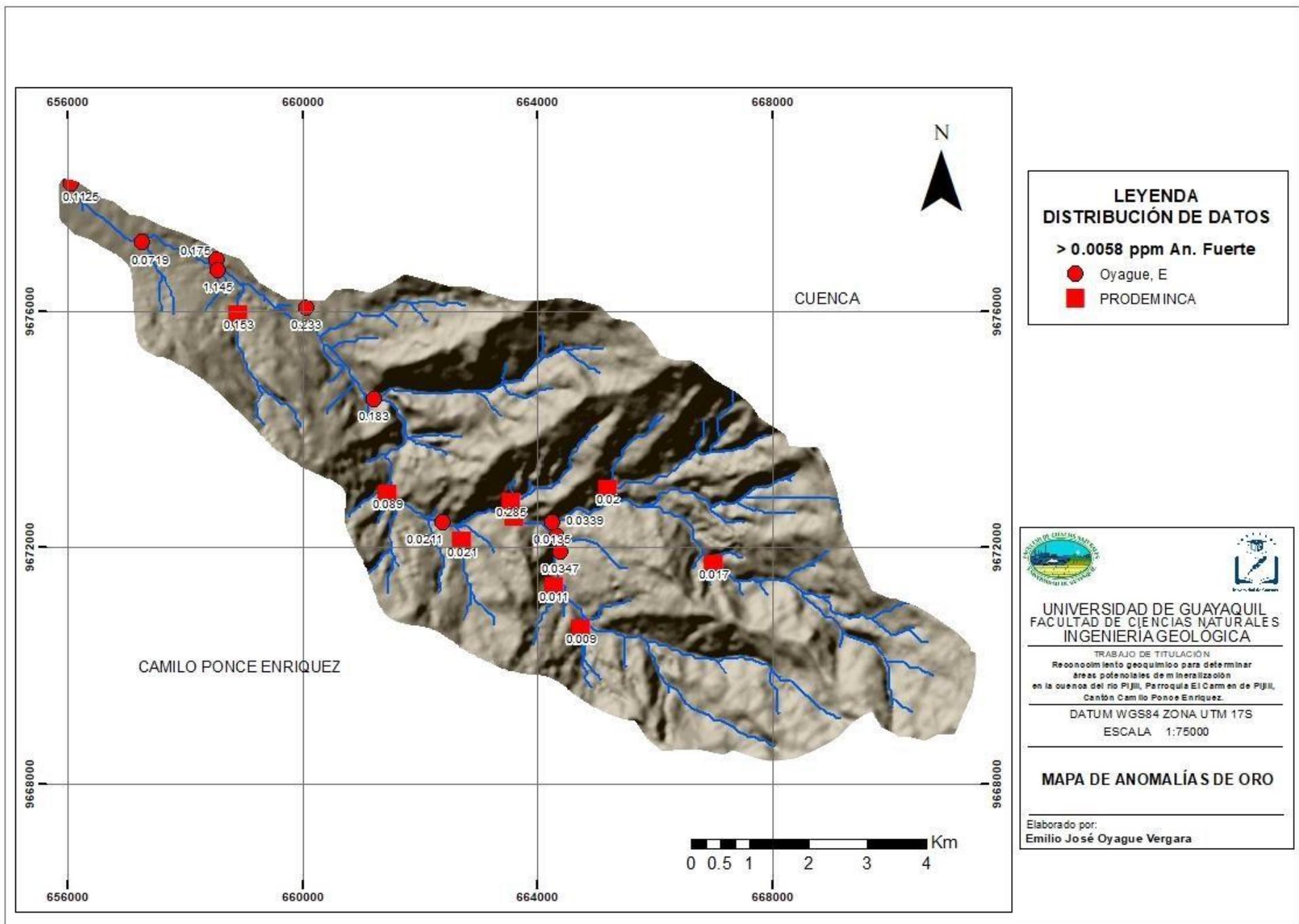


Figura 38. Mapa de contenidos anómalos para oro (cuenca río Pijilí)

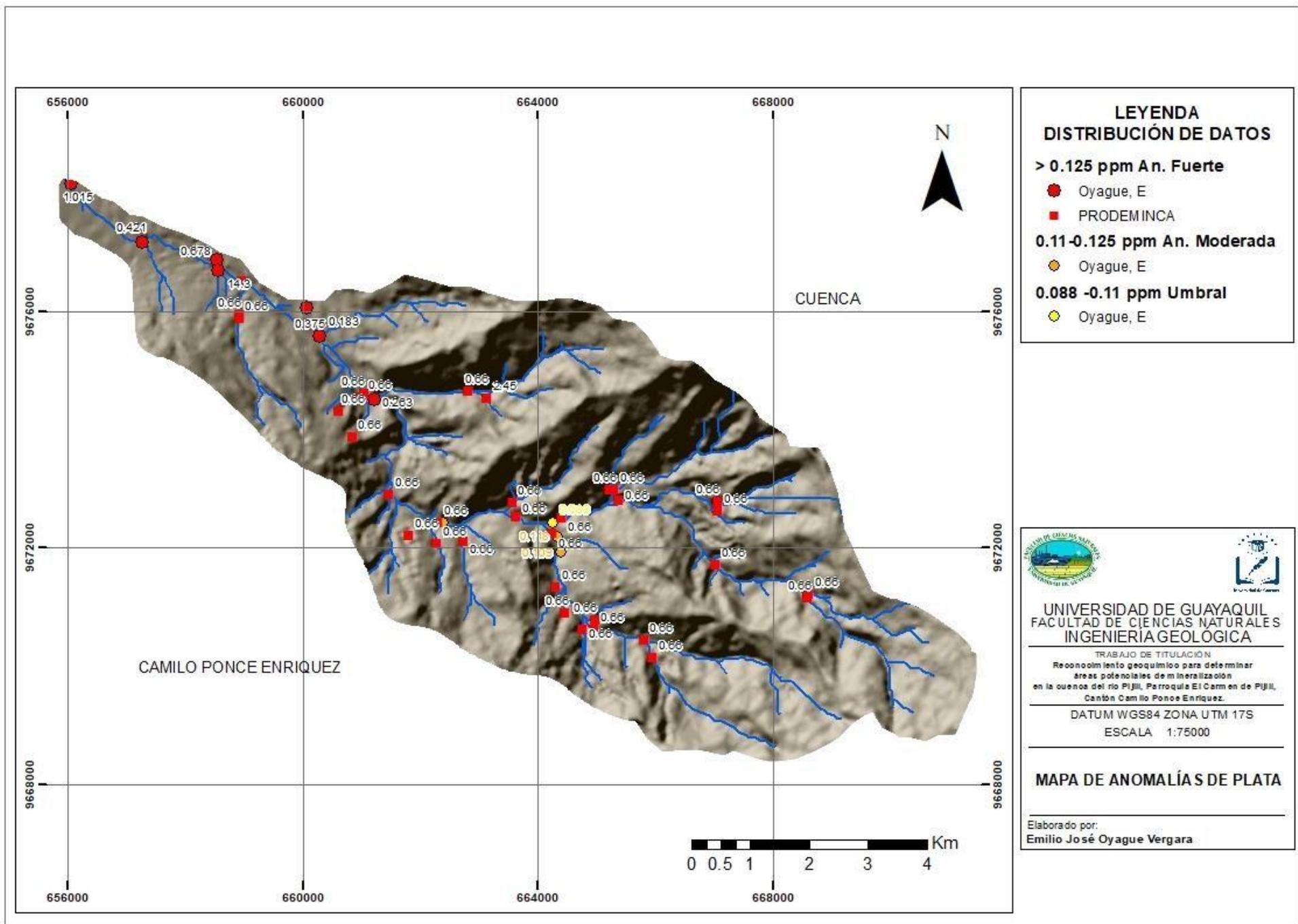


Figura 39. Mapa de contenidos anómalos para plata (cuenca río Pijilí)

Cobre

En este mapa se observan valores de Anomalía Fuerte (>65.9 ppm) con valor máximo de hasta 1330 ppm, que están concentrados al noreste, tanto en muestras de PRODEMINCA como en las realizadas para este estudio (Ver figura 41).

Valores de Anomalías Moderadas se encuentran dispersos en la zona central y sureste de la cuenca, coincidiendo con valores anómalos de molibdeno, cuyo coeficiente de correlación con el cobre es de 0.942. De igual manera este elemento se correlaciona positivamente con oro (0.964) y con plata (0.978).

Molibdeno

Gran parte de sus valores en la categoría Anomalía Fuerte están ubicados al noroeste, y presentan valor máximo de contenido de 2.83 ppm (Ver figura 42). Valores moderados de molibdeno muy presentes por toda la cuenca con valores que se encuentran en el rango de 0.54 a 0.74 ppm. Como se mencionó antes, ambos elementos, cobre y molibdeno coinciden en la presencia de anomalías en las zonas mencionadas, debido a su fuerte correlación (0.942).

Tanto el cobre como el molibdeno se correlacionan positivamente con la plata y el oro (Mo-Au= 0.934) (Mo-Ag= 0.897).

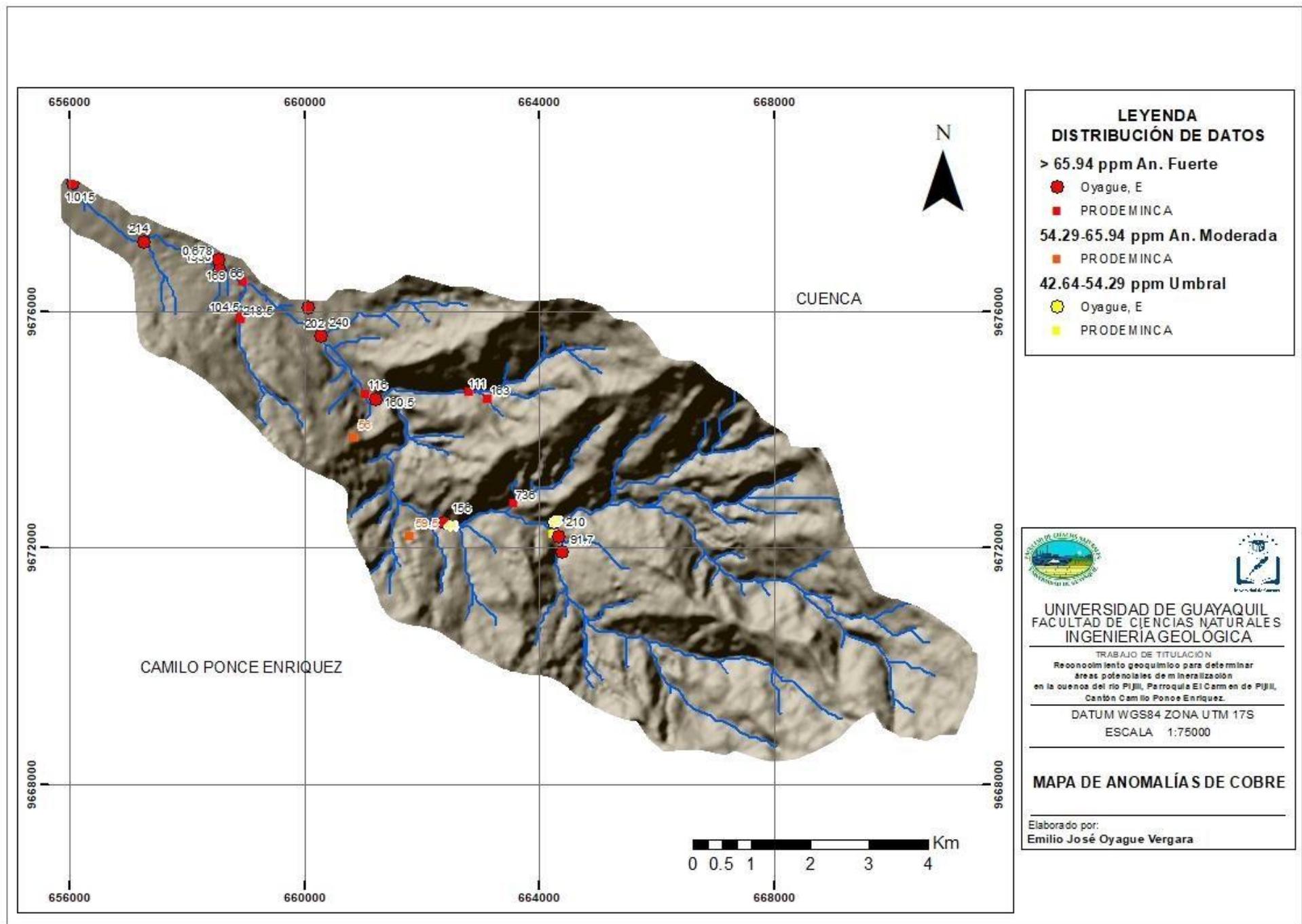


Figura 40. Mapa de contenidos anómalos para cobre (cuenca río Pijili)

