

INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

Informe Técnico N° A7519

INSPECCIÓN TÉCNICA GEOAMBIENTAL POR DERRAME DE HIDROCARBUROS EN LA COMUNIDAD DE TUNDUZA

Departamento: Amazonas
Provincia: Condorcanqui
Distrito: Nieva



**JUNIO
2024**

INDICE

| | |
|---|----|
| RESUMEN..... | 5 |
| SIGLAS Y ACRÓNIMOS..... | 7 |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 8 |
| 2. ANTECEDENTES..... | 9 |
| 3. MARCO TEÓRICO..... | 11 |
| 3.1. Conceptos..... | 11 |
| 3.2. Marco Legal (Regulación ambiental relacionado a hidrocarburos):..... | 13 |
| 4. OBJETIVOS..... | 13 |
| 4.1. Objetivo Principal..... | 13 |
| 4.2. Objetivos Secundarios..... | 14 |
| 5. METODOLOGÍA DE TRABAJO..... | 14 |
| 6. ASPECTOS GENERALES..... | 16 |
| 6.1. Ubicación y Accesibilidad..... | 16 |
| 6.2. Aspectos Socioeconómicos..... | 20 |
| 7. ASPECTOS GEOLÓGICOS..... | 20 |
| 7.1. Geología Regional del Oleoducto Norperuano..... | 20 |
| 7.2. Geología de la Quebrada Numpatkain..... | 24 |
| 7.3. Río Tunduzá..... | 29 |
| 7.4. Secciones Estructurales del Río Tunduzá..... | 31 |
| 8. GEOQUÍMICA DE SUELOS..... | 37 |
| 8.1. Caracterización de suelos en Tunduzá..... | 39 |
| 8.2. Análisis de resultados..... | 41 |
| 8.3. Interpretación geoquímica..... | 64 |
| 9. HIDROQUÍMICA GEOAMBIENTAL..... | 64 |
| 9.1. Análisis Hidroquímico..... | 70 |
| 9.2. Análisis de Calidad..... | 73 |
| CONCLUSIONES..... | 84 |
| RECOMENDACIONES..... | 86 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 88 |
| ANEXOS..... | 90 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 8.1. Valores de fracción de hidrocarburos F1 (C6-C10) | 41 |
| Tabla 8.2. Valores de fracción de hidrocarburo F2 (>C10-C28) | 42 |
| Tabla 8.3. Valores de fracción de hidrocarburo F3 (>C28-C40) | 43 |
| Tabla 8.4. Valores de aceites y grasas | 45 |
| Tabla 8.5. Estadísticos descriptivos de los elementos traza en los suelos de la zona de estudio | 47 |
| Tabla 8.6. Valores de arsénico en suelos superficiales y profundos | 47 |
| Tabla 8.7. Valores de Bario en suelos superficiales y profundos | 50 |
| Tabla 8.8. Valores de Cadmio en suelos superficiales y profundos | 52 |
| Tabla 8.9. Valores de Cromo en suelos superficiales y profundos | 54 |
| Tabla 8.10. Valores de Mercurio en suelos superficiales y profundos | 56 |
| Tabla 8.11. Valores de Plomo en suelos superficiales y profundos | 58 |
| Tabla 8.12. Valores de hidrocarburos totales de petróleo (HTP) y de aceites y grasas (A&G), en suelos superficiales | 61 |
| Tabla 9.1. Ubicación de las estaciones de muestreo | 65 |
| Tabla 9.2. Clasificación de Familias Hidroquímicas | 71 |
| Tabla 9.3. Categoría 1: Poblacional y Recreacional | 74 |
| Tabla 9.4. Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales | 74 |
| Tabla 9.5. Categoría 4: Conservación del ambiente acuático | 75 |
| Tabla 9.6. Estaciones que superan los estándares de calidad ambiental agua físico-químicos | 77 |
| Tabla 9.7. Estaciones que superan los estándares de calidad ambiental para agua (n=cantidad) | 78 |
| Tabla 9.8. Estaciones comparadas con los estándares de calidad ambiental en aceites y grasas | 79 |
| Tabla 9.9. Estaciones comparadas con los estándares de calidad ambiental en HTP | 79 |
| Tabla 9.10. Parámetros calculados para calidad de riego | 80 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 5.1. Metodología de trabajo- INGGEMMET derrame de petróleo en el Km 358+835 del tramo II del ONP | 15 |
| Figura 6.1. Mapa de ubicación del área trabajada por derrame de hidrocarburos Km 358+835 del tramo II del ONP – Tunduzá | 16 |
| Figura 6.2. Ruta y tiempo de viaje estimado desde Lima hasta la comunidad nativa Tunduzá | 17 |
| Figura 6.3. Mapa Hidrográfico del distrito de Nieva | 19 |
| Figura 7.1. Mapa geológico regional mostrando el trayecto del oleoducto y la zona del derrame | 21 |
| Figura 7.2. Mapa geológico regional, mostrando el punto de ubicación del derrame de petróleo | 22 |
| Figura 7.3. Corte estructural regional | 23 |
| Figura 7.4. Bloques redondeados a sub redondeados de areniscas en la quebrada Numpatkain | 25 |
| Figura 7.5. Color rojo natural de las aguas de la quebrada Numpatkain | 25 |
| Figura 7.6. Columna estratigráfica de la parte superior de la Formación Chambira (Oligoceno-Mioceno inferior) | 26 |
| Figura 7.7. Corte transversal de la quebrada Numpatkain y la representación del oleoducto, el derrame de petróleo, la barrera de retención con sacos de arena y grava y la filtración de remanentes hacia la quebrada | 27 |
| Figura 7.8. Saco relleno de arena y grava, con los cuales se pretendió controlar los remanentes de petróleo en la zona de derrame | 28 |
| Figura 7.9. Remanentes de petróleo en la quebrada Numpatkain filtrando a través de los poros de la barrera con sacos de arena y grava | 29 |
| Figura 7.10. A) Barrera artesanal de control de migración de crudo en la quebrada Quebrada Numpatkain (UTM WGS84: 18M: 182208E, 9471344N). B) Quebrada Numpatkain (UTM WGS84: 18M: 182208E, 9471344N), otro tipo de barrera que impida fluir río abajo el petróleo | 29 |
| Figura 7.11. Mapa Geológico Local de la zona de estudio | 30 |
| Figura 7.12. Río Tunduzá, donde se observa barreras para controlar que siga fluyendo el petróleo hacia el río Nieva | 31 |

| | |
|--|----|
| Figura 7.13. Imagen satelital obtenida del Google Earth, mostrando la sinuosidad del río Tunduzá y la ubicación de secciones transversales al cauce. | 32 |
| Figura 7.14. Sección transversal de un meandro cerca al río Nieva, mostrando la acreción de barras de arena y la filtración de petróleo entre sus poros. | 33 |
| Figura 7.15. Sección transversal del río Tunduzá, en un meandro con mayor sinuosidad donde la acumulación de barras de arenas. | 34 |
| Figura 7.16. Sección transversal del río Tunduzá, cerca de la confluencia con la quebrada Numpatkain, donde se observa una baja sinuosidad del meandro y la acumulación de sedimentos de granos más gruesos. | 35 |
| Figura 7.17. Perfil Longitudinal de la Quebrada Numpatkain y Río Tunduzá | 36 |
| Figura 8.1. Muestreo geoquímico de suelos superficiales, profundos y sedimentos en la comunidad de Tunduzá, provincia de Condorcanqui (Amazonas). Vista al este. | 37 |
| Figura 8.2. Mapa de ubicación de muestras de suelo y sedimentos del área de estudio, situado en la comunidad Tunduzá. | 38 |
| Figura 8.3 Suelo Cambisol dístico - Acrisol háplico en la comunidad de Tunduzá, provincia de Condorcanqui (Amazonas). Vista al noreste..... | 39 |
| Figura 8.4. Mapa de suelos del área de estudio, elaborado por la Dirección de Evaluación de Recursos Naturales, según la clasificación de WRB (MINAGRI, 2009)..... | 40 |
| Figura 8.5. muestra de suelo superficial 10h-SLGQ24-007: a) Frasco de vidrio ámbar de 120 ml boca ancha. b) Profundidad de muestreo 0.30 cm. c) Toma de muestra en vial de vidrio de 40 ml para determinar la fracción de hidrocarburos. d) y e) Toma de muestra en frasco vidrio ámbar de 120 ml boca ancha, para material extraíble al hexano (aceites y grasas)..... | 41 |
| Figura 8.6. Valores de F1 en suelos superficiales comparados con el ECA para suelos de uso agrícola. | 42 |
| Figura 8.7. Valores de F2 en suelos superficiales comparados con el ECA para suelos de uso agrícola. | 42 |
| Figura 8.8. Valores de F3 en suelos superficiales comparados con el ECA..... | 43 |
| Figura 8.9. Abundancia por fracción de hidrocarburos, en suelos superficiales. | 44 |
| Figura 8.10. Valores de aceites y grasas en suelos superficiales comparados con la NCA-E para suelos agrícolas. | 45 |
| Figura 8.11. Abundancia por material extraíble al hexano, en suelos superficiales..... | 46 |
| Figura 8.12. Valores de arsénico en suelos superficiales comparados con el ECA para suelos agrícolas. | 48 |
| Figura 8.13. Valores de arsénico en suelos profundos comparados con el ECA para suelos agrícolas. ... | 48 |
| Figura 8.14. Abundancia de arsénico en suelos superficiales y profundos..... | 49 |
| Figura 8.15. Valores de Bario en suelos superficiales comparados con el ECA para suelos agrícolas..... | 50 |
| Figura 8.16. Valores de Bario en suelos profundos comparados con el ECA para suelos agrícolas..... | 50 |
| Figura 8.17. Abundancia de bario en suelos superficiales y profundos. | 51 |
| Figura 8.18. Valores de cadmio en suelos superficiales comparados con el ECA para suelos agrícolas. | 52 |
| Figura 8.19. Valores de cadmio en suelos profundos comparados con el ECA para suelos agrícolas. | 52 |
| Figura 8.20. Abundancia de cadmio en suelos superficiales y profundos..... | 53 |
| Figura 8.21. Valores de cromo en suelos superficiales comparados con el ECA para suelos agrícolas... .. | 54 |
| Figura 8.22. Valores de cromo en suelos profundos comparados con el ECA para suelos agrícolas. | 54 |
| Figura 8.23. Abundancia de cromo en suelos superficiales y profundos. | 55 |
| Figura 8.24. Valores de mercurio en suelos superficiales comparados con el ECA para suelos agrícolas. | 56 |
| Figura 8.25. Valores de mercurio en suelos profundos comparados con el ECA para suelos agrícolas... .. | 56 |
| Figura 8.26. Abundancia de mercurio en suelos superficiales y profundos. | 57 |
| Figura 8.27. Valores de plomo en suelos superficiales comparados con el ECA para suelos agrícolas. ... | 58 |
| Figura 8.28. Valores de plomo en suelos profundos comparados con el ECA para suelos agrícolas. | 58 |
| Figura 8.29. Abundancia de plomo en suelos superficiales y profundos. | 59 |
| Figura 8.30. Abundancia de elementos metálicos por estación de muestreo..... | 60 |
| Figura 8.31. muestra de sedimentos. a) Ubicación de la muestra de sedimentos en la quebrada Numpaktain. b) Trampa hidráulica para la toma de muestra de sedimentos. C) Toma de muestra en frasco vidrio ámbar de 120 ml de boca ancha, para análisis químico por hidrocarburos totales..... | 61 |