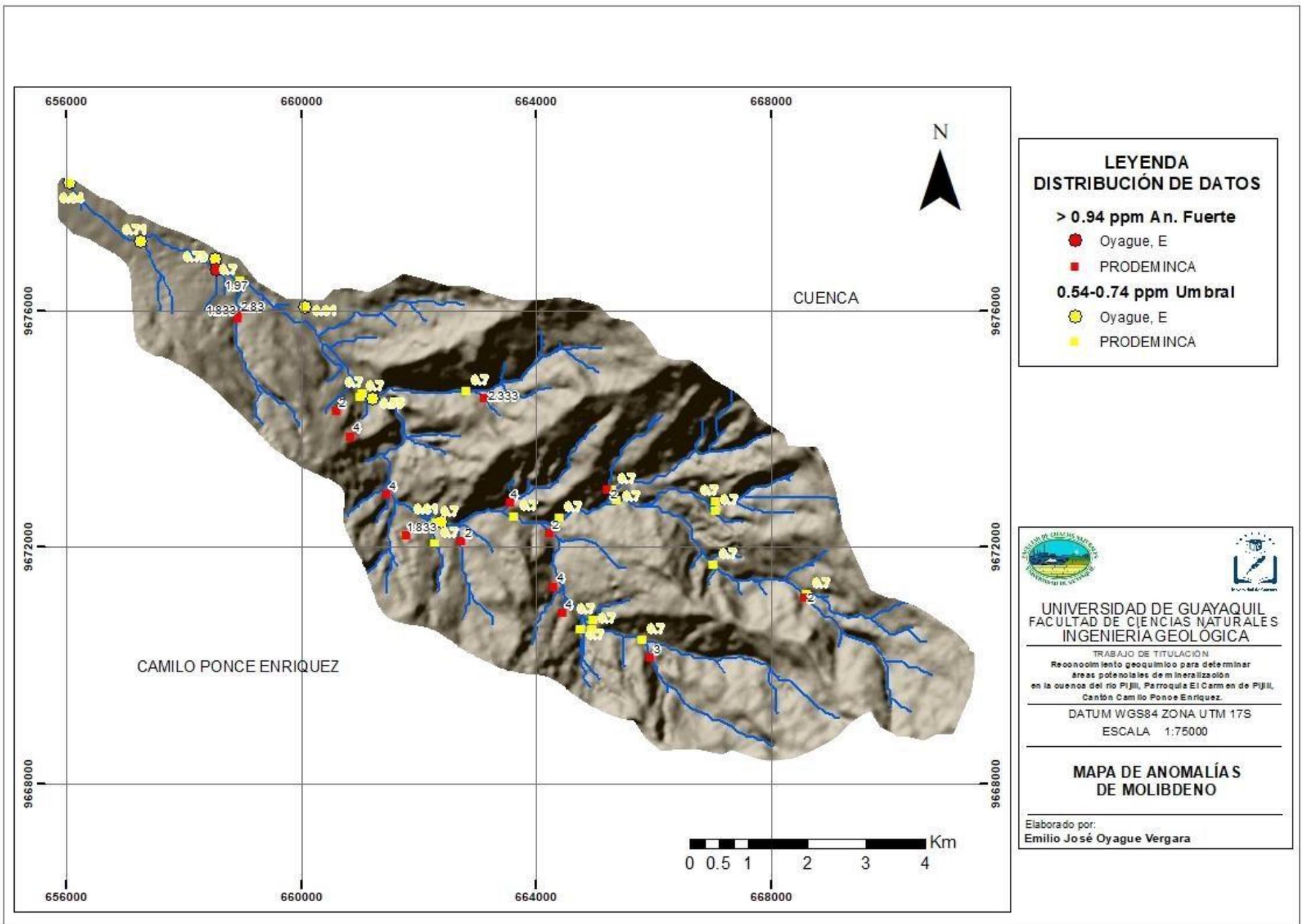


Figura 41. Mapa de contenidos anómalos para molibdeno (cuenca río Pijilí)

Plomo

Con valor máximo de 1920 ppm y Anomalía fuerte (>10.84 ppm) su distribución no es amplia debido a su carácter migratorio. Al ser un elemento con un radio iónico (Å) grande de 1.20, su capacidad migratoria es limitada y tiende a movilizarse muy poco, dando como resultado anomalías concentradas de menor dimensión que de otros elementos más móviles (Ver figura 43).

Zinc

Este elemento presenta valores de Anomalía fuerte (>53.24 ppm) donde su valor máximo es de 2070 ppm al noroeste de la cuenca (Ver figura 44).

Dicho elemento está acompañado por anomalías fuertes de cadmio (>0.2924 ppm), con valor máximo de 27.70 ppm, lo que indica su alto coeficiente de correlación con el Zn y el origen geogénico de dichos valores. El plomo también acompaña al zinc con una correlación de 0.996 y una anomalía fuerte (>10.84 ppm) (ver figura 46).

4.7 Mapa de zonas potenciales de mineralización

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos para los tres métodos utilizados (sedimentos del fondo, concentrados pesados e hidrogeoquímica), además de las características geológicas de la zona y los antecedentes mineros de explotación en la misma, se elaboró el mapa con las zonas potenciales para los principales metales indicadores de mineralización: oro, plata, cobre, molibdeno, plomo y zinc, delimitándose 4 zonas con favorable potencial mineral, en las cuales se propone continuar trabajos de exploración para confirmar o descartar dicho potencial (Ver figura 45).

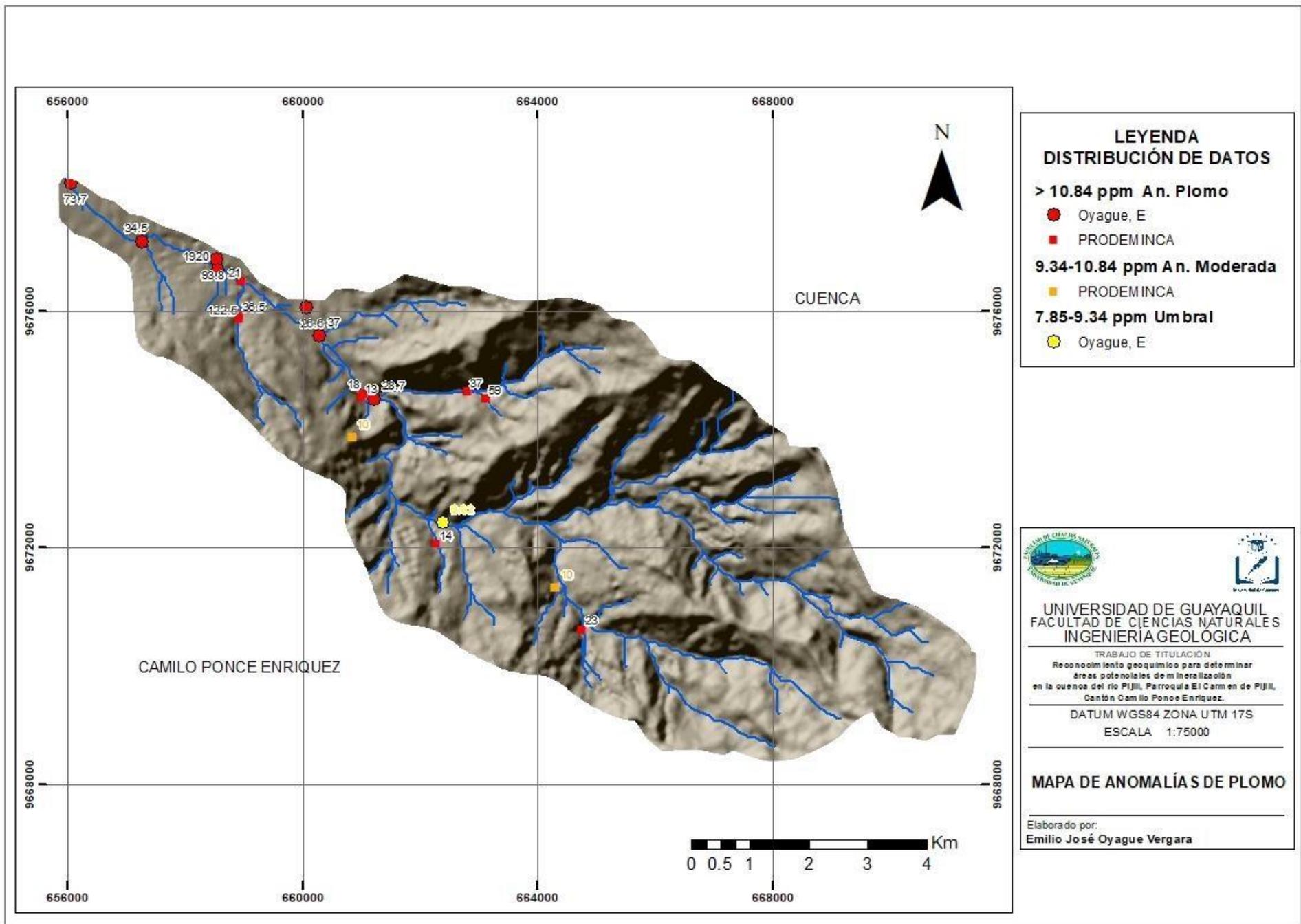


Figura 42. Mapa de contenidos anómalos para plomo (cuenca río Pijili)

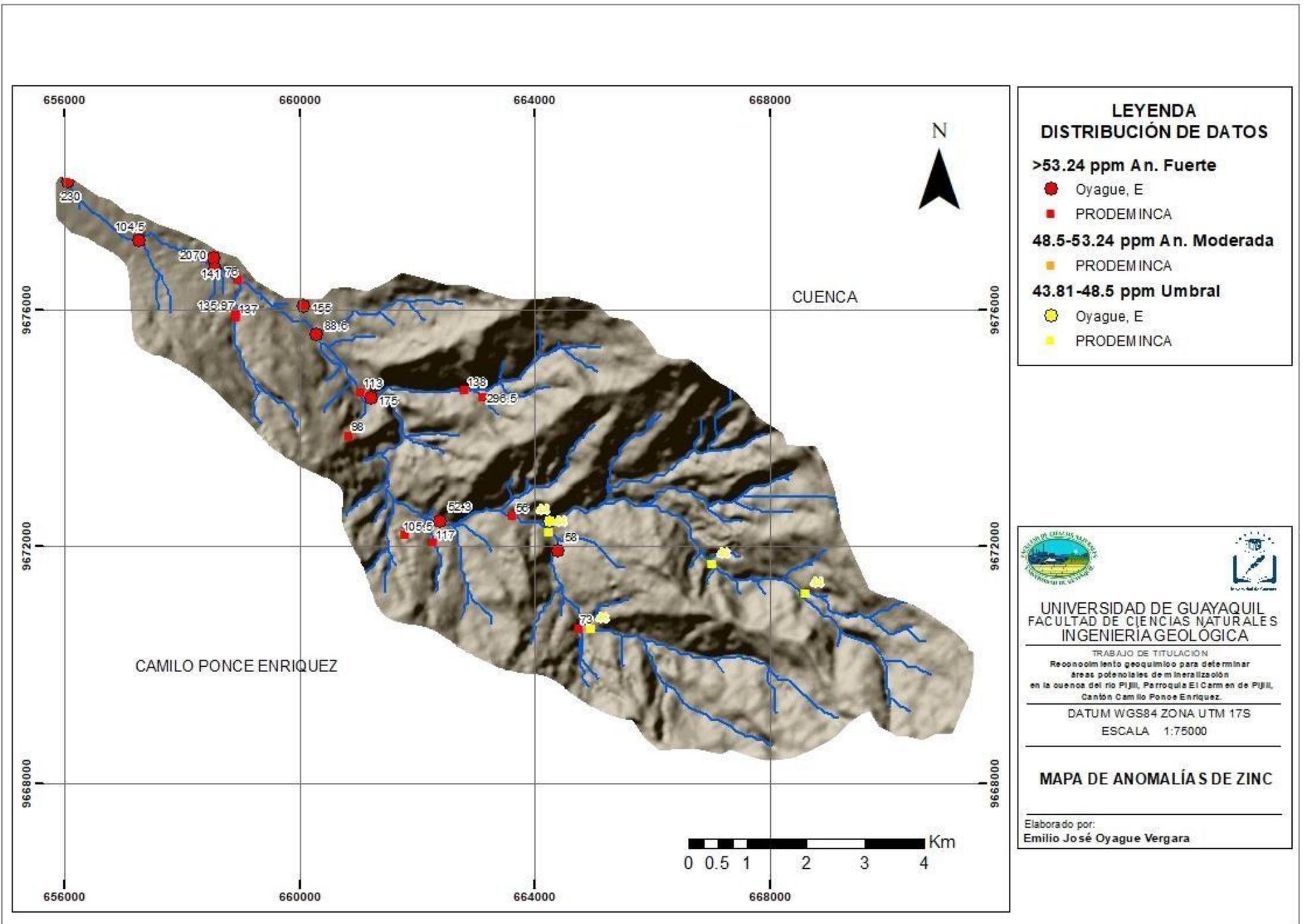


Figura 43. Mapa de contenidos anómalos para zinc (cuenca río Pijilí)

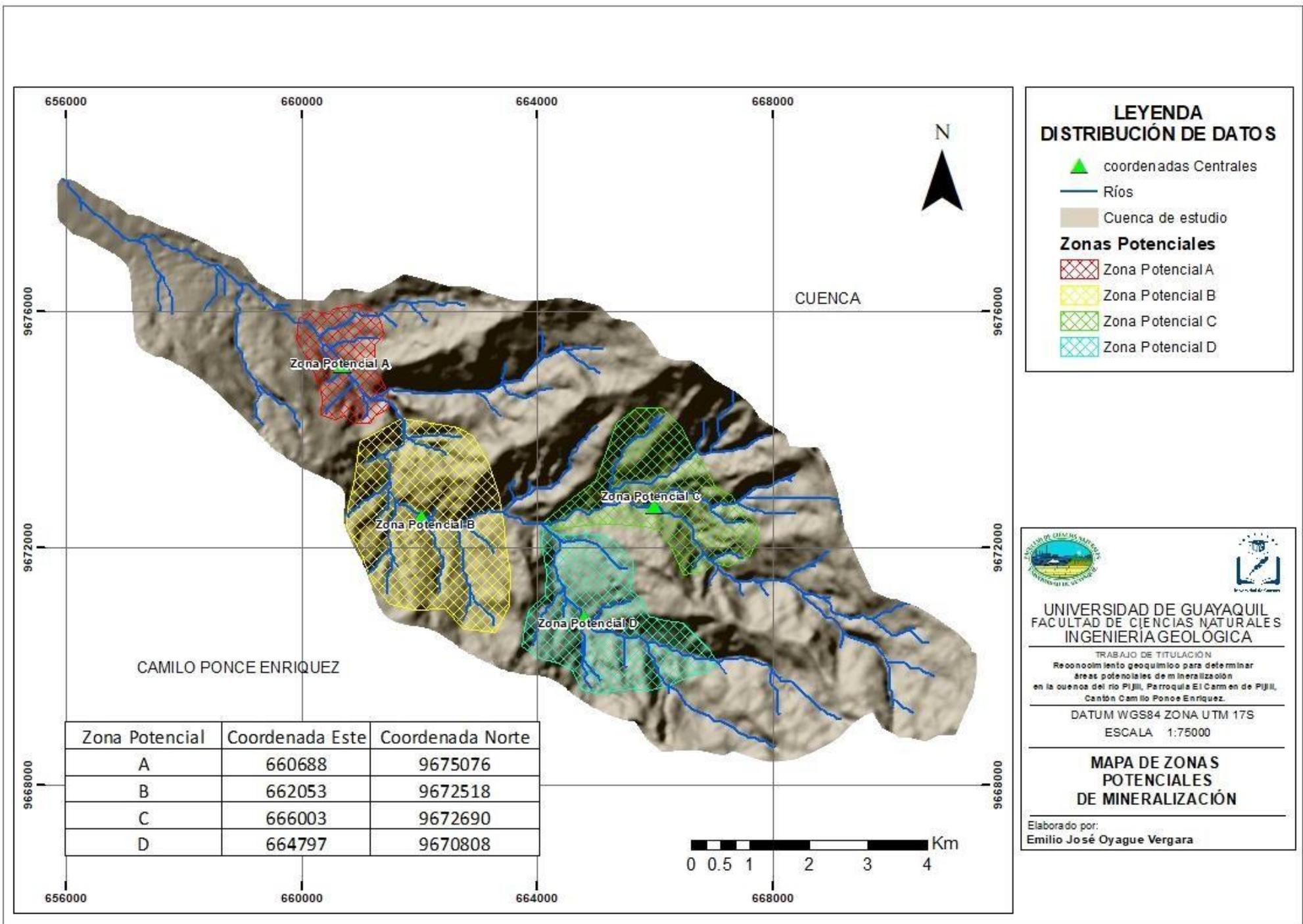


Figura 44. Mapa de zonas potenciales de mineralización dentro de la cuenca del río Pijilí

Capítulo V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los parámetros morfométricos de la microcuenca indicaron que es muy alargada, montañosa, con relieves muy accidentados, lo que conlleva a que las aguas que escurren en ella tiendan ser desplazadas con mayor energía y en lapsos de tiempo menores, intensificándose con ello los procesos de erosión, transporte y sedimentación de sedimentos desde las partes más altas hacia las más bajas. Esto influye en que se encuentre una menor cantidad de sedimentos acumulados en las partes altas y medias de la cuenca, y una mayor acumulación en la desembocadura del río.

En los datos hidrogeoquímicos se observaron valores elevados de elementos como potasio, sodio, magnesio, calcio, constituyentes mayoritarios de estas aguas, conjuntamente con los iones carbonatos, bicarbonatos y sulfatos, debido a que son altamente solubles, influyendo en que el pH de la misma fuera básico, por ende, la mayoría de los cationes metálicos divalentes tienden a precipitar desde el agua hacia los sedimentos, conjuntamente con material coloidal arcilloso y de óxidos e hidróxidos de hierro y manganeso, por la capacidad de intercambio catiónico elevada de estas fracciones.

Es por esto que las concentraciones de los elementos químicos analizados en el agua presentan valores menos contrastantes que en los sedimentos del fondo.

Mediante análisis de sedimentos del fondo y en dependencia de la geología del área con presencia de pórfidos granodioríticos y vetas alteradas se llevó a cabo la elección de los elementos asociados a tales tipos de mineralización siendo oro, plata, plomo, zinc, cobre y molibdeno los elementos con valores anómalos que presentan potencialidad de formar zonas enriquecidas.

La muestra de sedimentos ms-4 (ver figura 23) dio los más altos valores en contenido de elementos detectados (ver anexo 2 – Resultados de muestras de sedimentos del fondo). Todo debido a la presencia de frontones mineros muy cercanos a dicho punto de muestreo, los cuales influyen en los resultados por sus desechos hacia los afluentes cercanos transportando así el material hacia zonas más bajas.

Se determinó en las muestras de concentrados pesados minerales que se presentan en vetas hidrotermales como (calcopirita, bornita, arsenopirita, cuarzo) pudiendo estar asociados a elementos de potencial económico como oro, plata y cobre.

Los datos de PRODEMİNCA se tuvieron en cuenta para ser utilizados en el proceso estadístico y para tener un conocimiento claro de que elementos están presentes o no dentro del área de estudio. Durante el proceso se pudo constatar mediante análisis de correlación de Pearson que los elementos detectados por PRODEMİNCA no mantenían una correlación positiva, todo debido al método de detección utilizado (ICP-ES) espectrometría de emisión de plasma inductivamente acoplado; no siendo igual al que utilizó el laboratorio al cual se enviaron las muestras (ICP-MS) espectrometría de masas de plasma. No existió una sensibilidad en la detección de elementos para poder realizar una comparación de datos entre PRODEMİNCA y los datos de sedimentos resultantes en este trabajo.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

En este trabajo de titulación llego a las siguientes conclusiones

Las características Físicas y Morfométricas de la cuenca y de la red fluvial (pendientes muy accidentadas, predominio de afluentes de orden 1, 2 y 3, con caudal moderadamente alto) indican un aporte de material particulado muy activo que se traslada de forma inmediata hacia el río de orden 4 (río Pijilí).

En las muestras de concentrados pesados se describieron minerales en la fracción no magnética como olivinos, piroxenos, biotitas, ilmenitas y magnetitas muy características de hallarse en rocas máficas o ultramáficas las cuales formarían parte de la Unidad Pallatanga, conformada por rocas ultrabásicas.

Cuarzo, titanita, biotita, augita asociadas a rocas de composición intermedia como las granodioritas presentes en la zona estudiada. Además, se encontraron minerales de origen hidrotermal como calcopirita, arsenopirita, bornita, hematita, casiterita producto de alteraciones en vetas presentes en las granodioritas.

Se detectó en la muestra mc-1, cercana a la desembocadura del río una partícula de oro sub-redondeada, un fuerte color amarillo-dorado, opaca y metálica; se infiere que su fuente de aporte proviene de la misma cuenca aguas arriba, y muestra el probable potencial para dicho mineral. En las muestras (mc-2, mc-3, mc-4, mc-5, mc-6) no fue detectado tal mineral.

Los elementos químicos con anomalías fuertes en el sector son los metales base, fundamentalmente oro, plata, plomo y zinc, además de cobre y molibdeno, con valores anómalos tanto en los sedimentos del fondo como en las aguas, aunque en estas últimas en menor medida.

El pH de las aguas es básico (7-8), afectando la capacidad migratoria del grupo de elementos metálicos potenciales, provocando su precipitación a los sedimentos, conjuntamente con material coloidal como arcillas y óxidos e hidróxidos de hierro.

Por las asociaciones de elementos químicos presentes para depósito tipo pórfido de cobre y depósito en vetas de metales base (ver tabla 8), las características geológicas y los antecedentes mineros de la zona, se confirma la potencialidad de esta para depósitos de Cu, Au, Mo con elementos asociados como Ag, Zn en pórfidos y brechas, en áreas que se encuentran próximas al batolito de Chaucha. En las vetas y stockworks epi-mesotermiales, alojados en rocas volcánicas se presentan como potenciales los metales base tales como Pb, Zn, Cu y elementos asociados como Au, Ag, Sb, Mn, para las áreas comprendidas entre las granodioritas y las rocas de la Unidad Pallatanga.

Se identificaron 4 sectores potenciales (Zona Potencial A, Zona Potencial B, Zona Potencial C, Zona Potencial D), ubicados en la cuenca con coordenadas centrales Este y Norte: 660688 – 9675076, 662053 – 9672518, 666003 – 9672690, 664797 – 9670808 respectivamente.

De los cuales se recomienda continuar los trabajos de exploración, con el siguiente orden de prioridad según las características determinadas en cada zona: 1. Zona Potencial D y Zona Potencial A, 2. Zona Potencial B, 3. Zona Potencial C.

Se eligió tal orden de prioridad como primer lugar a explorar la Zona Potencial D por su alto contenido en Oro y Plata, donde coinciden muestras de valores elevados para los siguientes elementos: Oro 0.285 ppm siendo 49 veces su valor de Anomalía fuerte, Plata 0.66 ppm siendo 5.28 veces su valor de Anomalía Fuerte, Cobre 210 ppm siendo 3.18 veces su valor de Anomalía Fuerte, Molibdeno 4 ppm siendo 4.25 veces su valor de Anomalía Fuerte, para Plomo y Zinc existen valores anómalos en la zona pero son más bajos que otras zonas.

Como segunda zona a explorar recomiendo la Zona Potencial A contiene valores altos en Oro de 0.233 ppm, Plata 0.375 ppm, Cobre 240 ppm, Molibdeno 4 ppm siendo 4,1 veces su valor de Anomalía Fuerte, Plomo 59 ppm siendo 5,44 veces su valor de Anomalía Fuerte, Zinc 296.5 ppm siendo 5.57 veces su valor de anomalía Fuerte.

Zonas B y C contienen valores de Anomalía fuerte, Anomalía moderada y umbral más bajos que las Zonas D y A.

RECOMENDACIONES

- Continuar los estudios de exploración en las zonas con potencial mineral para confirmar o descartar la presencia de cuerpos con valor económico.
- Realizar en la zona adyacente a las áreas potenciales muestreos de roca y suelos con el fin de detallar y precisar las características de los probables prospectos.