| | |
|--|----|
| Figura 8.32. Niveles de Hidrocarburos totales de petróleo en muestra (10H-SGQ24-001) comparado con el máximo permisible de la norma RBCA. | 62 |
| Figura 8.33. Niveles de aceites y grasas en muestra (10H-SGQ24-001) comparado con el máximo permisible de la norma NCA-E. | 62 |
| Figura 8.34. Abundancia de hidrocarburos de petróleo totales, aceites y grasas en sedimentos..... | 63 |
| Figura 9.1. Toma de muestras de agua para análisis químico (alcalinidad, aniones, metales totales y metales disueltos)..... | 65 |
| Figura 9.2. Punto cero (foco de contaminación por derrame de hidrocarburos). | 66 |
| Figura 9.3. Toma de muestras de agua en el punto 2 para análisis químico (alcalinidad, metales totales y disueltos, aceites y grasas e hidrocarburos totales de petróleo). | 66 |
| Figura 9.4. Toma de muestras de agua en el punto 3 para análisis químico (alcalinidad, aniones, metales totales y metales disueltos)..... | 67 |
| Figura 9.5. Toma de muestras de agua en el punto 2 para análisis químico (alcalinidad, metales totales y disueltos, aceites y grasas e hidrocarburos totales de petróleo). | 68 |
| Figura 9.6. Ubicación de puntos de muestreo con y sin presencia de hidrocarburos asociado a sus análisis en la comunidad nativa Tunduza por derrame de petróleo en el Km 358+835 del tramo II del ONP. | 69 |
| Figura 9.7. Variación de iones mayoritarios en la zona de Tunduza..... | 71 |
| Figura 9.8. Diagrama de Piper de las estaciones de muestreo en Tunduza..... | 72 |
| Figura 9.9. Diagrama de Gibbs de las estaciones de muestreo en la zona de Tunduza | 72 |
| Figura 9.10. Diagrama de Flujos de las estaciones de muestreo en la zona de Tunduza..... | 73 |
| Figura 9.11. USSL Diagrama para evaluación de calidad de agua de riego..... | 81 |
| Figura 9.12. Diagrama Wilcox para la evaluación de la calidad de agua de riego..... | 82 |

RESUMEN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) en atención al OFICIO 0172-2024-INGEMMET-PE, desarrolló la inspección técnica geoambiental en la comunidad de Santa María de Nieva-Tunduzá, referida a la posible degradación de recursos en sus matrices agua, suelo y sedimentos, a causa del derrame de petróleo ocurrido el 15 de mayo de 2023, en el Km 358+835 del tramo II del ONP, estudio desarrollado en conjunto por las tres direcciones de geológica: Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), la Dirección de Recursos Minerales y Energéticos (DRME) y Dirección de Geología Regional (DGR).

La DGR realizó el estudio geológico local del área afectada; sin embargo, también hace referencia a la geológica regional en el tramo del Oleoducto Norperuano entre la Estación 01 y la Estación 06, trayecto en la que atraviesa diversas unidades geológicas formacionales correspondientes a rocas sedimentarias poco consolidadas de la Formación Ucamara (Pleistoceno), Formación Sarameriza (Plioceno) hasta la Estación 05. Entre las estaciones 05 y 06, cruza la Cordillera de Campanquiz formada por rocas de la Formación Sarayaquillo (Jurásico Superior), la Formación Cushabatay (Cretácico Inferior) y la Formación Chonta (Cretácico Inferior a Superior), cruzando la cordillera aflora rocas más jóvenes de edad Paleógena de la Formación Chambira (Oligoceno-Mioceno Inferior) y secuencias de arcillas conglomerados de areniscas cuarzosas posiblemente del Plioceno. Localmente en la estación 06, se encuentra la quebrada Numpatkain (WGS84 UTM 18: 182217E, 9471328N), lugar donde se produjo el derrame de petróleo. Estratigráficamente, la quebrada Numpatkain muestra afloramientos de la Formación Chambira compuesta por intercalaciones de areniscas finas a muy finas, areniscas grises verdosas, limoarcillitas pardo rojizas en la parte media y areniscas feldespáticas grises claras en la parte superior.

El estudio de suelos y sedimentos estuvo a cargo de la DRME, realizando el trabajo de campo en dos etapas; la primera consistió en la colección de 8 muestras de suelo (4 de suelos superficiales y 4 en suelos profundos), con la finalidad de determinar el contenido de metales pesados; y la segunda se basó en la colección de 04 muestras (3 muestras de suelos superficiales y 01 muestra de sedimentos fluviales), para identificar los contenidos de hidrocarburos y aceites y grasas. Las muestras han sido analizadas en el laboratorio acreditado SGS del Perú S.A.C., siendo sometidas a digestión ácida para determinar las concentraciones de los metales totales mediante espectrofotometría de absorción atómica de llama. Además, se realizó el análisis por fracción de hidrocarburos, hidrocarburos totales, aceites y grasas, las cuales han sido comparadas con el ECA para suelos vigente (DS N° 011 011-2017-MINAM), el manual de usuario del Atlántico RBCA (para sitios impactados con petróleo en el Atlántico Canadiense) y la NCA-E (norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados en Ecuador). Con respecto a la evaluación de la calidad de suelos, en el parámetro fracción de hidrocarburos (F1, F2 y F3), se observó que las tres muestras no superaron el ECA para suelos de uso agrícola; sin embargo, el parámetro aceites y grasas correspondiente a la muestra 10H-SLGQ-006 presenta un valor de 15,593 mg/kg, que excede el nivel permisible establecido en la NCA-E. En base a concentraciones de metales pesados en suelos, se observaron valores máximos por los elementos: arsénico (4.979 mg/kg), bario (38.097 mg/kg), cadmio (<0.144 mg/kg), cromo (8.171 mg/kg), mercurio (<0.262 mg/kg) y plomo (14.370 mg/kg); concentraciones que no superan el ECA para suelos de uso agrícola. En el caso del cromo total se tomó como referencia el nivel permisible establecido en la NCA-E. Por último, en la evaluación de la calidad de sedimentos, el parámetro hidrocarburos totales de petróleo (1,088.90 mg/kg) y material extraíble al hexano (2,388 mg/kg) superaron los valores de referencia descritos en el RBCA Y NCA-E.

DGAR tuvo a su cargo el estudio de la matriz de agua, realizando el inventario y toma de muestras en 04 estaciones, el inventario se midieron los parámetros físicos-químicos (Ph, Conductividad Eléctrica, Salinidad y Sólidos totales disueltos) y en 04 estaciones se tomó muestras para análisis de aniones, metales totales y metales disueltos para 33 elementos, a 02 de estas estaciones se tomó muestras para

análisis de hidrocarburos totales, aceites y grasas, el trabajo geológico de campo identificó dos zonas en donde persiste contaminación por hidrocarburos totales, los cuales son puntos pertenecientes a la quebrada Numpatkain y río Tunduza, estaciones donde se detectó la misma marca hidroquímica; solo en la quebrada Numpatkain los valores de parámetros de potencial de hidrógeno y aceites y grasas supera el estándar de calidad ambiental para la matriz agua según el DS N° 004-2017-MINAM. Se identificó que la calidad de agua en la zona es apta para riego, sin embargo, existen restricciones en zonas con pasivos ambientales. Los resultados de la inspección técnica identificaron modificaciones en la química de suelo y agua productos del derrame de petróleo ocurrido el 15 de mayo del 2023, los cuales afectan las condiciones geológicas y ambientales en la zona de estudio, principalmente en la quebrada Numpatkain, pero también en el río Tunduza.

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

- DGAAE - Dirección General de Asuntos Ambientales Energéticos
- DGAAH - Dirección General de Asuntos Ambientales de Hidrocarburos
- DGAR – Dirección de Geología Ambiental y Riego Geológico
- DGR – Dirección de Geología Regional
- DIRESA - Dirección Regional de Salud
- DRME – Dirección de Recursos Minerales y Energéticos
- ECA - Estándar de Calidad Ambiental
- INGEMMET - Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
- ITS - Informe Técnico Sustentación
- MINAM - Ministerio del Ambiente
- MININTER - Ministerio del Interior
- MINEM - Ministerio de Energía y Minas
- MINSAL - Ministerio de Salud
- OEFA - Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental
- ONP - Oleoducto Norperuano
- OSINERGMIN - Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería
- PAMA - Programa de Adecuación y Manejo Ambiental
- PAP - Plan de Abandono Parcial
- PNP - Policía Nacional del Perú
- SUNAFIL - Superintendencia Nacional de Fiscalización Laboral
- UTM - Universal Transverse Mercator
- WGS84 - World Geodetic System 1984

1. INTRODUCCIÓN

El siguiente estudio trata la problemática sobre el derrame de petróleo ocurrido el 15 de mayo de 2023, en el Km 358+835 del tramo II del ONP, en atención al oficio 0172-2024-INGEMMET-PE, que tiene como fin realizar la inspección técnica geoambiental en el distrito de Santa María de Nieva, poblado Tunduza. El derrame de petróleo es un evento que causa impactos significativos negativos al medio ambiente con efectos sobre las matrices de sedimentos, suelos y aguas específicamente, siendo el recurso hídrico el medio de transporte principalmente, y los sedimentos y suelos puntos de deposición. Este estudio tiene como base la geología considerada el eje fundamental para la comprensión de las otras matrices (suelos, sedimentos y aguas) por ende el trabajo de nivel comprende la caracterización del área geológicamente seguido de la evaluación de estaciones de muestreo en aguas y suelos para la correcta inspección geoambiental de la zona de estudio.

El derrame de petróleo en un área geológicamente compleja puede tener consecuencias graves para las comunidades locales y el medio ambiente. Comprender la geología del lugar afectado es crucial para evaluar el impacto del derrame y desarrollar estrategias de remediación efectivas. Este informe presenta un estudio geológico detallado, tanto a nivel regional como local, de la zona afectada por el derrame. A través del análisis estratigráfico y estructural de las diversas formaciones geológicas presentes, se busca entender cómo estos estratos y estructuras pueden influir en la dispersión del petróleo derramado y las medidas necesarias para mitigar sus efectos. Las unidades estratigráficas de la región incluyen una variedad de rocas sedimentarias entre areniscas, arcillas, limos y diversas estructuras plegadas. Cada uno de estos estratos presentan características diferentes que puede afectar directamente la movilidad y el confinamiento del petróleoderramado. La porosidad y la permeabilidad de estas rocas juegan un papel crucial en la extensión del derrame y en las posibles rutas de contaminación del agua subterránea. Además, la presencia de fallas y pliegues geológicos puede facilitar la migración del petróleo a través de capas subterráneas, aumentando el riesgo de contaminación a largo plazo. Este informe no solo se centra en identificar las características geológicas de la zona afectada, sino también en proporcionar recomendaciones para la remediación y prevención de futuros derrames. Al entender la relación entre las unidades estratigráficas y la dispersión del petróleo, se pueden diseñar estrategias efectivas para la limpieza y recuperación ambiental. Este enfoque integrado es esencial para minimizar el impacto ambiental y garantizar la seguridad y bienestar de las comunidades locales.

Por su parte el suelo es un medio particularmente sensible a la presencia de contaminantes. Las autoridades competentes han establecido valores límite de concentración para distintos contaminantes, ya sean de origen orgánico e inorgánico, dichos niveles de concentración dependen del uso que se le da al suelo. Por encima de estos valores ha sido obligatorio llevar a cabo la remediación del suelo. Es por ello que las normativas van evolucionando con el fin de optimizar el control de la contaminación de suelos. Existen una gran cantidad de actividades antrópicas que pueden provocar contaminación en el suelo, los derrames de hidrocarburos es una de ellas. La presencia de estos productos en los suelos se puede determinar realizando un muestreo del área afectada y posterior análisis en laboratorio para poder cuantificar los niveles de contaminación. En el caso de contaminantes orgánicos se analizan los valores de hidrocarburos aromáticos volátiles, hidrocarburos poliaromáticos, hidrocarburos de petróleo y compuestos organoclorados que presenta el suelo. En el caso de contaminantes inorgánicos se realiza el muestreo geoquímico para determinar los niveles de concentración de elementos traza tales como (arsénico, bario, cadmio, cromo, mercurio y plomo).