REFERENCIAS

Alcántara, J. L. (2008). Caracterización Hidromorfométrica de la Microcuenca Puyllucana Baños del Inca - Cajamarca, mediante la aplicación de ArcGis. Universidad Nacional de Cajamarca. Retrieved from <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1009>

Baldeon, L. C. (2016). Modelamiento Hidrológico de la Subcuenca del rio Ahamayo. Universidad del Centro del Perú.

Baldock, J.W. (1982)- Geología del Ecuador: Boletín de la explicación del Mapa Geológico de la Republica del Ecuador, Esc. 1:1'000 000., Min. Rec. Nat. Energ., Quito.

Boland, M. P., Ibandango, C., McCourt, W., Aspden, J., Hughes, R., & Beate, B. (2000). Geology of the Western Cordillera between 0°-1°N, Proyecto de Desarrollo Minero y Control Ambiental, Programa de Información cartográfica y Geológica. Informe No. 10. CODIGEM-BGS, Quito, Ecuador.

Cañibano, A., Sastre, P., & D'Andrea, R. (2016). Área y perímetro para la caracterización de formas. SUMA.

Clavijo, L. X., & Pérez, C. C. (2016). Cálculo del Caudal de Crecientes en la Quebrada Canoas hasta su Desembocadura en la Quebrada Tapias, Municipio de Cuitiva, Departamento de Boyacá. IOSR Journal of Economics and Finance. <https://doi.org/https://doi.org/10.3929/ethz-b-000238666>.

Demetrio, M. (2016). Caracterización hidrográfica de la cuenca Ayuquila- Armería mediante la aplicación de un sistema de información geográfica. UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA. Autlan de Navarro, Jalisco, México. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4581.1440>

Dunkley, P. & Gaibor, A., (1997). Geology of the Cordillera Occidental of Ecuador between 2°-3°S. Proyecto de Desarrollo Minero y Control Ambiental, Programa de Información Cartográfica y Geológica, CODIGEM-BGS, Informe 2, Quito.

Eguez, A., Bourgois, J., (1986). La Formación Apagua, edad y posición estructural en la Cordillera Occidental del Ecuador. Cuarto Congreso Ecuatoriano de Geología, Minas y Petróleo, 1. 161-178.

Gaspari, F. J., Rodríguez, A. M., Senisterra, G. E., Delgado, M. I., & Besteiro, S. (2013). Elementos metodológicos para el manejo de cuencas hidrográficas, Editorial de la Universidad de La Plata.

Gaspari, F. J., Rodríguez, a., Senisterra, G. E., Denegri, G., Delgado, M., & Besteiro, S. (2012). Caracterización morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, 143-158.

Guerra, F., & Gonzáles, J. (2002). Caracterización Morfométrica de la cuenca de la quebrada La Bermeja, San Cristóbal, Estado Tachira, Venezuela. Geoenseñanza, (1316-6077).

Gutscher et al. (1999), Tectonic segmentation of the North Andean margin: impact of the Carnegie Ridge collision. Earth and Planetary Science Letters 168. pp 255-270.

Hughes & Pilatasig (2002). Cretaceous and Tertiary terrane accretion in the Cordillera Occidental of the Ecuadorian Andes. Tectonophysics 345. pp 29-48.

Hughes, R., & Bermudez, R. (1977). Geology of the Cordillera Occidental of Ecuador between 0°00 and 1° 00'S. Proyecto de desarrollo minero y control ambiental, programa de información cartográfica y geológica. Report Number 4, CODIGEM - British Geological Survey, Quito, Ecuador.

INIGEMM. (2017). Mapa geológico Tenguel 1:100.000. Mapa. Dirección de Geología, Proyecto de Investigación Geológica y Disponibilidad de Ocurrencias de Recursos Minerales en el Territorio Ecuatoriano. Quito.

Jardi, M. (1985). Análisis de las variables morfométricas que nos la definen. *Revista de Geografía*, MIX, 41-68.

Kerr, A., Aspden, J., Tarney, J., & Pilatasig, L. (2002). The nature and provenance of accreted oceanic terranes in western Ecuador: geochemical and tectonic constraints. *Journal of the Geological Society, London*, 159, 577-594.

Lepeltier, C., (1969), A Simplified Statistical Treatment of Geochemical Data by Graphical Representati: *Economic Geology*, p. 544

Litherland, M., Aspden, J.A, (1992). Terrane-boundary reactivation: a control on the evolution of the Northern Andes. *Journal of South American Earth Sciences* 5, 71-76.

Litherland, M., Aspden, J.A, (1992). Terrane-boundary reactivation: a control on the evolution of the Northern Andes. *Journal of South American Earth Sciences* 5, 71-76.

Lonsdale, p., & Klitgord, K. (1978). Structure and tectonic history of the Panama Basin. *Geological Society of America Bulletin*, 89, pp 981-999.

Luzieux, L.DA., Heller, F., Spikings, F., Vallejo, C.F., and Winkler, W., (2006). Origin and cretaceous tectonic history of the coastal Ecuadorian forearc between 1°N and 3°S: Paleomagnetic, radiometric and fossil evidence. *Earthand Planetary Science Letters*, v. 249, p. 400 414.

Mamberti, M., Lapierre, H., Bosch, D., Ethien, R., Jaillard, E., Hernandez, J., & Polve, M. (2003). Accreted fragments of the Late Cretaceous Caribbean-Colombian plateau in Ecuador. *Lithos*, 66, 173-199.

Mégard, F., Roperch, P., Lebrat, M., Laj, C., Mourier, t. & Noblet, c. (1987). L'occident Equatorien: Un terrain océanique pacifique accolé au continent sud-américain. pp 39-54

Pennington, D. (1981). Subduction of the Eastern Panama Basin and Seismotectonics of Northwestern South America. *Journal of Geophysical Research*, 86(B11), 10753-10770.

Pineda, A.H., 2020, Reconocimiento geológico de anomalías geoquímicas (Au, Ag, Cu, Mo y otros) en sedimentos activos de la cuenca alta del río Calera, Provincia de El Oro:, p. 1–121.

PRODEMINCA (BGS) (2000). Evaluación de distritos mineros en el Ecuador (colección). Depósitos porfídicos y epi-mesotermales relacionados con intrusiones de las cordilleras Occidental y Real vol. 4. PRODEMINCA. Proyecto NEM BIRF 36-55 EC. Quito-Ecuador.

Quevedo, J., 2009, Análisis mineralógico y químico de minerales pesados de sedimentos de la cuenca del río Aro estado Bolívar: Tesis de Grado, Universidad Central de Venezuela.

Ramírez, A., Cruz, A., Sánchez, P., & Monterroso, A. I. (2015). La caracterización morfométrica de la subcuenca del Río Moctezuma, Sonora: ejemplo de aplicación de los sistemas de información geográfica. *Geografía Agrícola*.

Raya, A., Delgado, F., & Nanía, L. (2016). Determinación del Cauce Principal de un río mediante Herramientas SIG y Análisis Multicriterio.

Salvatierra, F. (2006). Estudio De La Cuenca Del Rio Cajolá Con Fines De Manejo De Suelos, Municipio De Cajolá, Departamento De Quetzaltenango, Guatemala, 1-19.

Senciales, J. M. (1998). El análisis morfológico de las cuencas fluviales aplicado al estudio hidrográfico. *Norba. Revista de Geografía.*, 10, 155-183.

Spikings, R., Winkler, W. Hughes, R., & Handler, R. (2005). Thermochronology of allochthonous terranes in Ecuador: Unravelling the accretionary and post-accretionary history of the Northern Andes. *Tectonophysics* 399. pp 195-220.

SNGM (1969)- Mapa Geológico del Ecuador, Escala 1:1 '000.000., SerY. Nac. Geol. Min., Quito.

Strahler, A. N., Hypsometric (área-altitude) analysis of erosional topography., Bull Geol. Soc. Amér., Vol. 63, 1952, pp. 1117- 1142.

Tipán, D. N. (2018). Estudio hidráulico del río Guano para la determinación de la conductancia entre río- acuífero y zonas de inundación. Universidad Nacional de Chimborazo. Retrieved from <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/4983>

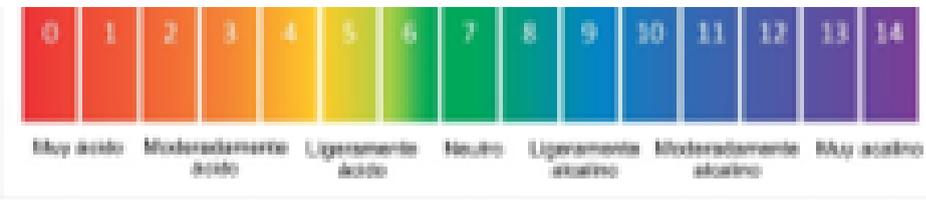
Trenkamp, R., Kellogg, J.N., Freymueller, J.T., and Mora, H. 2002. Wide plate margin deformation, southern Central America and northwestern South America, CASA GPS observations. Journal of South American Earth Sciences, 15: 157-171.

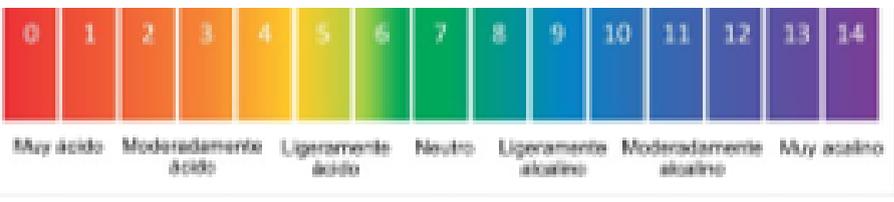
VILADEVALL, M., 2008, La prospección de placeres de oro y otros minerales densos, Departamento de Geoquímica, Petrología y Prospección Geológica, Universidad de Barcelona 08071, España

Viramontes, O. A., Escoboza, L. F., Pinedo, C., Pinedo, A., Reyes, V. M., Román, J. A., & Pérez, A.(2007). Morfometría de la cuenca del río San Pedro, Conchos, Chihuahua. Tecnociencia, Vol I(3), 1-11.

Williams T. M, Dunkley P , Cruz Edgar, Acitimbay V, Gaibor A, Lopez E, Baez N. Aspden J (2000). Regional geochemical reconnaissance of the Cordillera Occidental of Ecuador: economic and environmental applications. Applied. Geochemistry 15 (2000) 531-550.

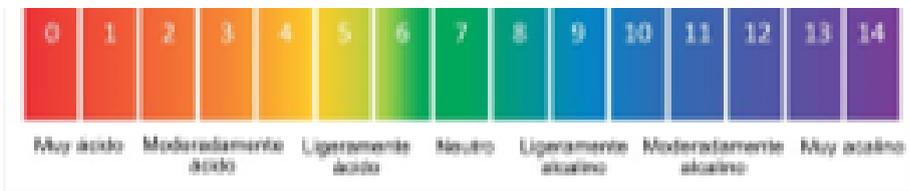
ANEXO 1 Tablas descriptivas de sedimentos del fondo y aguas

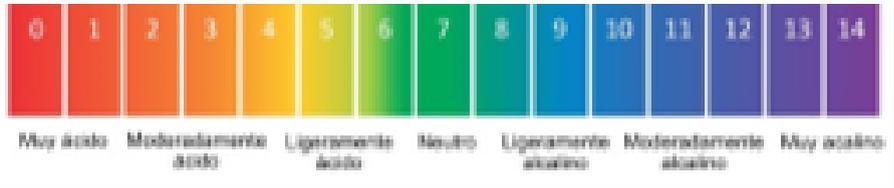
FECHA: 24/07/2021		SEDIMENTOS DEL FONDO		CODIGO: MS-1	
COORDENADAS					
ESTE: 606045			NORTE: 9678169		
PH DEL AGUA:		8,84 8,74 8,40 8,00 8,66	 <p>Muy ácido Moderadamente ácido Ligeramente ácido Neutro Ligeramente alcalino Moderadamente alcalino Muy alcalino</p>		
TEMPERATURA DE AGUA:		20°C		TDS DEL AGUA:	
				58 ppm	
TURBIDEZ:		ALTA <input type="checkbox"/>	MEDIA <input type="checkbox"/>	BAJA <input checked="" type="checkbox"/>	
DATOS DE MUESTREO:					
ANCHO:		6 m		PROFUNDIDAD:	
				1,40 m	
MATERIAL EN SUSPENSIÓN:		SI <input type="checkbox"/>	NO <input checked="" type="checkbox"/>		
VEGETACIÓN:		SI <input type="checkbox"/>	NO <input checked="" type="checkbox"/>		
ACTIVIDAD ANTRÓPICA:		SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>		
		Presencia de chozas y casas de construcción mixta en las cercanías del río, además existe un puente de circulación de autos y personas			
PRESENCIA DE ESTRUCTURAS		SI <input type="checkbox"/>	NO <input checked="" type="checkbox"/>		
COLOR DE SEDIMENTO:		GRIS <input checked="" type="checkbox"/>		NEGRO <input type="checkbox"/>	ROJO <input type="checkbox"/>
		VERDOSO <input type="checkbox"/>		OTROS: <input type="checkbox"/>	
DESCRIPCIÓN:		Tamaño de rocas de todo tipo, con redondez subangular a subredondeado subredondeado . Color variable con presencia de oxidación.			

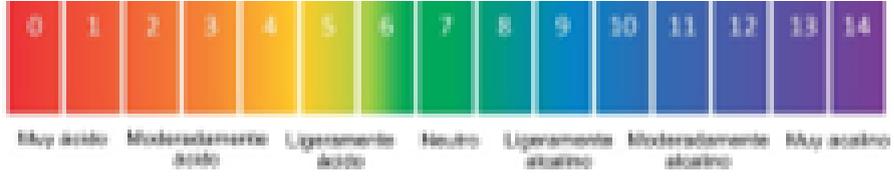
FECHA: 24/07/2021		SEDIMENTOS DEL FONDO		CODIGO: MS-2	
COORDENADAS					
ESTE: 0657247			NORTE: 9677159		
PH DEL AGUA:		8,24 7,16 7,56 Prom: 7,65	 <p>Muy ácido Moderadamente ácido Ligeramente ácido Neutro Ligeramente alcalino Moderadamente alcalino Muy alcalino</p>		
TEMPERATURA DE AGUA:		22°C		TDS DEL AGUA: 87 ppm	
TURBIDEZ:		ALTA <input type="checkbox"/>	MEDIA <input type="checkbox"/>	BAJA <input checked="" type="checkbox"/>	
DATOS DE MUESTREO:					
ANCHO:		1,90		PROFUNDIDAD: 9 cm	
MATERIAL EN SUSPENSIÓN:		SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	Presencia de material rodado de amplias dimensiones, origen ígneo (granitos intemperizados)		
VEGETACIÓN:		SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	Herbacea: aproximadamente 30 cm al ras del suelo, sin presencia de árboles		
ACTIVIDAD ANTRÓPICA:		SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	Huellas de ganado, posible potreros		
PRESENCIA DE ESTRUCTURAS		SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>			
COLOR DE SEDIMENTO:		GRIS Oscuro		NEGRO	
		VERDOSO		ROJO	
				AMARILLO	
				OTROS:	
DESCRIPCIÓN:		Afluente poco correntoso, paralelo al río principal			

FECHA: 24/07/2021		SEDIMENTOS DEL FONDO		CÓDIGO: MS-3	
COORDENADAS					
ESTE: 658523			NORTE: 9676869		
PH DEL AGUA:		 <p>0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14</p> <p>Muy ácido Moderadamente ácido Ligeramente ácido Neutro Ligeramente alcalino Moderadamente alcalino Muy alcalino</p>			
8,22 8,01 7,93 Prom: 8,05					
TEMPERATURA DE AGUA:		16°C		TDS DEL AGUA:	
				122 ppm	
TURBIDEZ:		ALTA <input type="checkbox"/>		MEDIA <input checked="" type="checkbox"/>	
				BAJA <input type="checkbox"/>	
DATOS DE MUESTREO:					
ANCHO:		3,52 m		PROFUNDIDAD:	
				7 cm	
MATERIAL EN SUSPENSIÓN:		SI <input checked="" type="checkbox"/> Material coloidal el cual le da la turbidez al río, presencia de musgo en las orillas del río NO <input type="checkbox"/>			
VEGETACIÓN:		SI <input checked="" type="checkbox"/> Presencia de árboles de mediana altura, palmeras y sembríos de plátanos NO <input type="checkbox"/>			
ACTIVIDAD ANTRÓPICA:		SI <input checked="" type="checkbox"/> Presencia de actividad ganadera y edificaciones a 500 m de la orilla del río NO <input type="checkbox"/>			
PRESENCIA DE ESTRUCTURAS		SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>			
COLOR DE SEDIMENTO:		GRIS		NEGRO	
		VERDOSO		ROJO	
				AMARILLO	
				OTROS:	
DESCRIPCIÓN:					

FECHA: 24/07/2021 - 8/10/2021		SEDIMENTOS DEL FONDO Y AGUA		CÓDIGO: MS-4	
COORDENADAS					
ESTE: 065940			NORTE: 9676192		
PH DEL AGUA:		 <p>Muy ácido Moderadamente ácido Ligeraente ácido Neutro Ligeraente alcalino Moderadamente alcalino Muy alcalino</p>			
7,94 7,99 8,02 8,000 7,98					
TEMPERATURA DE AGUA:		20°C		TDS DEL AGUA: 90 ppm	
TURBIDEZ:	ALTA <input checked="" type="checkbox"/> MEDIA <input checked="" type="checkbox"/> BAJA <input type="checkbox"/>				
DATOS DE MUESTREO:					
ANCHO:		5-6 m		PROFUNDIDAD: 1 m	
MATERIAL EN SUSPENSION:		SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Material coloidal y aporte de muchos residuos mineros			
VEGETACION:		SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Muy boscosa alrededor del rio			
ACTIVIDAD ANTROPICA:		SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Minería y mucha tala de árboles			
PRESENCIA DE ESTRUCTURAS		SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Posible presencia de fallas las cuales desviaron el río en dos sentidos, terrazas con catos de gran tamaño			
COLOR DE SEDIMENTO:		GRIS		NEGRO	
		VERDOSO		ROJO	
				AMARILLO	
		OTROS:			
DESCRIPCION:		Algo que nos pareció interesante es que al pasar por la zona el agua del rio estaba transparente muy clara, luego de una media hora aproximadamente su tono cambió a una turbidez muy alta se presenciaba un alto aporte de material el cual se llegó a la conclusión que eran residuos mineros			

FECHA: 24/07/2021		SEDIMENTOS DEL FONDO		CÓDIGO: MS-5	
COORDENADAS					
ESTE: 660281			NORTE: 9676192		
PH DEL AGUA:		7,18 7,08 7,10 Prom: 7,12	 <p>Muy ácido Moderadamente ácido Ligeramente ácido Neutro Ligeramente alcalino Moderadamente alcalino Muy alcalino</p>		
TEMPERATURA DE AGUA:		23°C		TDS DEL AGUA: 175 ppm	
TURBIDEZ:	ALTA <input type="checkbox"/> MEDIA <input type="checkbox"/> BAJA <input checked="" type="checkbox"/>				
DATOS DE MUESTREO:					
ANCHO:	2,30 m		PROFUNDIDAD:	30 cm	
MATERIAL EN SUSPENSION:	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>				
VEGETACION:	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	Presencia de plantación de banano, material herbáceo en su alrededor			
ACTIVIDAD ANTROPICA:	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	Mineria, material de extracción, boca mina, refugio a unos 200 m del río			
PRESENCIA DE ESTRUCTURAS	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>				
COLOR DE SEDIMENTO:	GRIS		NEGRO	ROJO	AMARILLO
	VERDOSO		OTROS: CAFE CLARO		
DESCRIPCIÓN:	Existe material de relleno cercano al río, al parecer desechaban los residuos y escombros en él.				

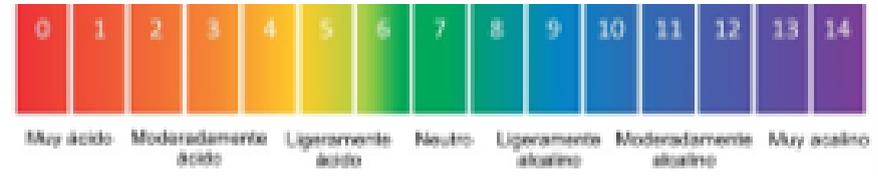
FECHA: 24/07/2021 – 08/10/2021		SEDIMENTOS DEL FONDO Y AGUA		CÓDIGO: MS-6	
COORDENADAS					
ESTE: 660057			NORTE: 9676058		
PH DEL AGUA:		7,63 7,89 7,81 Prom: 7,78		 <p>Muy ácido Moderadamente ácido Ligeramente ácido Neutro Ligeramente alcalino Moderadamente alcalino Muy alcalino</p>	
TEMPERATURA DE AGUA:		19°C		TDS DEL AGUA: 45 ppm	
TURBIDEZ:		ALTA <input type="checkbox"/>		MEDIA <input type="checkbox"/>	
		BAJA <input type="checkbox"/>		NULA	
DATOS DE MUESTREO:					
ANCHO:		6 m		PROFUNDIDAD: 30 cm	
MATERIAL EN SUSPENSION:		SI <input type="checkbox"/>		NO <input checked="" type="checkbox"/>	
VEGETACION:		SI <input checked="" type="checkbox"/>		NO <input type="checkbox"/>	
ACTIVIDAD ANTROPICA:		SI <input checked="" type="checkbox"/>		Presencia de caminos hechos por el hombre por donde las personas pasan a diario para ir a sus hogares, pasan motos y ganado	
PRESENCIA DE ESTRUCTURAS		SI <input type="checkbox"/>		NO <input checked="" type="checkbox"/>	
COLOR DE SEDIMENTO:		GRIS		NEGRO	
		VERDOSO		OTROS:	
ROJO		AMARILLO			
DESCRIPCIÓN:		<p>La muestra fue tomada en un afluente ubicado en una zona alta de la cuenca, se llegó mediante caballo ya que eran zonas muy empinadas y con acceso restringido. Ya que se trataba de una zona alta no existía mucho sedimento por lo que se tomaron pequeñas muestras de diferentes puntos para así llegar al peso ideal</p>			

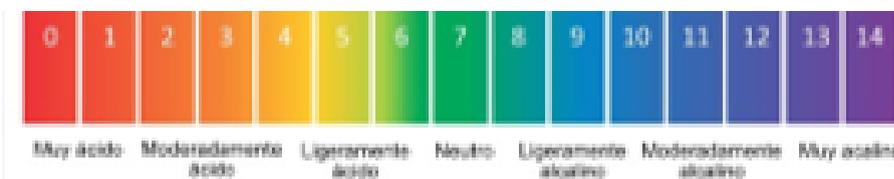
FECHA: 24/07/2021 – 08/10/2021		SEDIMENTOS DEL FONDO Y AGUA		CÓDIGO: MS-7	
COORDENADAS					
ESTE: 661204			NORTE: 9674507		
PH DEL AGUA:		7,23 7,89 7,56 Prom: 7,56 7,56	 <p>0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14</p> <p>Muy ácido Moderadamente ácido Ligeramente ácido Neutro Ligeramente alcalino Moderadamente alcalino Muy alcalino</p>		
TEMPERATURA DE AGUA:		18°C		TDS DEL AGUA: 245 ppm	
TURBIDEZ:	ALTA <input type="checkbox"/> MEDIA <input type="checkbox"/> BAJA <input type="checkbox"/> NULA				
DATOS DE MUESTREO:					
ANCHO:		8 m		PROFUNDIDAD: 2 m	
MATERIAL EN SUSPENSIÓN:		SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>			
VEGETACIÓN:		SI <input checked="" type="checkbox"/> Vegetación arborea NO <input type="checkbox"/>			
ACTIVIDAD ANTRÓPICA:		SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>			
PRESENCIA DE ESTRUCTURAS		SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>			
COLOR DE SEDIMENTO:		GRIS		NEGRO	
		VERDOSO		ROJO	
				AMARILLO	
		OTROS:			
DESCRIPCIÓN:		Al ser un punto de muestreo lejano a zonas urbanas ya que se encuentra en una zona de depresión con acceso de dificultad media-alta no se observaron indicios de contaminación ni actividad antrópica.			