El agua principalmente como agente de transporte, toma un rol importante en el estudio, debido a que el petróleo usa esta como medio móvil; en Santa María de Nieva - Tunduza, especialmente en la Quebrada Numpatkain y el río Tunduza, durante los trabajos geológicos de campo se observó la presencia de petróleo y películas de aceites y grasas, que se corroboran con los análisis de laboratorio desarrollados; con base en los resultados de dichos análisis se realizó la caracterización hidroquímica, un análisis comparativo con

estándares de calidad ambiental de los parámetros críticos según DS 004-2017-MINAM y la determinación parámetros para la calidad de agua para riego.

El estudio integrado de la geología, suelo, sedimento y agua permite identificar y caracterizar los factores que pueden influir en las condiciones geoambientales los cuales tienen el potencial de causar cambios significativos en el entorno.

2. ANTECEDENTES

- Uno de los reportes más importantes es el **Reporte Complementario N° 5255 – 20/6/2023 / COEN – INDECI / 23:20 horas (Reporte N°6)** * donde indica los siguientes eventos y acciones tomadas importantes de acuerdo con el suceso del 15 de mayo de 2023, a las 12:09 horas, donde -se registró un derrame de hidrocarburos de tubería, en el tramo II del Oleoducto Norperuano (ONP), a la altura del km 358+835 en la comunidad nativa del Puerto Tunduza, distrito de Nieva, provincia de Condorcanqui.
 - 16/05/2023 – 12:30 horas – MINEM: Menciona dos aspectos importantes: (1) no existen anomalías significativas en los segmentos de la tubería donde se ha producido el evento, (2) se confirmó la presencia de crudo por parte de Petroperú.
 - 18/05/2023 – INDECI: A través de la Dirección Regional de Salud (DIRESA) menciona que 5 profesionales de la Red de Salud Condorcanqui se desplazaron a la zona para realizar evaluación de su competencia. Petroperú colocó una (01) barrera en la quebrada para contener el avance del crudo y desviar su paso hacia un punto de recolección. La población no permitió continuidades del trabajo.
 - 20/05/2023 – 17:00 horas – MINAM en su Reporte Complementario N°36 informó que: (1) se observó afloramiento de petróleo crudo, lo cual indicaría que la causa del derrame se atribuiría a un proceso de corrosión de la tubería y o a un acto de terceros, (2) se estima que el volumen de petróleo es ocho (8) barriles, afectando un área de suelo de 200 m² de suelo en el km 358+835 del Tramo II del ONP, en las coordenadas UTM WGS84: 18M: 182208E, 9471344N. Adicionalmente, mencionan que existen componentes afectados, tales como, suelo en el derecho de la vía en un área de 45m² aproximadamente, en el agua superficial de la quebrada Numpatkain, quebrada Tunduza y río Nieva por determinar. Se menciona una (01) muestra de suelo. Finalmente se menciona que se paralizó el trabajo debido al impedimento por los pobladores.
 - 23/05/2023 – MINAM en su Reporte Complementario N°38 informó que: (01) La población y autoridades (APU) detuvieron el trabajo de contingencia de Petroperú. MINSA en su Reporte de Evento N° 5438 informó a DIRESA Amazonas que realice el seguimiento a la emergencia, no se han reportado daños a la vida ni a la salud de personas por contacto al crudo de petróleo.
 - 25/05/2023 – MININTER mediante el Reporte de Emergencia N° 2023000631 informó que: (1) se realizó una reunión con pobladores y APU llevada a cabo por personal de OSINERMINING y OEFA, (2) personal de la Comisaría Santa María de Nieva y con representantes del Ministerio Público y Petroperú fueron a constatar los trabajos de rehabilitación.
 - 24/05/2023 – MINEM mediante el Reporte Complementario N° 028 informó que: (1) A las 19:10 horas Petroperú contuvo la fuga del crudo con una grapa metálica, trabajos realizados tras nueve días de diálogo con pobladores y APU en Tunduza. Personal de la OEFA, la PNP y Ministerio Público constataron el orificio circular de media pulgada de diámetro que originó la fuga de crudo que habría sido realizado presumiblemente con un taladro.
 - 26/05/2023 – MINEM mediante el Reporte Complementario N° 028 informó que el supervisor de mantenimiento de Petroperú acompañó al supervisor de OSINERGMIN en sus trabajos de fiscalización apreció que ya no existía fuga de crudo y que el evento fue posible causa de acción humana de personas no identificadas.

- 27/05/2023 – MINEM mediante el Reporte Complementario N° 028 informó que Petroperú mediante el Informe JOEP-0400-2023 al jefe de la MACROPOL AMAZONAS/SAN MARTÍN, reporto en asamblea comunal el 26.05.2023 los eventos y actividades realizadas.
- En un reporte más reciente se entregó a INGEMMET una **Ayuda a la Memoria por parte de Petróleos del Perú - Petroperú S.A. del 11/12/2023** en el cual se actualizó el reporte de derrame de petróleo en el distrito de Nieva, provincia de Condorcanqui, departamento de Amazonas donde la información más relevante es la siguiente:
 - El derrame ocurrió el 15 de mayo de 2023, a la altura del Km 358+835 en la tubería de 36" de diámetro del Tramo II del ONP, en las coordenadas UTM WGS84: 18M: 182208E, 9471344N. Que afectó los componentes de agua, suelo y vegetación.
 - Después de 8 días de ocurrido el derrame, se verificó que el petróleo crudo derramado, había afectado las quebradas Numpatkain (2100m), quebrada Tunduza (2600m) y río Nieva (39000m) aproximadamente.
 - El 24 de mayo de 2023 a las 11:45 am se autorizó a Petroperú para que controle el derrame, coloque la grapa e instale las barreras de contención, en los cuerpos de agua a través de los cuales se desplaza el petróleo crudo. Se obtuvo el hueco con un tarugo de madera logrando controlar (detener) el derrame. Se menciona que la causa de la falla fue ocasionada por un acto de terceros no identificado (perforación).
 - A la fecha de este reporte (ayuda a la memoria) no se han dictado medidas administrativas ordenadas, multas coercitivas impuestas, evaluaciones de causalidad, mesa de diálogo o mesas de trabajo con otras entidades.
 - Existe una última acción de supervisión del 30 de noviembre al 03 de diciembre 2023, el OEFA realizó una acción de supervisión especial *in situ* a la zona de la emergencia ocurrida a la altura del Km 358+835, se verificaron los componentes ambientales afectados por la emergencia ambiental, evidenciando trazas de hidrocarburos en la quebrada Numpatkain, que fue el cuerpo de agua que recibió directamente el contaminante. Asimismo, en las aguas de la **quebrada Tunduza y del río Nieva no se observó presencia de hidrocarburos**; sin embargo, el suelo adyacente al punto de derrame mantenía presencia de petróleo crudo.
 - Se consideran nuevas acciones adoptadas, indican que se está evaluando el dictado de una medida administrativa consistente en tres medidas preventivas:
 - Realizar la limpieza total del área afectada.
 - Realizar el adecuado almacenamiento de los residuos generados como resultado de la limpieza del área total impactada por el derrame de petróleo crudo.
 - Realizar el transporte y la disposición final de los residuos generados como resultados de la limpieza del área total impactada por el derrame de petróleo crudo.
- El 14/03/2024 envía el Oficio N° 0172-2024-INGEMMET/PE dirigiéndose al viceministro de Hidrocarburos Julio Walter Poquioma Shaffer enviando el Informe N° 0028-2024-INGEMMET/DGAR en donde se detalla el "Plan de trabajo, presupuesto y cronograma de actividades" elaborado por la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico respecto al derrame de hidrocarburos del tramo II del ONP en el Km 358+835.
- El 15/03/2024 la Dirección General de Asuntos Ambientales de Hidrocarburos en su exposición de medidas adoptadas por el MINEM para la remediación de las zonas afectadas por los derrames de hidrocarburos en la Amazonia indica el plan de trabajo de INGEMMET para realizar un estudio geológico en el KM 358+835. Se informa que se realizaron las actividades de control de la fuga,

obtención, contención y acopio, recuperación, aseguramiento y limpieza inicial. Sin embargo, se tiene pendiente la limpieza principal (remediación ambiental), gestión de residuos sólidos, aseguramiento final, supervisión de comprobación (OEFA), cierre que se planea el inicio de contratación para febrero de 2024 y el inicio tentativo de actividades mayo 2024 (Fuente: Petroperú – Informe Técnico N° GCDS-0123-2024 del 26.01.2024). Específicamente con respecto a lo compete del INGEMMET se menciona lo siguiente:

- Objetivo de efectuar un estudio geológico para determinar la procedencia de hidrocarburos en el KM 358+835 del ONP.
 - Actividades propuestas (cronograma de campo 01 al 08 de abril del 2024):
 - Reconocimiento geológico de la zona.
 - Análisis estratigráfico y estructural.
 - Muestreo de suelos y sedimentos.
 - Elaboración del informe técnico.
 - Trabajos a realizar por INGEMMET:
 - Un (01) informe geológico del área de la inspección técnica.
 - Una (01) columna estratigráfica esquemática.
 - Una (01) sección estructural esquemática del sector del derrame.
 - Un (01) informe del área de la inspección técnica referente a geoquímica de suelos y sedimentos.
 - Un (01) informe técnico geoambiental.
- El INGEMMET realiza inspección de campo del entre los meses de abril y mayo. El cuál es el motivo del presente informe.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Conceptos

- **Inspección Técnica Geoambiental:** La inspección técnica geoambiental es un proceso sistemático y detallado que se lleva a cabo para evaluar las condiciones geológicas y ambientales de un área específica, que tiene como objetivo identificar, analizar y caracterizar factores que puedan influir en las condiciones geoambientales del terreno, la calidad del suelo y del agua, y los posibles riesgos geológicos asociados.
- **Suelo:** Material no consolidado compuesto por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y organismos, que comprende desde la capa superior de la superficie terrestre hasta diferentes niveles de profundidad
- **Muestra en superficie:** Muestra obtenida del horizonte o capa del suelo más cercana a la superficie, a una profundidad de 0 – 30 cm o de 30 a 60 cm.
- **Muestra en profundidad:** Muestra obtenida de los horizontes o capas del suelo en donde se ubican y lixivian los contaminantes que se desean evaluar.
- **Sedimento:** Materiales de depósito o acumulados por arrastre mecánico de las aguas superficiales o el viento depositados en los fondos marinos, fluviales, lacustres y depresiones continentales
- **Geoquímica de suelos:** Consiste en el análisis de muestras de suelo, colectadas de un horizonte en particular y tamizadas para retener una fracción de tamaño determinado. Dicho análisis provee datos sobre la distribución de los elementos químicos en la naturaleza, la correlación entre esta distribución y los valores de fondo en ambientes naturales no contaminados.