FECHA: 25/07/2021 – 08/10/2021		SEDIMENTOS DEL FONDO Y AGUA		CÓDIGO: MS-8	
COORDENADAS					
ESTE: 662375			NORTE: 9672428		
PH DEL AGUA:		8,03 8,06 7,99 <u>Prom:</u> 8,03			
TEMPERATURA DE AGUA:		19°C		TDS DEL AGUA: 32 ppm	
TURBIDEZ:		ALTA <input type="checkbox"/> MEDIA <input type="checkbox"/> BAJA <input type="checkbox"/> NULA			
DATOS DE MUESTREO:					
ANCHO:		6 m		PROFUNDIDAD: 1 m	
MATERIAL EN SUSPENSIÓN:		SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>			
VEGETACIÓN:		SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>			
ACTIVIDAD ANTRÓPICA:		SI <input checked="" type="checkbox"/> El río pasa por caminos que llevan a zonas mineras NO <input type="checkbox"/>			
PRESENCIA DE ESTRUCTURAS		SI <input checked="" type="checkbox"/> De manera casi paralela al río se encuentra una zona en la cual se están realizando estudios de una brecha con presencia de vetillas de Cu, As NO <input type="checkbox"/>			
COLOR DE SEDIMENTO:		GRIS		NEGRO	
		VERDOSO		ROJO	
				AMARILLO	
		OTROS:			
DESCRIPCIÓN:		La zona se encuentra en estudios debido a que se han encontrado anomalías de cobre y arsénico presentes en vetas casi perpendiculares al río principal, ya es una zona concesionada.			

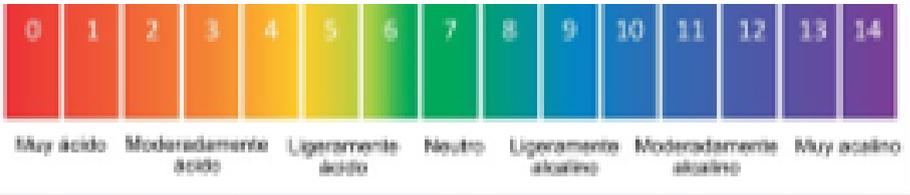
FECHA: 15/07/2021		SEDIMENTOS DEL FONDO		CÓDIGO: MS-9	
COORDENADAS					
ESTE: 663029			NORTE: 9672206		
PH DEL AGUA:		7,82 7,90 7,88 7,88 Prom: 7,87	 <p>Muy ácido Moderadamente ácido Ligeramente ácido Neutro Ligeramente alcalino Moderadamente alcalino Muy alcalino</p>		
TEMPERATURA DE AGUA:		12°C		TDS DEL AGUA: 44 ppm	
TURBIDEZ:	ALTA <input type="checkbox"/> MEDIA <input type="checkbox"/> BAJA <input type="checkbox"/> NULA				
DATOS DE MUESTREO:					
ANCHO:	4 m		PROFUNDIDAD:	1 m	
MATERIAL EN SUSPENSION:	SI <input type="checkbox"/>				
	NO <input checked="" type="checkbox"/>				
VEGETACION:	SI <input type="checkbox"/>				
	NO <input checked="" type="checkbox"/>				
ACTIVIDAD ANTROPICA:	SI <input type="checkbox"/>				
	NO <input checked="" type="checkbox"/>				
PRESENCIA DE ESTRUCTURAS	SI <input type="checkbox"/>				
	NO <input checked="" type="checkbox"/>				
COLOR DE SEDIMENTO:	GRIS		NEGRO		ROJO
	VERDOSO		OTROS:		
DESCRIPCION:	No se presenciaron estructuras que afectaran la zona, ningún rasgo de contaminación que pueda influir en los resultados.				

FECHA: 25/07/2021 – 08/10/2021		SEDIMENTOS DEL FONDO Y AGUA		CÓDIGO: MS-10	
COORDENADAS					
ESTE: 664321			NORTE: 9672188		
PH DEL AGUA:		 <p>Muy ácido Moderadamente ácido Ligeramente ácido Neutro Ligeramente alcalino Moderadamente alcalino Muy alcalino</p>			
8,07 8,21 8,03 Prom: 8,10					
TEMPERATURA DE AGUA:		7°C		TDS DEL AGUA: 0.33 ppm	
TURBIDEZ:	ALTA <input type="checkbox"/> MEDIA <input type="checkbox"/> BAJA <input type="checkbox"/> NULA				
DATOS DE MUESTREO:					
ANCHO:	2,5 m		PROFUNDIDAD:	1 m	
MATERIAL EN SUSPENSION:	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>				
VEGETACION:	SI <input checked="" type="checkbox"/> Arboles grandes, plátanos, musgos en las inmediaciones del río, paja. NO <input type="checkbox"/>				
ACTIVIDAD ANTROPICA:	SI <input checked="" type="checkbox"/> Una parte del río es recreativa por lo que podría existir en algún momento signos de contaminación, en las partes altas se encuentra el pueblo El Carmen de Pijili NO <input type="checkbox"/>				
PRESENCIA DE ESTRUCTURAS	SI <input checked="" type="checkbox"/> En el río afloran granitos con vetillas de cuarzo NO <input type="checkbox"/>				
COLOR DE SEDIMENTO:		GRIS		NEGRO	
		VERDOSO		ROJO	
		OTROS:		AMARILLO	
DESCRIPCIÓN:	Es una zona que fácilmente se podría encontrar contaminada ya que un camino existe en el río por donde pasan los carros y motos				

FECHA: 25/07/2021 – 08/10/2021		SEDIMENTOS DEL FONDO Y AGUA		CÓDIGO: MS-11	
COORDENADAS					
ESTE: 664245			NORTE: 9672419		
PH DEL AGUA:		7,86 8,00 7,95 8,00 7,94	 <p>0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14</p> <p>Muy ácido Moderadamente ácido Ligeramente ácido Neutro Ligeramente alcalino Moderadamente alcalino Muy alcalino</p>		
TEMPERATURA DE AGUA:		12°C		TDS DEL AGUA: 0,36 ppm	
TURBIDEZ:		ALTA <input type="checkbox"/> MEDIA <input type="checkbox"/> BAJA <input type="checkbox"/> NULA			
DATOS DE MUESTREO:					
ANCHO:		3 m		PROFUNDIDAD: 1 m	
MATERIAL EN SUSPENSIÓN:		SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>			
VEGETACIÓN:		SI <input checked="" type="checkbox"/> Presencia de maizales NO <input type="checkbox"/>			
ACTIVIDAD ANTRÓPICA:		SI <input checked="" type="checkbox"/> Puente, viviendas, postes eléctricos NO <input type="checkbox"/>			
PRESENCIA DE ESTRUCTURAS		SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>			
COLOR DE SEDIMENTO:		GRIS		NEGRO	
		VERDOSO		OTROS: CAFÉ OSCURO	
DESCRIPCIÓN:		El día que tocó recoger muestras se decidió no realizar muestreo de aguas debido a que existía un animal muerto por lo que podría influir en la muestra y arrojar posibles datos no deseados			

FECHA: 25/07/2021		SEDIMENTOS DEL FONDO		CÓDIGO: MS-12	
COORDENADAS					
ESTE: 664347			NORTE: 9672177		
FH DEL AGUA:		 <p>0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14</p> <p>Muy ácido Moderadamente ácido Ligeramente ácido Neutro Ligeramente alcalino Moderadamente alcalino Muy alcalino</p>			
8,22 8,25 8,29 Prom: 8,25					
TEMPERATURA DE AGUA:		7°C		TDS DEL AGUA:	
				0,33 ppm	
TURBIDEZ:		ALTA <input type="checkbox"/> MEDIA <input type="checkbox"/> BAJA <input type="checkbox"/> NULA			
DATOS DE MUESTREO:					
ANCHO:		2,5 m		PROFUNDIDAD:	
				1 m	
MATERIAL EN SUSPENSIÓN:		SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>			
VEGETACIÓN:		SI <input checked="" type="checkbox"/> Helechos, musgos NO <input type="checkbox"/>			
ACTIVIDAD ANTRÓPICA:		SI <input checked="" type="checkbox"/> Río para recreación NO <input type="checkbox"/>			
PRESENCIA DE ESTRUCTURAS		SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Posibles fallas ya que hay indicios de deslizamientos de tierra en las orillas del río			
COLOR DE SEDIMENTO:		GRIS		NEGRO	
		VERDOSO		ROJO	
				AMARILLO	
		OTROS:			
DESCRIPCIÓN:		Los deslizamientos podrían ocasionar posibles impactos tanto en el aporte del río debido a que podrían taponar el cauce de este y las posibles casas que se encuentran en la cima de la montaña podrían caer debido a esto.			

FECHA: 24/07/2021		SEDIMENTOS DEL FONDO		CÓDIGO: MS-13	
COORDENADAS					
ESTE: 664383			NORTE: 9671922		
PH DEL AGUA:					
8,19 7,96 8,03 Prom: 8,06					
TEMPERATURA DE AGUA:		4°C		TDS DEL AGUA:	
				0,53 ppm	
TURBIDEZ:		ALTA <input type="checkbox"/> MEDIA <input type="checkbox"/> BAJA <input type="checkbox"/> NULA			
DATOS DE MUESTREO:					
ANCHO:		90 cm		PROFUNDIDAD:	
				1 m	
MATERIAL EN SUSPENSIÓN:		SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>			
VEGETACIÓN:		SI <input checked="" type="checkbox"/> Gran cantidad de musgo en superficie de las rocas, varias especies de coníferas NO <input type="checkbox"/>			
ACTIVIDAD ANTROPICA:		SI <input checked="" type="checkbox"/> Presencia de animales (ovejas) lo que ocasiona contaminación por medio de sus residuos (orina y heces) además en la orilla del río existen depósitos de detritos que no concordaban con los del lugar NO <input type="checkbox"/>			
PRESENCIA DE ESTRUCTURAS		SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Vetas mineralizadas en las rocas afloradas			
COLOR DE SEDIMENTO:		GRIS		NEGRO	
		ROJO		AMARILLO	
		VERDOSO		OTROS: CAFE CLARO	
DESCRIPCIÓN:		-----			

FECHA: 25/07/2021		SEDIMENTOS DEL FONDO		CÓDIGO: MS-14	
COORDENADAS					
ESTE: 664329			NORTE: 9671796		
PH DEL AGUA:		 <p>0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14</p> <p>Muy ácido Moderadamente ácido Ligeramente ácido Neutro Ligeramente alcalino Moderadamente alcalino Muy alcalino</p>			
7,88 7,90 7,87 Prom: 7,88					
TEMPERATURA DE AGUA:		6°C		TDS DEL AGUA:	
				0,31 ppm	
TURBIDEZ:		ALTA <input type="checkbox"/>		MEDIA <input type="checkbox"/>	
		BAJA <input type="checkbox"/>		NULA	
DATOS DE MUESTREO:					
ANCHO:		5 m		PROFUNDIDAD:	
				1,5 m	
MATERIAL EN SUSPENSIÓN:		SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>			
VEGETACIÓN:		SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Palmeras de 10 m de altura, musgos en rocas aflorantes			
ACTIVIDAD ANTRÓPICA:		SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>			
PRESENCIA DE ESTRUCTURAS		SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Diaclasas de 1 a 3 cm Vetillas de cuarzo			
COLOR DE SEDIMENTO:		GRIS		NEGRO	
		ROJO		AMARILLO	
		VERDOSO		OTROS: CAFÉ CLARO	
DESCRIPCIÓN:		fracturas superficiales lo que ocasionó un posible hundimiento y posterior cascada de aproximadamente 5 metros de alto.			

**ANEXO 2: ANÁLISIS DE LABORATORIO DE SEDIMENTOS
DEL FONDO E HIDROGEOQUÍMICA**



ALS ECUADOR ALSECU S.A.

Av. Jose Andrade OE1-386 y Juan de Selis
Barrio Carcelen
Quito PICHINCHA
www.alsglobal.com/geochemistry

To: EMILIO OYAGUE

Page: 1
Total # Pages: 2 (A - D)
Plus Appendix Pages
Finalized Date: 14-DEC-2021
Account: EMOYAN

CERTIFICATE QI21314588

Project: TESIS

This report is for 15 samples of Sediment submitted to our lab in Quito (QI), PICHINCHA, Ecuador on 18-NOV-2021.
The following have access to data associated with this certificate:

EMILIO OYAGUE		
---------------	--	--

SAMPLE PREPARATION	
ALS CODE	DESCRIPTION
WEI-21	Received Sample Weight
SPLIT-G	Create G Split
LOG-QC	QC Test on Received Samples
LOG-24	Pulp Login - Rcd w/o Barcode

ANALYTICAL PROCEDURES		
ALS CODE	DESCRIPTION	INSTRUMENT
ME-MS41L	Super Trace Lowest DL AR by ICP-MS	

This is the Final Report and supersedes any preliminary report with this certificate number. Results apply to samples as submitted. All pages of this report have been checked and approved for release.

***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****

Signature:

Rene Mamani, Laboratory Manager, Peru



ALS ECUADOR ALSECU S.A.

Av. Jose Andrade OE1-386 y Juan de Selis
 Barrio Carcelen
 Quito PICHINCHA
 www.alsglobal.com/geochemistry

To: EMILIO OYAGUE

Page: 2 - A
 Total # Pages: 2 (A - D)
 Plus Appendix Pages
 Finalized Date: 14-DEC-2021
 Account: EMOYAN

Project: TESIS

CERTIFICATE OF ANALYSIS QI21314588

Sample Description	Method Analyte Units LOD	WEI-21	ME-MS41L	ME-MS41L	ME-MS41L	ME-MS41L	ME-MS41L	ME-MS41L	ME-MS41L	ME-MS41L	ME-MS41L	ME-MS41L	ME-MS41L	ME-MS41L	ME-MS41L	ME-MS41L
		Recvd Wt. kg	Au ppm	Ag ppm	Al %	As ppm	B ppm	Ba ppm	Be ppm	Bi ppm	Ca %	Cd ppm	Ce ppm	Co ppm	Cr ppm	Cs ppm
		0.02	0.0002	0.001	0.01	0.01	10	0.5	0.01	0.0005	0.01	0.001	0.003	0.001	0.01	0.005
1		0.12	0.1125	1.015	2.41	423	<10	153.0	0.28	1.180	0.45	2.93	13.00	20.0	45.9	2.22
2		0.14	0.0719	0.421	2.81	126.0	<10	144.5	0.41	1.435	0.25	0.786	18.50	40.9	135.0	1.610
3		0.06	0.1750	0.678	3.08	434	<10	163.0	0.39	1.550	0.35	1.395	14.35	32.8	108.5	2.20
4		0.12	1.145	14.30	2.12	5840	<10	53.9	0.30	27.2	1.67	27.7	9.15	39.1	38.8	3.61
5		0.07	0.233	0.375	2.49	207	<10	158.5	0.30	0.440	0.40	1.550	12.45	18.25	42.8	2.11
6		0.14	0.0055	0.183	3.63	19.40	<10	282	0.35	0.228	0.38	0.676	16.10	24.4	59.4	1.675
7		0.20	0.1830	0.263	3.28	92.5	<10	245	0.46	0.575	0.46	1.540	18.00	27.3	56.6	2.48
8		0.12	0.0211	0.125	2.50	10.85	<10	193.0	0.27	0.319	0.37	0.217	11.80	12.50	27.1	2.10
9		0.07	0.0018	0.045	2.01	5.95	<10	183.0	0.26	0.1015	0.19	0.094	12.30	9.13	24.3	2.03
10		0.10	0.0339	0.118	2.12	2.02	<10	188.5	0.21	0.255	0.43	0.101	10.75	11.20	25.1	1.955
11		0.09	0.0135	0.089	2.13	16.50	<10	178.0	0.25	0.338	0.37	0.177	13.65	9.41	22.4	2.14
12		0.12	0.0018	0.067	2.20	8.02	<10	190.0	0.28	0.0581	0.39	0.167	14.00	8.97	21.4	2.24
13		0.11	0.0347	0.109	2.53	2.10	<10	202	0.23	0.0859	0.49	0.190	11.00	13.20	20.5	2.26
14		0.11	0.0050	0.077	2.36	2.02	<10	176.0	0.24	0.834	0.31	0.143	13.20	8.86	17.20	1.935
15		0.11	0.247	0.724	2.30	439	<10	152.0	0.27	0.922	0.44	2.54	12.35	18.25	44.1	2.09

***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****



ALS ECUADOR ALSECU S.A.

Av. Jose Andrade OE1-386 y Juan de Selis
 Barrio Carcelen
 Quito PICHINCHA
 www.alsglobal.com/geochemistry

To: EMILIO OYAGUE

Page: 2 - B
 Total # Pages: 2 (A - D)
 Plus Appendix Pages
 Finalized Date: 14-DEC-2021
 Account: EMOYAN

Project: TESIS

CERTIFICATE OF ANALYSIS QI21314588

Sample Description	Method Analyte Units LOD	ME-MS41L Cu ppm	ME-MS41L Fe %	ME-MS41L Ga ppm	ME-MS41L Ge ppm	ME-MS41L Hf ppm	ME-MS41L Hg ppm	ME-MS41L In ppm	ME-MS41L K %	ME-MS41L La ppm	ME-MS41L Li ppm	ME-MS41L Mg %	ME-MS41L Mn ppm	ME-MS41L Mo ppm	ME-MS41L Na %	ME-MS41L Nb ppm
1		234	3.94	7.09	0.103	0.030	0.051	0.037	0.20	6.63	10.4	0.78	757	0.64	0.029	0.408
2		214	6.39	10.20	0.153	0.273	0.049	0.063	0.14	6.66	7.9	0.56	1260	0.71	0.017	1.270
3		169.0	5.48	9.83	0.136	0.060	0.069	0.058	0.14	6.05	10.0	0.62	1200	0.73	0.018	0.832
4		1330	7.55	8.27	0.155	0.067	0.247	0.362	0.14	3.91	9.0	1.19	1800	1.97	0.020	0.155
5		202	3.81	7.28	0.092	0.030	0.054	0.026	0.20	5.94	10.1	0.76	630	0.61	0.023	0.368
6		240	4.31	10.70	0.113	0.255	0.021	0.040	0.11	7.10	9.6	0.49	620	0.46	0.019	1.550
7		160.5	4.09	9.37	0.106	0.160	0.017	0.034	0.30	7.79	14.3	0.99	727	0.55	0.021	1.270
8		156.0	2.91	7.12	0.084	0.019	0.025	0.019	0.24	5.77	10.8	0.65	427	0.61	0.018	0.742
9		21.2	2.98	5.87	0.076	0.027	0.012	0.010	0.26	7.15	7.3	0.42	418	0.07	0.011	0.338
10		210	2.95	6.12	0.075	0.012	0.012	0.014	0.24	4.92	8.9	0.72	367	0.29	0.017	0.662
11		48.6	2.61	5.73	0.073	0.014	0.024	0.020	0.25	6.63	10.4	0.50	392	0.23	0.017	0.856
12		35.7	2.39	5.83	0.070	0.009	0.025	0.014	0.25	6.81	11.8	0.50	349	0.23	0.019	0.965
13		91.7	2.67	6.97	0.072	0.026	0.020	0.021	0.26	5.38	10.5	0.70	642	0.22	0.056	0.661
14		35.6	2.38	6.10	0.064	0.014	0.016	0.016	0.25	6.26	10.1	0.46	375	0.13	0.013	0.728
15		227	3.99	6.75	0.096	0.029	0.055	0.028	0.18	6.03	9.9	0.74	685	0.65	0.029	0.356



ALS ECUADOR ALSECU S.A.

Av. Jose Andrade OE1-386 y Juan de Selis
 Barrio Carcelen
 Quito PICHINCHA
 www.alsglobal.com/geochemistry

To: EMILIO OYAGUE

Page: 2 - C
 Total # Pages: 2 (A - D)
 Plus Appendix Pages
 Finalized Date: 14-DEC-2021
 Account: EMOYAN

Project: TESIS

CERTIFICATE OF ANALYSIS QI21314588

Sample Description	Method Analyte Units LOD	ME-MS41L	ME-MS41L	ME-MS41L	ME-MS41L	ME-MS41L	ME-MS41L	ME-MS41L	ME-MS41L	ME-MS41L	ME-MS41L	ME-MS41L	ME-MS41L	ME-MS41L	ME-MS41L	ME-MS41L
		Ni ppm	P %	Pb ppm	Pd ppm	Pt ppm	Rb ppm	Re ppm	S %	Sb ppm	Sc ppm	Se ppm	Sn ppm	Sr ppm	Ta ppm	Te ppm
		0.04	0.001	0.005	0.001	0.002	0.005	0.0002	0.01	0.005	0.005	0.003	0.01	0.01	0.005	0.003
1		23.4	0.054	73.7	<0.001	<0.002	13.55	0.0007	0.11	4.90	8.69	0.357	0.47	35.2	<0.005	0.193
2		48.6	0.052	34.5	0.002	0.004	12.75	0.0005	0.06	3.15	18.60	1.230	0.79	18.25	<0.005	0.206
3		46.3	0.039	93.8	<0.001	0.004	13.55	0.0008	0.10	4.86	16.30	1.105	0.68	22.4	<0.005	0.180
4		42.4	0.053	1920	<0.001	0.002	7.75	0.0036	1.79	86.9	12.95	2.93	0.51	25.6	<0.005	0.950
5		21.1	0.051	26.6	<0.001	<0.002	12.70	0.0004	0.04	2.97	8.50	0.306	0.44	35.3	<0.005	0.098
6		28.3	0.070	37.0	<0.001	0.003	8.90	0.0002	0.06	1.535	17.40	1.080	0.65	44.2	<0.005	0.032
7		30.3	0.065	28.7	<0.001	0.002	19.55	0.0005	0.06	1.755	11.80	0.471	0.58	43.0	<0.005	0.086
8		11.80	0.050	8.62	<0.001	<0.002	16.65	0.0004	0.02	0.378	6.39	0.266	0.53	39.1	<0.005	0.055
9		7.38	0.027	5.43	<0.001	<0.002	17.80	<0.0002	0.01	0.291	4.78	0.103	0.54	27.6	<0.005	0.016
10		9.40	0.059	4.32	<0.001	<0.002	15.40	0.0002	0.01	0.131	5.99	0.174	0.46	63.4	<0.005	0.016
11		9.26	0.064	7.18	0.001	<0.002	18.60	<0.0002	0.02	0.395	4.00	0.182	0.50	30.4	<0.005	0.027
12		8.74	0.067	5.19	<0.001	<0.002	20.0	<0.0002	0.02	0.223	3.85	0.209	0.45	32.9	<0.005	0.014
13		9.94	0.030	6.30	<0.001	<0.002	19.15	<0.0002	0.01	0.116	5.70	0.129	0.46	51.4	<0.005	0.008
14		7.03	0.060	7.45	<0.001	<0.002	18.20	<0.0002	0.01	0.114	3.79	0.144	0.40	27.2	<0.005	0.008
15		21.7	0.053	65.9	<0.001	<0.002	12.65	0.0007	0.11	4.52	8.28	0.346	0.49	33.4	<0.005	0.127

***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****



ALS ECUADOR ALSECU S.A.

Av. Jose Andrade OE1-386 y Juan de Selis
 Barrio Carcelen
 Quito PICHINCHA
 www.alsglobal.com/geochemistry

To: EMILIO OYAGUE

Page: 2 - D
 Total # Pages: 2 (A - D)
 Plus Appendix Pages
 Finalized Date: 14-DEC-2021
 Account: EMOYAN

Project: TESIS

CERTIFICATE OF ANALYSIS QI21314588

Sample Description	Method Analyte Units LOD	ME-MS41L	ME-MS41L	ME-MS41L	ME-MS41L	ME-MS41L	ME-MS41L	ME-MS41L	ME-MS41L	ME-MS41L
		Th ppm	Ti %	Tl ppm	U ppm	V ppm	W ppm	Y ppm	Zn ppm	Zr ppm
		0.002	0.001	0.001	0.005	0.1	0.001	0.003	0.1	0.01
1		7.19	0.106	0.136	1.930	131.0	0.157	8.40	230	0.85
2		2.98	0.164	0.169	0.768	203	0.307	12.35	104.5	8.40
3		2.12	0.143	0.154	0.758	185.5	0.290	12.15	141.0	1.97
4		1.425	0.019	0.113	0.450	118.5	1.145	11.70	2070	1.17
5		3.97	0.105	0.142	1.025	128.5	0.114	7.63	155.0	0.89
6		4.64	0.198	0.114	1.250	156.0	0.437	14.25	88.6	6.46
7		3.21	0.165	0.214	1.070	144.0	0.091	11.70	175.0	3.85
8		5.76	0.104	0.152	1.850	104.5	0.162	5.73	52.3	0.60
9		4.35	0.094	0.166	1.125	97.8	0.063	6.14	36.7	0.57
10		5.91	0.114	0.143	1.965	104.0	0.200	5.59	42.5	0.34
11		8.40	0.106	0.150	2.85	85.9	0.195	5.47	44.0	0.34
12		7.90	0.112	0.163	3.05	78.8	0.140	5.47	40.2	0.28
13		5.00	0.113	0.162	1.605	97.2	0.367	5.10	58.0	0.52
14		9.47	0.104	0.143	3.09	76.9	0.149	5.15	40.3	0.33
15		4.81	0.095	0.133	1.275	131.5	0.150	7.71	212	0.79