- **Permeabilidad:** La porosidad de las rocas es la medida del volumen de espacios vacíos dentro de una roca, expresada como un porcentaje del volumen total. Estos poros pueden contener fluidos como agua, petróleo o gas.
- **Porosidad:** La porosidad de las rocas es la medida del volumen de espacios vacíos dentro de una roca, expresada como un porcentaje del volumen total. Estos poros pueden contener fluidos como agua, petróleo o gas.
- **Porosidad primaria:** Desarrollada después de la formación inicial de la roca debido a procesos como disolución o fracturación.
- **Porosidad secundaria:** Desarrollada después de la formación inicial de la roca debido a procesos como disolución o fracturación.
- **Falla:** Es una estructura geológica que presenta desplazamiento.
- **Falla inversa:** Un tipo de falla formada cuando el bloque de falla a lo largo del bloque techo se desplaza en forma ascendente, a lo largo de una superficie de falla, respecto del bloque piso.
- **Meandros:** Un meandro es una curva pronunciada en el curso de un río, común en terrenos planos con pendiente baja. Se forma por la combinación de erosión en el lado exterior de la curva y deposición de sedimentos en el lado interior.
- **Estación de muestreo:** es un punto o sitio específico donde se recolectan muestras de agua de forma regular para su análisis y evaluación.
- **Hidrocarburo:** El petróleo y los productos derivados de él, son mezclas complejas que contienen primordialmente hidrocarburos (compuestos que contienen moléculas formadas por átomos de carbono e hidrógeno), compuestos de azufre, nitrógeno, oxígeno y en menor proporción elementos metálicos
- **Grado de contaminación:** se refiere a la severidad o intensidad con la que un contaminante o conjunto de contaminantes afecta el medio ambiente y la salud humana.
- **Fuente (Foco) de contaminación:** Punto o área de contaminación y dispersión de materiales y residuos peligrosos al ambiente, fuente que emite contaminantes al ambiente en un sitio contaminado.
- **Derrame:** Cualquier descarga, liberación, rebose o vertido debido a una práctica inadecuada o hecho accidental de hidrocarburos o líquidos peligrosos en el agua o suelo.
- **Pasivo ambiental o remanentes:** el pasivo ambiental se refiere a los daños ambientales causados por actividades geológicas o relacionadas con la geología y antrópicas, tanto presentes como pasadas.
- **Calidad del suelo:** Es la capacidad natural del suelo de cumplir diferentes funciones: ecológicas, agronómicas, económicas, culturales, arqueológicas y recreacionales. Es el estado del suelo en función de sus características físicas, químicas y biológicas que le otorgan una capacidad de sustentar un potencial ecosistémico natural y antropogénicas.
- **Suelo contaminado:** Suelo cuyas características químicas, han sido alteradas negativamente por la presencia de sustancias contaminantes depositadas por la actividad humana.
- **Estándar de Calidad Ambiental (ECA):** Es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos.

3.2. Marco Legal (Regulación ambiental relacionado a hidrocarburos):

El tramo II del Oleoducto Norperuano es dirigido por la unidad fiscalizable. Las entidades competentes en el ámbito son Perupetro, MINEM, OEFA, OSINERGMIN y SUNAFIL.

Instrumentos de Gestión Ambiental del ONP aprobados por el MINEM:

- Programa de Adecuación y Manejo Ambiental del Oleoducto Norperuano (PAMA) mediante el Oficio N° 136-95-EM del 19 de junio de 1995.
- Modificación Del Impacto N° 28 del PAMA, Con Relación a la Remediación del Oleoducto Norperuano mediante la R.D. N° 394-2001-EM-DGAA del 6 de diciembre de 2001.
- PAP de la obra: Reubicación del Oleoducto Norperuano en la zona de influencia del Embalse Limón mediante la Resolución Directoral (R.D.) N°711-2006-MEM/AAE del 20 de noviembre de 2006.
- Plan de Manejo Ambiental del Proyecto "Transporte de crudo pesado de la cuenca del Marañón por el Oleoducto Norperuano" con la R.D. N°320-2013-MEM/AAE del 23 de octubre de 2013.
- ITS para la "Modificación de instalaciones para las operaciones temporales de carga y descarga de crudo en la Estación 05 y Terminal Bayóvar" con la R.D. N°317-2016-MEM/DGAAE del 30 de noviembre de 2016.
- ITS para el proyecto "Instalación de facilidades de carga y descarga de residual de primaria en el Terminal Saramiriza y la Estación 05 del Oleoducto Norperuano – ONP" con la R.D. N°494-2017-MEM/DGAAE del 7 de noviembre de 2017.
- Plan dirigido a la Remediación - Estación Morona con la R.D. N°157-2023-MINEM/DGAAH del 7 de noviembre de 2017.
- Modificación del Impacto N° 19 del PAMA, "Evaluación e instalación de válvulas en cruces de ríos" del Oleoducto Norperuano – Ramal Norte mediante la R.D. N°215-2003-EM-DGAA del 7 de mayo de 2023.

Regulación Ambiental Relacionada a Hidrocarburos:

- Decreto Supremo N° 037-2008-PCM: Establece los Límites Máximos Permisibles de efluentes Líquidos para el Subsector Hidrocarburos.
 - ITS para el proyecto "Instalación de facilidades de carga y descarga de residual de primaria en el Terminal Saramiriza y la Estación 05 del Oleoducto Norperuano –ONP" con R.D. N°494-2017-MEM/DGAAE – 07.11.2017.
 - Plan dirigido a la Remediación -Estación Morona R.D. N°157-2023-MINEM/DGAAH – 07.11.2017.
 - Modificación del Impacto N° 19 del PAMA, "Evaluación e instalación de válvulas en cruces de ríos" del Oleoducto Norperuano – Ramal Norte mediante R.D N° 215-2003-EM-DGAA – 07.05.2023.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo Principal

- Realizar la inspección geoambiental sobre el derrame de petróleo ocurrido el 15 de mayo de 2023, en el Km 358+835 del tramo II del ONP, en atención al OFICIO 0172-2024-INGEMMET-PE.

4.2. Objetivos Secundarios

- Realizar el reconocimiento geológico de la zona de derrame, considerando unidades rocosas involucradas.
- Levantar una (01) columna estratigráfica esquemática, definiendo rocas impermeables y porosas.
- Reconocimiento geoambiental e identificación factores geológicos y/o antrópicos en los principales flujos de agua.
- Reconocimiento geoquímico de suelos (horizontes superficiales y profundos) y de sedimentos fluviales.
- Realizar un (01) informe técnico geoambiental referido a la caracterización geológica, geoquímica e hidrogeoquímica de la zona de estudio.

5. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Metodológicamente se ha dividido por especialidades de las 3 direcciones de línea de INGEMMET: La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), la Dirección de Geología Regional (DGR) y la Dirección de Recursos Minerales y Energéticos (DRME). El esquema de trabajo por equipo y las funciones generales se detallan en la figura 5.1. El equipo de trabajo de campo estuvo conformado por el Ing. Iván Becerra (DGAR), Ing. Fredy Jaimes (DGR), Ing. Joel Otero (DRME) y Geólogo Diego Arestegui (DGAR). La redacción del presente del informe estuvo a cargo del Ing. Alonso Otiniano (DGAR), Ing. Lennin Cabanillas (DRME) e Ing. Fredy Jaimes (DGR), con el apoyo de los Ing. Mary Carrasco (DGAR), Geólogo Diego Arestegui (DGAR), Ing. Iván Becerra (DGAR), Ing. Igor Espinoza (DRME) y Bch. F. Cotrina (DGR).

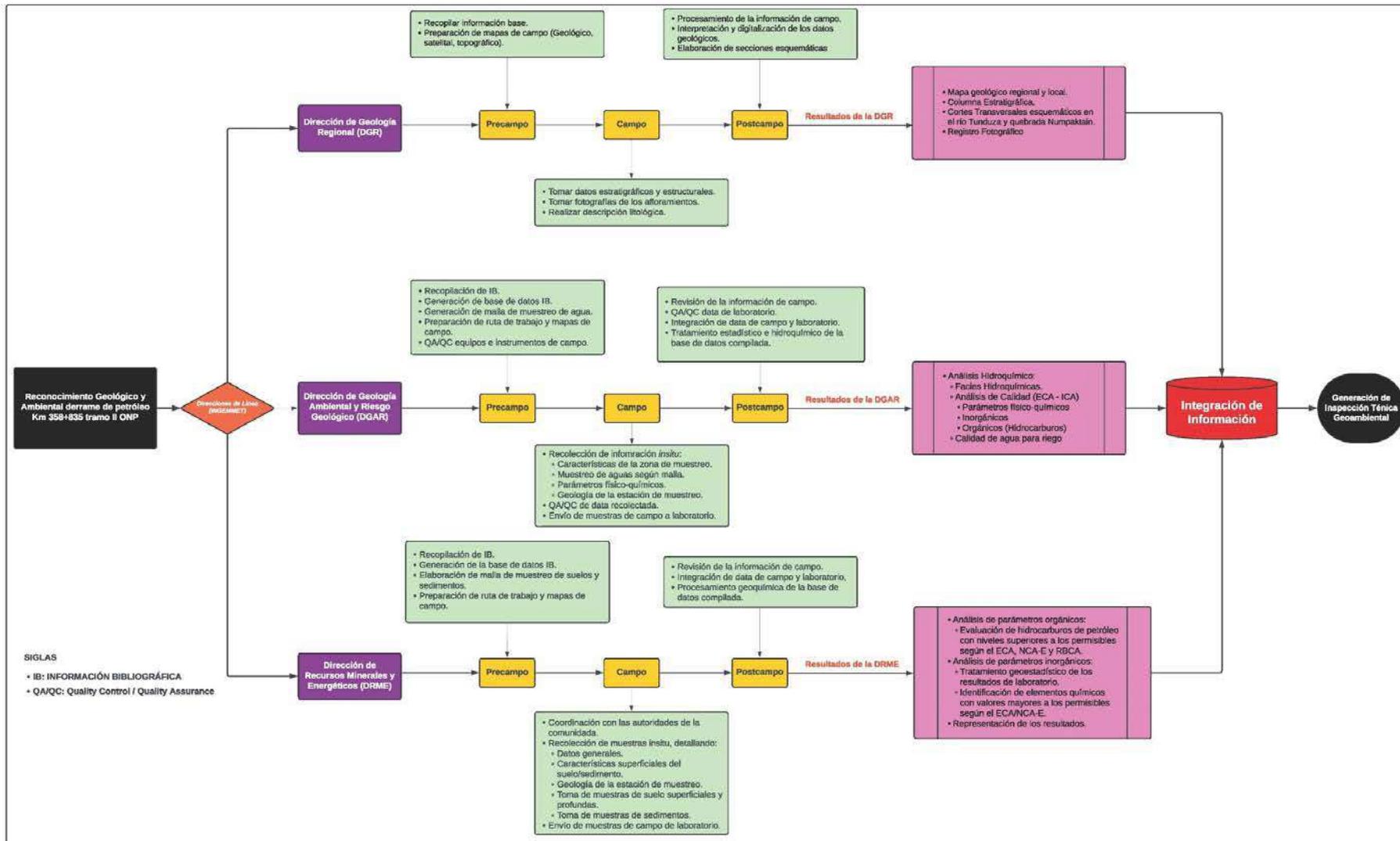


Figura 5.1. Metodología de trabajo- INGEMMET derrame de petróleo en el Km 358+835 del tramo II del ONP.

6. ASPECTOS GENERALES

6.1. Ubicación y Accesibilidad

1.1.1. Ubicación

La zona del derrame se ubica en el tramo II del ONP del km 358+835 en el departamento de Amazonas, provincia de Condorcanqui del distrito Santa María de Nieva comunidad nativa de Tunduzá. La zona pertenece a la Unidad Hidrográfica 49879 denominada Medio Alto Maraón. Esta cuenca tiene un área de 5129 km² aproximadamente. En la figura 6.1 se muestra el mapa de ubicación de la zona de estudio, adicionalmente se muestra la quebrada Numpatkain que posee una longitud aproximada de 4229 metros de recorrido, el cual desemboca al Río Tunduzá, este recorre 1100 metros hasta alimentar al Río Nieva que desemboca en el Río Maraón.