***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****



ALS ECUADOR ALSECU S.A.
Av. Jose Andrade OE1-386 y Juan de Selis
Barrio Carcelen
Quito PICHINCHA
www.alsglobal.com/geochemistry

To: EMILIO OYAGUE

Page: Appendix 1
Total # Appendix Pages: 1
Finalized Date: 14-DEC-2021
Account: EMOYAN

Project: TESIS

CERTIFICATE OF ANALYSIS QI21314588

	CERTIFICATE COMMENTS			
Applies to Method:	<p style="text-align: center;">ANALYTICAL COMMENTS</p> <p>Gold determinations by this method are semi-quantitative due to the small sample weight used (0.5g). ME-MS41 L</p>			
Applies to Method:	<p style="text-align: center;">LABORATORY ADDRESSES</p> <p>Processed at ALS Lima located at Calle 1 LT-1A Mz-D, esq. Calle A, Urb. Industrial Bocanegra Callao 01, Lima, Peru. ME-MS41 L</p>			
Applies to Method:	Processed at ALS Quito, Ecuador LOG-24	LOG-QC	SPLIT-G	WEI-21

INFORME DE ENSAYO PV2100607 Rev. 0

A solicitud de:	SGS DEL ECUADOR S.A. Km. 5 1/ 2 Vía a Daule, Guayaquil - Ecuador	Cantidad Muestras:	6
Por cuenta de:	SGS DEL ECUADOR S.A. Km. 5 1/ 2 Vía a Daule, Guayaquil - Ecuador	Fecha de Recepción:	27/10/2021
Producto descrito como:	MUESTRAS LIQUIDAS - Muestras Líquidas	Fecha de Ensayo:	Del 27/10/2021 Al 06/11/2021
Tipo de Análisis:	ANALISIS QUIMICO		
Localidad de preparación:	CALLAO		
Descripción del Estado y Condición de la Muestra:	En frasco de plástico con tapa. Soluciones. Peso aprox. de 27 a 28 g .		
Referencia Cliente:	Emilio Oyague Vergara		
Notas:			

Esquema	Método
IMS80T	SGS-MN-ME-143 / Agosto 2013 Rev. 02/ Análisis de Soluciones Diversas: Soluciones Aire-Soluciones Agua-Soluciones Suelos por ICPMS

Elemento	Ag	Al	As	Au	B	Ba	Be	Bi
Esquema	IMS80T	IMS80T	IMS80T	IMS80T	IMS80T	IMS80T	IMS80T	IMS80T
Unidad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Límite de Detección	0.0001	0.010	0.013	0.002	0.13	0.063	0.0013	0.0003
Muestra 1/4	0.0002	0.134	0.177	<0.002	<0.13	<0.063	<0.0013	<0.0003
Muestra 2/6	0.0008	0.040	<0.013	<0.002	<0.13	<0.063	<0.0013	<0.0003
Muestra 3/7	0.0001	0.081	<0.013	<0.002	<0.13	<0.063	<0.0013	<0.0003
Muestra 4/8	<0.0001	0.090	<0.013	<0.002	<0.13	<0.063	<0.0013	<0.0003
Muestra 5/11	<0.0001	0.174	<0.013	<0.002	<0.13	<0.063	<0.0013	<0.0003
Muestra 6/10	<0.0001	0.120	<0.013	<0.002	<0.13	<0.063	<0.0013	<0.0003
DUP Muestra 5/11	<0.0001	0.165	<0.013	<0.002	<0.13	<0.063	<0.0013	<0.0003

Elemento	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cs	Cu	Fe
Esquema	IMS80T	IMS80T	IMS80T	IMS80T	IMS80T	IMS80T	IMS80T	IMS80T
Unidad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Límite de Detección	0.032	0.0001	0.0006	0.0013	0.013	0.0006	0.006	0.014
Muestra 1/4	57.209	0.0017	0.0008	<0.0013	<0.013	<0.0006	0.013	0.401
Muestra 2/6	8.028	<0.0001	<0.0006	<0.0013	<0.013	<0.0006	<0.006	0.035
Muestra 3/7	10.056	0.0001	<0.0006	<0.0013	<0.013	<0.0006	<0.006	0.064
Muestra 4/8	8.928	0.0001	<0.0006	<0.0013	<0.013	<0.0006	<0.006	0.085
Muestra 5/11	8.846	<0.0001	<0.0006	<0.0013	<0.013	<0.0006	<0.006	0.076
Muestra 6/10	8.177	<0.0001	<0.0006	<0.0013	<0.013	<0.0006	<0.006	0.077
DUP Muestra 5/11	9.092	0.0001	<0.0006	<0.0013	<0.013	<0.0006	<0.006	0.063

Elemento	Ga	Ge	Hf	Hg	In	K	La	Li
Esquema	IMS80T	IMS80T	IMS80T	IMS80T	IMS80T	IMS80T	IMS80T	IMS80T
Unidad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Límite de Detección	0.0013	0.0013	0.0006	0.0001	0.0003	0.049	0.0013	0.013
Muestra 1/4	<0.0013	<0.0013	<0.0006	<0.0001	<0.0003	4.531	<0.0013	<0.013
Muestra 2/6	<0.0013	<0.0013	<0.0006	<0.0001	<0.0003	3.314	<0.0013	<0.013
Muestra 3/7	<0.0013	<0.0013	<0.0006	<0.0001	<0.0003	1.145	<0.0013	<0.013

Este documento es emitido bajo las Condiciones Generales de Servicio de SGS del Perú S.A.C., las cuales se encuentran descritas en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia; queda prohibida la reproducción total o parcial, salvo autorización escrita de SGS del Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas; no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas y de la información proporcionada por el cliente.

INFORME DE ENSAYO
PV2100607 Rev. 0

Elemento	Ga	Ge	Hf	Hg	In	K	La	Li
Esquema	IMS80T	IMS80T	IMS80T	IMS80T	IMS80T	IMS80T	IMS80T	IMS80T
Unidad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Limite de Detección	0.0013	0.0013	0.0006	0.0001	0.0003	0.049	0.0013	0.013
Muestra 4/8	<0.0013	<0.0013	<0.0006	<0.0001	<0.0003	1.148	<0.0013	<0.013
Muestra 5/11	<0.0013	<0.0013	<0.0006	<0.0001	<0.0003	1.107	<0.0013	<0.013
Muestra 6/10	<0.0013	<0.0013	<0.0006	<0.0001	<0.0003	1.103	<0.0013	<0.013
DUP Muestra 5/11	<0.0013	<0.0013	<0.0006	<0.0001	<0.0003	1.159	<0.0013	<0.013

Elemento	Lu	Mg	Mn	Mo	Na	Nb	Ni	P
Esquema	IMS80T	IMS80T	IMS80T	IMS80T	IMS80T	IMS80T	IMS80T	IMS80T
Unidad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Limite de Detección	0.0001	0.005	0.063	0.0006	0.013	0.0006	0.006	0.012
Muestra 1/4	<0.0001	11.753	0.071	0.0025	7.856	<0.0006	<0.006	<0.012
Muestra 2/6	<0.0001	1.611	<0.063	<0.0006	4.693	<0.0006	<0.006	<0.012
Muestra 3/7	<0.0001	1.817	<0.063	<0.0006	4.983	<0.0006	<0.006	<0.012
Muestra 4/8	<0.0001	1.534	<0.063	<0.0006	4.795	<0.0006	<0.006	<0.012
Muestra 5/11	<0.0001	1.321	<0.063	<0.0006	4.676	<0.0006	<0.006	<0.012
Muestra 6/10	<0.0001	1.470	<0.063	<0.0006	4.602	<0.0006	<0.006	<0.012
DUP Muestra 5/11	<0.0001	1.335	<0.063	<0.0006	4.686	<0.0006	<0.006	<0.012

Elemento	Pb	Rb	Re	S	Sb	Sc	Se	Sn
Esquema	IMS80T	IMS80T	IMS80T	IMS80T	IMS80T	IMS80T	IMS80T	IMS80T
Unidad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Limite de Detección	0.003	0.003	0.0001	1.181	0.0006	0.0013	0.013	0.004
Muestra 1/4	0.045	<0.003	<0.0001	34.878	0.0251	<0.0013	<0.013	<0.004
Muestra 2/6	<0.003	<0.003	<0.0001	<1.181	0.0014	<0.0013	<0.013	<0.004
Muestra 3/7	<0.003	<0.003	<0.0001	1.766	0.0010	<0.0013	<0.013	<0.004
Muestra 4/8	0.004	<0.003	<0.0001	<1.181	0.0010	<0.0013	<0.013	<0.004
Muestra 5/11	0.005	<0.003	<0.0001	<1.181	0.0010	<0.0013	<0.013	<0.004
Muestra 6/10	<0.003	<0.003	<0.0001	<1.181	0.0009	<0.0013	<0.013	<0.004
DUP Muestra 5/11	0.003	<0.003	<0.0001	<1.181	0.0010	<0.0013	<0.013	<0.004

Elemento	Sr	Ta	Tb	Te	Th	Ti	Tl	U
Esquema	IMS80T	IMS80T	IMS80T	IMS80T	IMS80T	IMS80T	IMS80T	IMS80T
Unidad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Limite de Detección	0.006	0.0006	0.0003	0.0006	0.0013	0.005	0.0003	0.0006
Muestra 1/4	0.125	<0.0006	<0.0003	0.0009	<0.0013	0.044	<0.0003	<0.0006
Muestra 2/6	0.037	<0.0006	<0.0003	<0.0006	<0.0013	<0.005	<0.0003	<0.0006
Muestra 3/7	0.044	<0.0006	<0.0003	<0.0006	<0.0013	<0.005	<0.0003	<0.0006
Muestra 4/8	0.041	<0.0006	<0.0003	<0.0006	<0.0013	<0.005	<0.0003	<0.0006
Muestra 5/11	0.041	<0.0006	<0.0003	<0.0006	<0.0013	<0.005	<0.0003	<0.0006
Muestra 6/10	0.042	<0.0006	<0.0003	<0.0006	<0.0013	<0.005	<0.0003	<0.0006
DUP Muestra 5/11	0.042	<0.0006	<0.0003	<0.0006	<0.0013	<0.005	<0.0003	<0.0006

Elemento	V	W	Y	Yb	Zn	Zr
Esquema	IMS80T	IMS80T	IMS80T	IMS80T	IMS80T	IMS80T
Unidad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Limite de Detección	0.013	0.0013	0.0006	0.0013	0.013	0.006
Muestra 1/4	<0.013	<0.0013	<0.0006	<0.0013	0.147	<0.006
Muestra 2/6	<0.013	<0.0013	<0.0006	<0.0013	0.140	<0.006
Muestra 3/7	<0.013	<0.0013	<0.0006	<0.0013	0.093	<0.006
Muestra 4/8	<0.013	<0.0013	<0.0006	<0.0013	0.089	<0.006
Muestra 5/11	<0.013	<0.0013	<0.0006	<0.0013	0.110	<0.006
Muestra 6/10	<0.013	<0.0013	<0.0006	<0.0013	0.081	<0.006

Este documento es emitido bajo las Condiciones Generales de Servicio de SGS del Perú S.A.C., las cuales se encuentran descritas en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia; queda prohibida la reproducción total o parcial, salvo autorización escrita de SGS del Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas; no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas y de la información proporcionada por el cliente.

**INFORME DE ENSAYO
PV2100607 Rev. 0**

Elemento	V	W	Y	Yb	Zn	Zr
Esquema	IMS80T	IMS80T	IMS80T	IMS80T	IMS80T	IMS80T
Unidad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Limite de Detección	0.013	0.0013	0.0006	0.0013	0.013	0.006
DUP Muestra 5/11	<0.013	<0.0013	<0.0006	<0.0013	0.095	<0.006

Notas de Almacenaje:

Las muestras sólidas podrán ser retiradas por los interesados transcurrido el tiempo de almacenamiento que es de 90 días para Contramuestras y 30 días para Muestras Gruesas, caso contrario se procederá a desecharlas.

Las soluciones se almacenarán por un período de 15 días, transcurrido el tiempo de almacenamiento se procederá a desecharlas.

Emitido en Callao-Perú el , 07/11/2021



**Claudio Lizarbe Yllescas
Jefe de Departamento
C.I.P. 137983**

Este documento es emitido bajo las Condiciones Generales de Servicio de SGS del Perú S.A.C, las cuales se encuentran descritas en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia; queda prohibida la reproducción total o parcial, salvo autorización escrita de SGS del Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas; no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas y de la información proporcionada por el cliente.