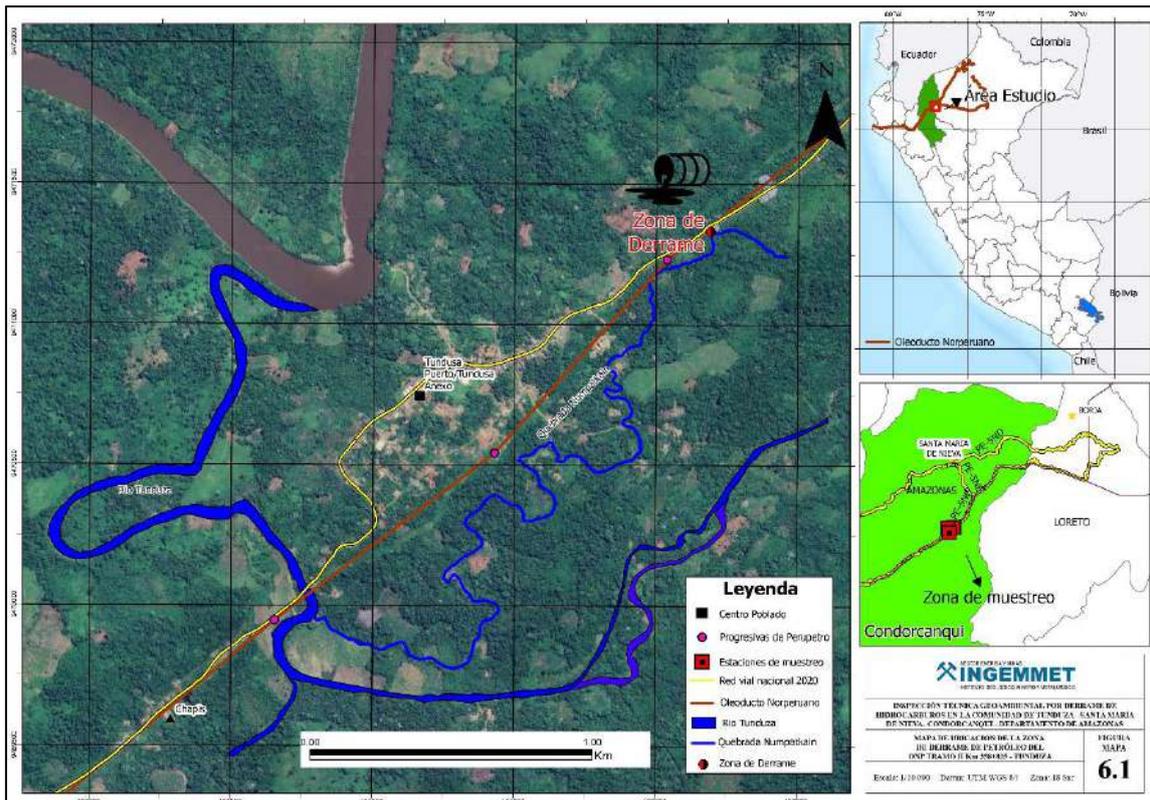


Figura 6.1. Mapa de ubicación del área trabajada por derrame de hidrocarburos Km 358+835 del tramo II del ONP – Tunduzá

1.1.2. Accesibilidad

Para llegar a la zona se puede realizar vía terrestre o aérea. Desde la ciudad de Lima vía aérea se llega Chiclayo, para luego seguir vía terrestre de Chiclayo a Jaén con un tiempo de recorrido entre 6h 24min a 7h 41 min dependiendo la ruta elegida), de Jaén a Santa María de Nieva (6h y 8 min aproximadamente), finalmente de Santa María de Nieva a Tunduzá el acceso toma 1h 23 min apropiadamente para llegar al centro poblado Tunduzá, ver figura 6.2.



Figura 6.2. Ruta y tiempo de viaje estimado desde Lima hasta la comunidad nativa Tunduzza

1.1.3. Hidrografía

La red hidrográfica de la Región Amazonas está constituida por un sector de la cuenca del río Marañón, siendo sus afluentes principales por la margen izquierda los ríos: Cenepa y Santiago y por la margen derecha los ríos Utcubamba, Imaza-Chiriaco y Nieva. Estos últimos son alimentados por las continuas precipitaciones pluviales que ocurren en la Cordillera Oriental.

Según la Autoridad Nacional del Agua, la localidad de Nieva pertenece a la región hidrográfica del Amazonas, vertiente del Atlántico y a la cuenca medio alto del río Marañón, uno de los principales tributarios del río Amazonas. Su unidad de drenaje es la “Intercuenca 49879”.

Principales drenajes

Río Marañón

El tramo del río Marañón dentro del área de estudio se extiende desde las localidades de Lucmapampa y Balsas hasta el Pongo de Manseriche. Este segmento del río tiene aproximadamente 502 km de longitud y un ancho promedio de 150 m, con secciones más amplias que superan los 1,500 m y otras muy estrechas que apenas alcanzan los 40 m, como en el sector alto del río y en el Pongo de Rentema.

En la región denominada Alto Marañón, el río discurre entre las Cadenas Central y Oriental de los Andes del Norte, en dirección Sur-Norte hasta la desembocadura del río Chamaya. A partir de ahí, el Marañón entra en el ecosistema de selva alta y posteriormente sigue una dirección suroeste-noreste, atravesando la Cordillera Oriental y Faja Subandina hasta el Pongo de Manseriche. En el sector alto del área de estudio, el río Marañón tiene un caudal de 500 m³/s (INGEMMET 1995). Según Reinoso (2001), el río tiene una profundidad promedio de alrededor de 10 m, un caudal de 2,250 m³/s y un volumen promedio de 157,500,000 m³. El fondo del río es arenoso-pedregoso en los tramos torrentosos y arenoso-limoso-arcilloso en los tramos más tranquilos.

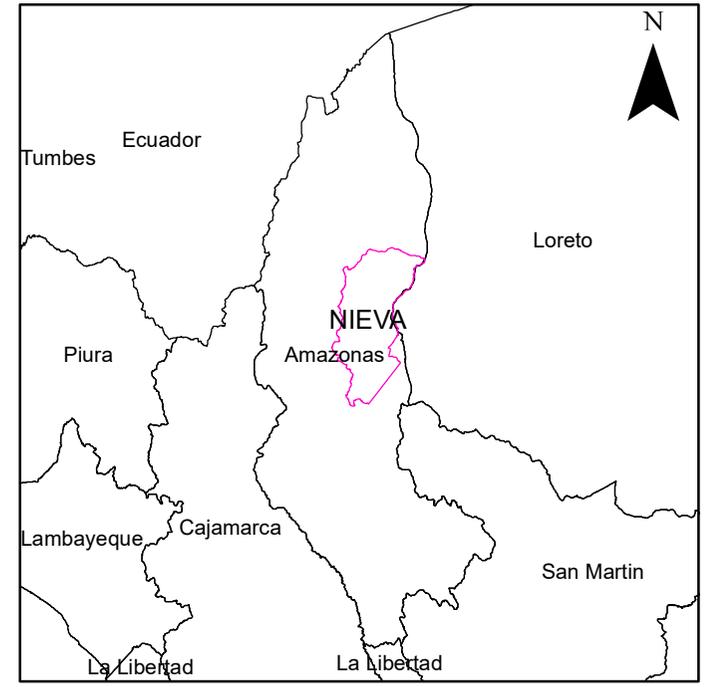
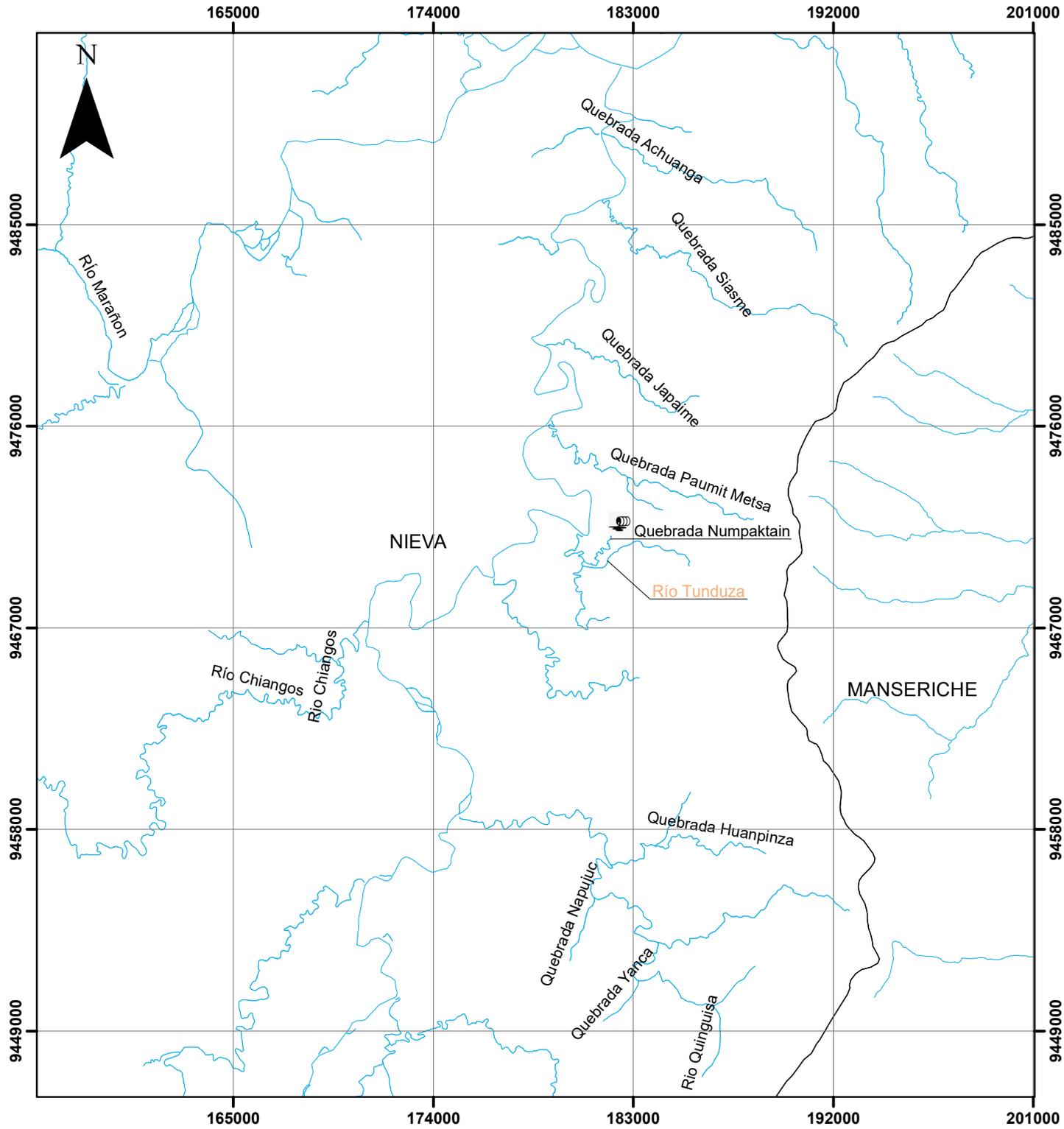
En el informe de Proyecto Zonificación Ecológica y Económica del departamento de Amazonas (Maco, 2010); se describe que el sector del río Wawico, dentro de la cuenca del río Marañón, se caracteriza por tener cursos de agua pequeños y medianos. Los pequeños cursos de agua permanentes, afluentes de la quebrada Numpatkain, se localizan principalmente en la margen izquierda y se distribuyen perpendicularmente al Oleoducto Norperuano. Una característica importante a tener en cuenta es que estas quebradas aumentan su caudal de manera repentina y significativa después de las lluvias. El sistema de quebradas Dauk-Entsa - Numpatkain - Bichanak desemboca en el río Wawico, el cual finalmente desemboca en el río Marañón. En los lechos de las quebradas y ríos de la zona de estudio predominan las rocas y los cantos rodados.

Río Nieva

El río Nieva es tributario del río Marañón por la margen derecha y tiene una longitud total de 212 km. aproximadamente, desde sus nacientes en la Cordillera de Campanquiz hasta su desembocadura en el Marañón. El río Nieva nace al Noreste de la Provincia de Bongará cerca al límite con la Región San Martín, en los cerros Shingbunza y Suanza. Su recorrido inicial tiene una orientación Sureste-Noroeste hasta su confluencia con el río Cachiyacu, posteriormente toma el rumbo Suroeste-Noreste hasta su desembocadura en el río Marañón, a la altura del poblado de Santa María de Nieva. Se reporta un módulo hídrico medio anual de 323 m³/s para el río Nieva (ONERN citado en INADE s/f). En este estudio se ha determinado que el área de su cuenca es de 357,350 ha que representa el 8.50 % del territorio de la Región Amazonas.

Para el río Nieva, Reinoso (2001) estima un ancho promedio de 80 m, con una profundidad promedio de 4.5 m, aforo promedio de 252 m³/s y volumen promedio de 157'600,000 m³. El mismo autor divide al río en tres sectores: a) el Alto Nieva, desde su nacimiento hasta la desembocadura del río Cachiyacu, caracterizado por presentar valles en "v" muy cerrados, topografía muy accidentada con cambios bruscos de nivel denominados "cashueras", se encuentra surcada por una red compleja de pequeñas quebradas, b) el Medio Nieva, desde la boca del Cachiyacu hasta la desembocadura de la quebrada Kingkis, se caracteriza por ser menos accidentado que el tramo superior puesto que no presenta cambios bruscos de nivel, y c) el Bajo Nieva, desde la boca de la quebrada Kingkis hasta la desembocadura del río Nieva en la margen derecha del río Marañón, presenta una topografía aún menos accidentada, observándose meandros en el curso del río y un valle que se va ampliando río abajo en forma progresiva. El fondo del cauce está compuesto de material pedregoso (cantos rodados) y areno-limoso desde sus cabeceras hasta el sector medio del río; el sector bajo este compuesto mayormente de material arcillo-limoso-areno-pedregoso.

Entre los principales afluentes se reportan al río Cachiyacu y las quebradas Achoaga, Seasme, Ambuja, Yutuienta, Tatagkus, Kusu, Tunin, Tunta, entre otras.



Simbología

-  Zona_de_derrame
-  Distrito de Nieva
-  Lagos y lagunas
-  Drenaje
-  Límites distritales



 SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INGEMMET

 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

INSPECCIÓN TÉCNICA GEOAMBIENTAL POR DERRAME DE

 HIDROCARBUROS EN LA COMUNIDAD DE TUNDUZA - SANTA MARÍA

 DE NIEVA - CONDORCANQUI -DEPARTAMENTO DE AMAZONAS

| | |
|--|----------------|
| MAPA HIDROGRÁFICO | FIGURA MAPA |
| Escala 1/600000 Datum: UTM WGS 84 Zona: 18 Sur | |
| 6.3 | |

6.2. Aspectos Socioeconómicos

Demografía: Según el Censo de 2017, realizado por INEI, la provincia de Condorcanqui tiene una población total de 42,470 habitantes, con 9867 hogares de los cuales 38,395 residen en zonas rurales y 4,075 en zonas urbanas. Esto refleja una marcada diferencia entre la población rural y urbana, con solo un 9.6% de la población viviendo en áreas urbanas.

Actividad Económica: La actividad económica predominante en Condorcanqui es la agropecuaria, que emplea al 48% de la población económicamente activa. Le siguen en importancia las obras no calificadas con un 33%, actividades administrativas con un 9%, comercio y turismo con un 3%, minería y técnicos de agropecuaria con un 1% cada uno, y otras actividades con un 2%.

Producción Agropecuaria: Se estima que la producción agropecuaria de Condorcanqui alcanza las 50 mil toneladas métricas anuales, principalmente de plátano y yuca. Estos cultivos son fundamentales para la economía local y contribuyen significativamente a la seguridad alimentaria de la región.

7. ASPECTOS GEOLÓGICOS

7.1. Geología Regional del Oleoducto Norperuano

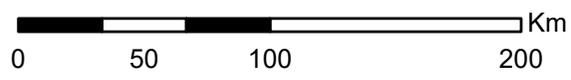
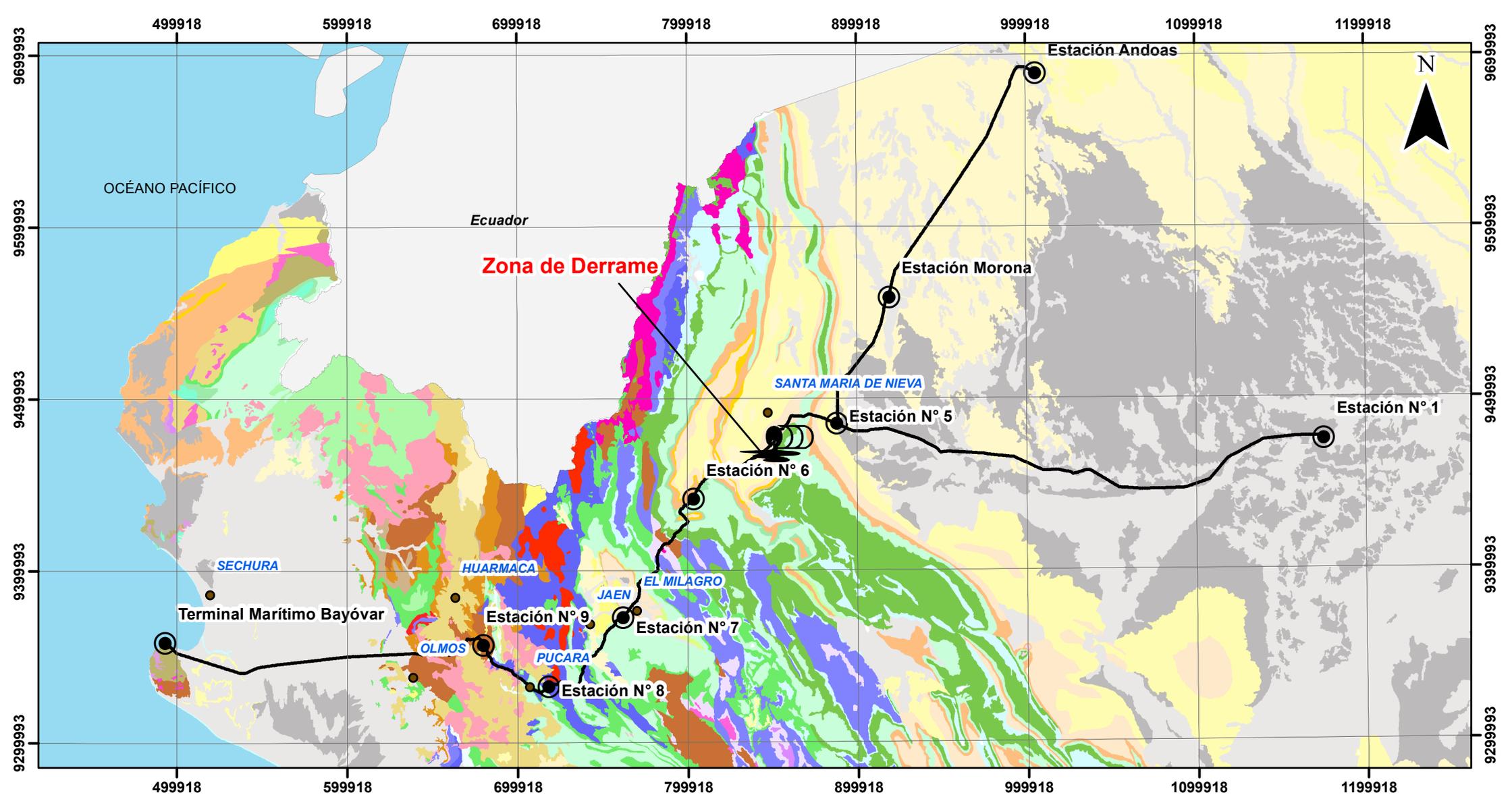
El Oleoducto Norperuano que tiene su trayecto desde la amazonia hasta la costa peruana. Se inicia en San Jose de Saramuro (Estación 01) y termina en el terminal marítimo de Bayóvar en la costa peruana; sin embargo, en este informe solo nos referiremos al tramo entre la Estación 01 y la Estación 06.

Basado en la geología de los cuadrángulos de Yanayacu (10n), Puerto America (10i), Santa Maria de Nieva (10h), Andoas (6K), Bagazan (8i), Puerto Alegria (9i), Aramango (11g) y Uracusa (10g) se resume la geología por donde atraviesa el Oleoducto Norperuano hasta la Estación 6.

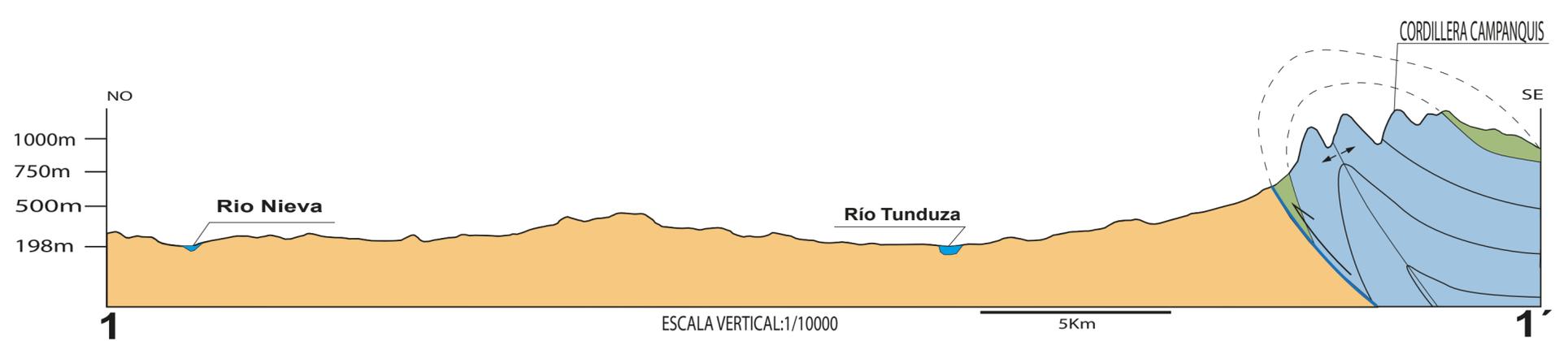
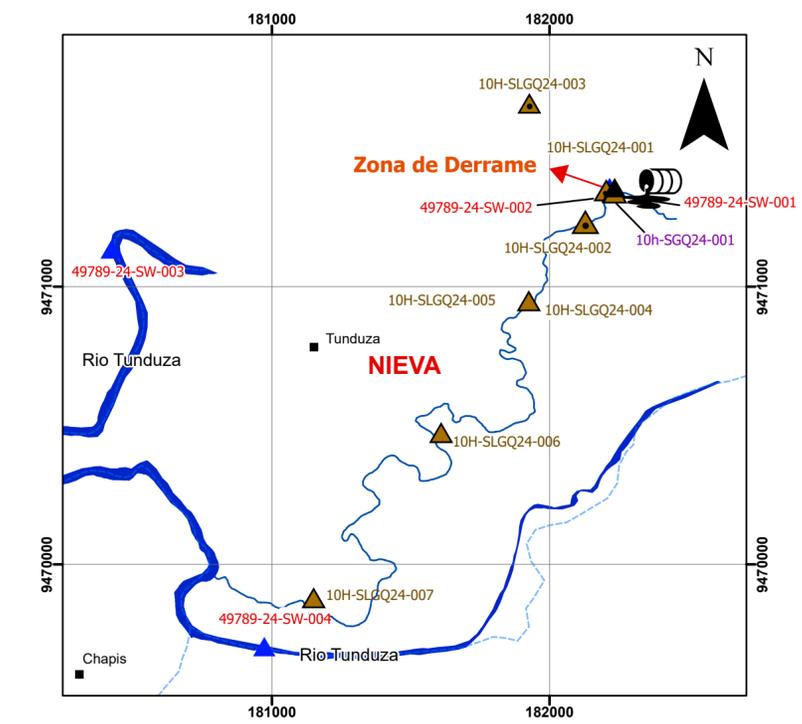
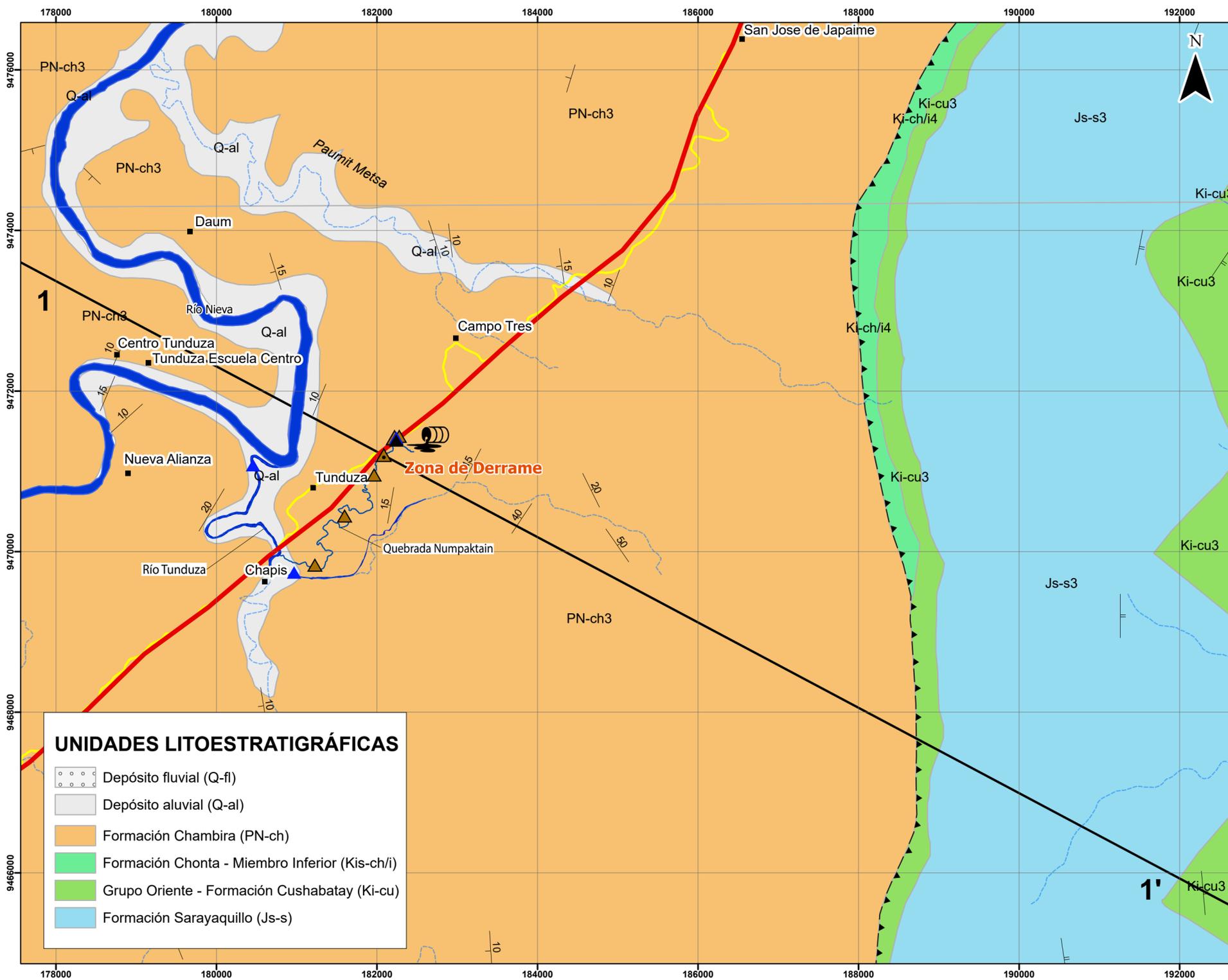
Desde la Estación 01 aproximadamente hasta la Estación 05 (figura 7.1), el Oleoducto Norperuano atraviesa rocas sedimentarias poco consolidadas de la Formación Ucamara (Pleistoceno), la cual está constituida por areniscas gris oscuras de grano medio con abundantes fragmentos volcánicos, cabe precisar que esta unidad sedimentaria forma parte de la gran depresión de Ucamara, cuya superficie es inundable en épocas de lluvia. En este mismo trayecto el Oleoducto Norperuano atraviesa rocas de la Formación Sarameriza (Plioceno), constituida por areniscas rojizas a pardo amarillentas, intercalado con limolitas y niveles de arcillas en estratos subhorizontales. Entre la Estación 05 y la estación 06, se encuentra la Cordillera de Campanquiz, cuya estructura está formada por un conjunto de rocas antiguas de edad cretácica, estas rocas se encuentran plegadas y forman un anticlinal de dirección NS y es afectada por una falla inversa que pone a rocas antiguas del Cretácico sobre rocas más recientes del Paleógeno-Neógeno (figura 7.2 y 7.3).

Estratigráficamente la Cordillera de Campanquiz que corresponde a un anticlinal (figura 7.3), tiene como núcleo rocas antiguas compuesta por secuencias de areniscas rojas con tonalidad morada de grano fino a grueso, intercalado con areniscas de grano muy grueso hasta microconglomerádicas, limolitas y arcillas de la Formación Sarayaquillo (Jurásico superior), en los flancos del anticlinal, afloran un conjunto estratos compuestos por areniscas cuarzosas, microconglomerados, lutitas con lentes de carbón correspondientes a la Formación Cushabatay del Grupo Oriente (Cretácico inferior), luego sobre esta última unidad se tiene una secuencia de lutitas verdes a gris oscuras intercalado con calizas compactas gris a beige en estratos medianos a gruesos de la Formación Chonta del Cretácico inferior a superior (figuras 7.1 y 7.2)

Luego de cruzar el oleoducto por la Cordillera de Campanquiz, nuevamente se retoma el llano hasta la Estación 6, en cuyo trayecto afloran rocas más recientes constituidos por areniscas gris marrones feldespáticas de grano fino en estratos relativamente gruesos de la Formación Chambira (Oligoceno-Mioceno inferior) y finalmente cubriendo a todas las rocas antiguas se tiene principalmente una secuencia de arcillas en las partes planas y en la cabecera de la cordillera aglomerados con bloques de areniscas cuarzosas de edad Pliocena?. Es en este último tramo es donde sucede el derrame de petróleo, cuyos detalles se describirán más abajo.



| | |
|---|---------------------------------------|
|  <p>SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO</p> | |
| <p>INSPECCIÓN TÉCNICA GEOAMBIENTAL POR DERRAME DE HIDROCARBUROS EN LA COMUNIDAD DE TUNDUZA - SANTA MARÍA DE NIEVA - CONDORCANQUI - DEPARTAMENTO DE AMAZONAS</p> | |
| <p>MAPA GEOLÓGICO REGIONAL DEL TRAYECTO DEL OLEODUCTO NORPERUANO Y LA ZONA DE DERRAME</p> | <p>FIGURA MAPA 7.1</p> |
| <p>Escala 1/40000 Datum: UTM WGS 84 Zona: 18 Sur</p> | |



SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

INSPECCIÓN TÉCNICA GEOAMBIENTAL POR DERRAME DE HIDROCARBUROS EN LA COMUNIDAD DE TUNDUZA - SANTA MARÍA DE NIEVA - CONDORCANQUI - DEPARTAMENTO DE AMAZONAS

MAPA GEOLÓGICO REGIONAL

FIGURA MAPA
7.2

Escala 1/40000 Datum: UTM WGS 84 Zona: 18 Sur

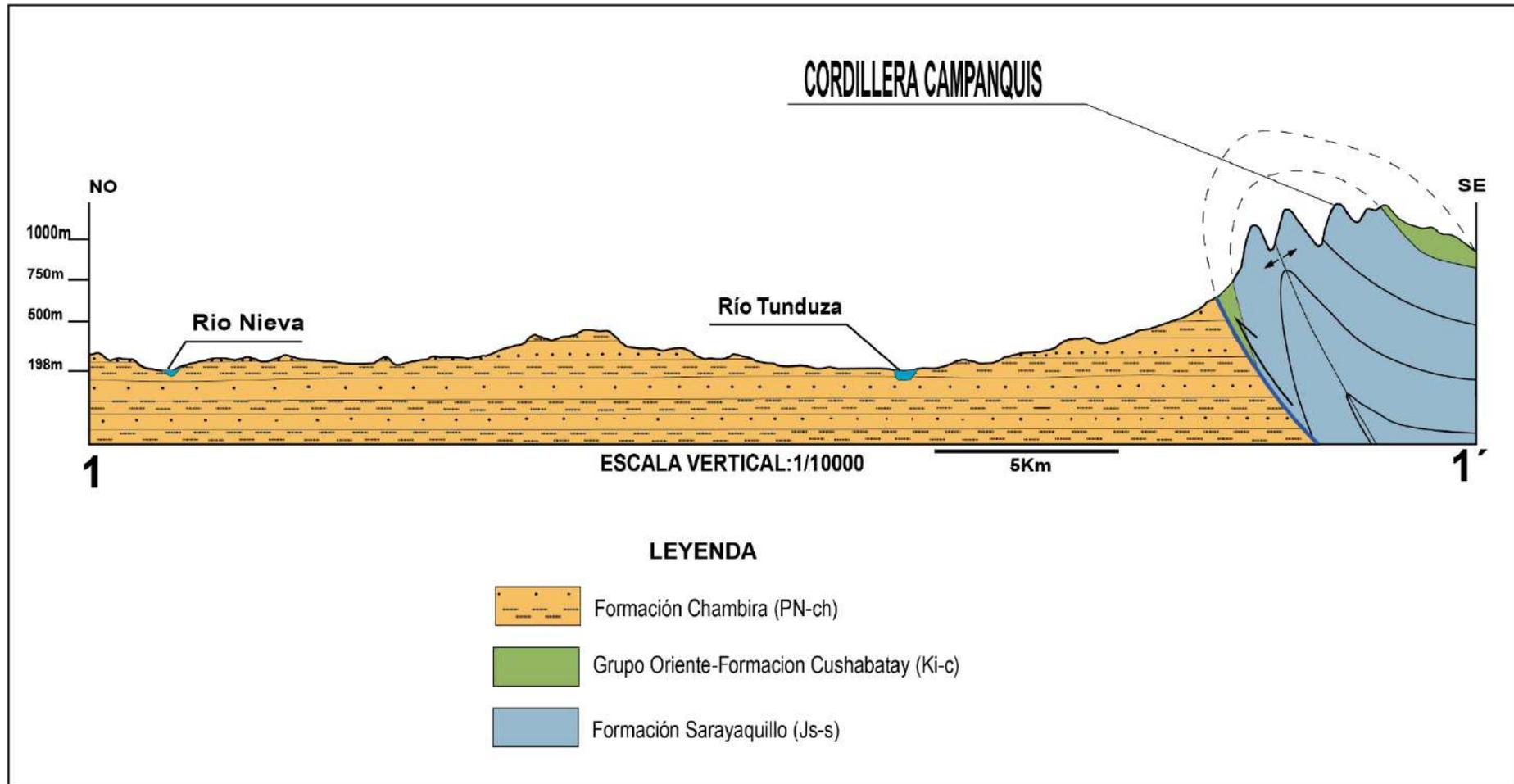


Figura 7.3. Corte estructural regional

7.2. Geología de la Quebrada Numpatkain

Entre la Estación 5 y la Estación 6, se encuentra quebrada Numpatkain, punto donde sucedió el derrame de petróleo (UTM WGS84: 18M: 182208E, 9471344N).

Estratigráficamente la quebrada muestra afloramientos muy escasos debido a la horizontalidad de los estratos y a la gran cobertura de depósitos aluviales y la espesa vegetación de la zona; sin embargo, estas pequeñas quebradas muestran algunos afloramientos de estratos horizontales.

La columna estratigráfica medida en la quebrada Numpatkain, corresponde a la parte superior de la Formación Chambira (Oligoceno-Mioceno inferior) y mide 15 metros; sin embargo, esta unidad registra más de 680 metros en su localidad tipo (Kummel, 1946, 1948), por lo que en este informe nos referiremos solamente a la parte más superficial de esta unidad estratigráfica, que es lo que aflora.

Litológicamente, está compuesto por una intercalación de areniscas de grano fino a muy fino en estratos gruesos de hasta 5 m de espesor. En la columna estratigráfica (figura 7.6), muestra a la base estratos gruesos de areniscas de grano fino color gris verdoso y aspecto masivo, que se intercala en la parte media con una secuencia de limoarcillitas color pardo y limoarcillitas pardo rojizas. La parte superior compuesta por una secuencia de areniscas feldespáticas de grano fino color gris claro y aspecto masivo.

Interpretación

En el cauce de la quebrada Numpatkain se observa bloques arrastrados de areniscas cuarzosas, bastante compactas, los cuales se encuentran de forma caótica sin imbricación alguna (figura 7.4). Los bloques tienen diámetros entre 50 a 30 cm, redondeados a sub redondeados. Estos bloques en el cauce de la quebrada probablemente hayan sido arrastrados de la Cordillera de Campanquiz (figura 7.2 y 7.3) y corresponderían a rocas de la Formación Sarayaquillo (Jurásico superior).

Esta misma quebrada muestra la presencia de aguas ligeramente rojizas (figura 7.5), que indican la presencia de óxidos de hierro en forma natural. Para darle una explicación geológica al color de estas aguas, se generan dos hipótesis:

- 1) Origen estratigráfico.- Las rocas del Jurásico – Cretácico de la Cordillera del Campanquiz tienen su origen en ambientes marinos y playeros antiguos y estos están constituidas por un conjunto de areniscas, lutitas y calizas, dentro de este conjunto estratigráfico, es probable que existan estratos de ambientes reductores con presencia de pirita, que al ser lixiviados por las aguas que también tienen su origen en esta cordillera, estos sean las responsables de contaminar el agua transportando óxidos en suspensión y tiñendo el agua de rojo, que discurre por toda la quebrada Numpatkain (figura 7.4)
- 2) Origen Estructural. - En el mapa geológico y en el corte estructural, se muestra una falla inversa de carácter regional, bien representado en el corte estructural (figura 7.3). Esta estructural regional corresponde a un sistema de fallas inversas profundas por cuyos planos de debilidad ascienden fluidos hidrotermales que arrastran diferentes tipos de minerales, entre ellos el hierro. Considerando esta hipótesis y la presencia de minerales a lo largo de esta falla inversa, se podría considerar que las aguas rojas provengan de la lixiviación de minerales con contenido de hierro. (figura 7.3).

Por otro lado, en el mapa geológico (figura 7.2), muestra que toda el área de influencia con derrame de petróleo se encuentra sobre sedimentos de la Formación Chambira (Oligoceno-Mioceno inferior) y depósitos de suelos arcillosos (Cuaternario).

En el punto de derrame (UTM WGS84: 18M: 182208E, 9471344N), la cobertura del suelo puede alcanzar espesores hasta de 2 metros a más y estos están constituidos principalmente por sedimentos arcillosos producto de la alteración de la parte superior de la Formación Chambira (Oligoceno-Mioceno inferior).

Sobre estos suelos arcillosos se asientan las tuberías del oleoducto y según información de comuneros y el mismo personal de Petroperú, indican que estas tuberías están enterradas a un metro de la superficie del suelo; por lo tanto, estarían asentadas sobre suelo arcilloso y al momento de ocurrido el derrame este se produjo sobre este suelo arcilloso que por tener carácter impermeable el petróleo no filtro o filtro muy

poco a sedimentos más profundos, ayudado también por la naturaleza de los estratos impermeables de la Formación Chambira (Oligoceno-Mioceno inferior). El carácter impermeable de los suelos y sedimentos a lo largo de la quebrada Numpatkain, ha permitido que el fluido viscoso del crudo descienda casi en su totalidad hacia el río Tunduzza, donde actualmente se observa grandes volúmenes de remanentes de petróleo sobre todo en las partes sinuosas del río.

En la sección esquemática (figura 7.5), se muestra la presencia de petróleo que han sido controlados con sacos rellenos de arena y grava (figura 7.8), esta barrera está situada en la margen derecha de la quebrada Numpatkain, que aparentemente resulto un control momentáneo para la fuga del crudo, puesto que los sacos rellenos de arena y grava al no ser impermeables están dejando pasar remanentes de petróleo y contaminando las aguas de la quebrada Numpatkain.

Por otro, lado esta quebrada al tener una pendiente relativamente entre 10° a 20° y estar sobre una superficie impermeable, el petróleo resumido durante el derrame habría discurrido hacia el río Tunduzza sin ninguna barrera casi en su totalidad; sin embargo, se pudo observar que para controlar que el fluido siga bajando por la quebrada, se colocaron trampas o barreras que tienen entrampadas remanentes de petróleo en pequeñas pozas (figura 7.9 y 7.10).



Figura 7.4. Bloques redondeados a sub redondeados de areniscas en la quebrada Numpatkain



Figura 7.5. Color rojo natural de las aguas de la quebrada Numpatkain

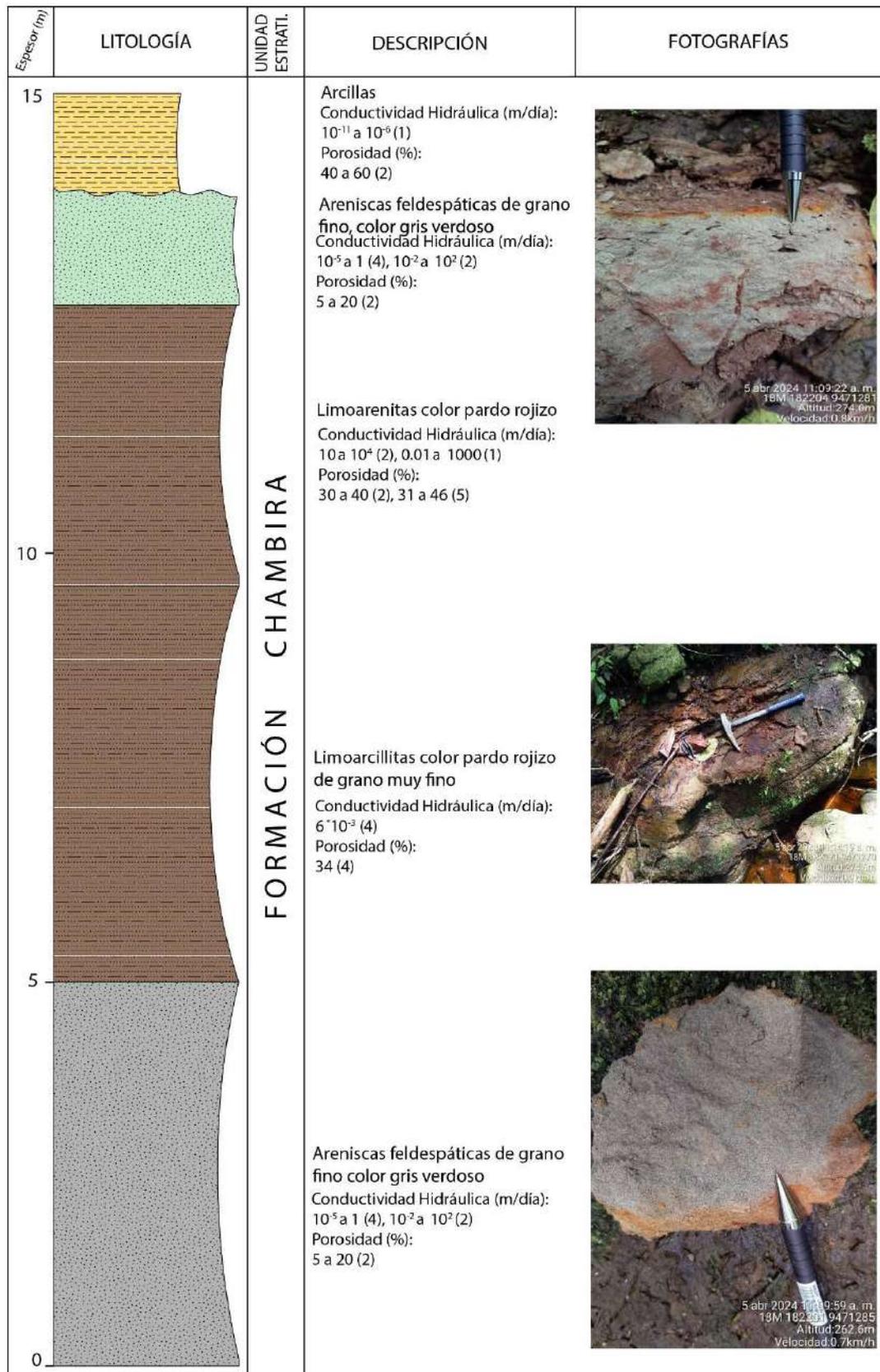


Figura 7.6. Columna estratigráfica de la parte superior de la Formación Chambira (Oligoceno-Mioceno inferior).

Fuente: Datos recopilados de: (1): Peña, F. et al., 2010. ; (2): Gregory, J.K. and Walling, E.D., 1985 (3): Benítez, A., 1972 ; (4): Smith, L. and Weathcraft, S.J., 1993 ; (5): Davis, S. N., 1969 y Johnson et al., 1962.

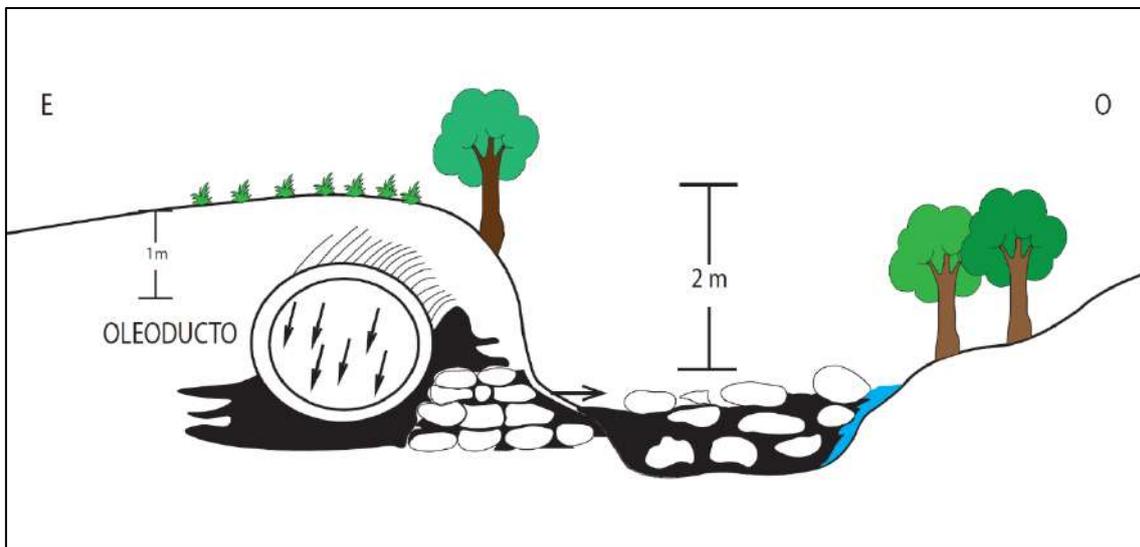


Figura 7.7. Corte transversal de la quebrada Numpatkain y la representación del oleoducto, el derrame de petróleo, la barrera de retención con sacos de arena y grava y la filtración de remanentes hacia la quebrada.



Figura 7.8. Saco relleno de arena y grava, con los cuales se pretendió controlar los remanentes de petróleo en la zona de derrame.



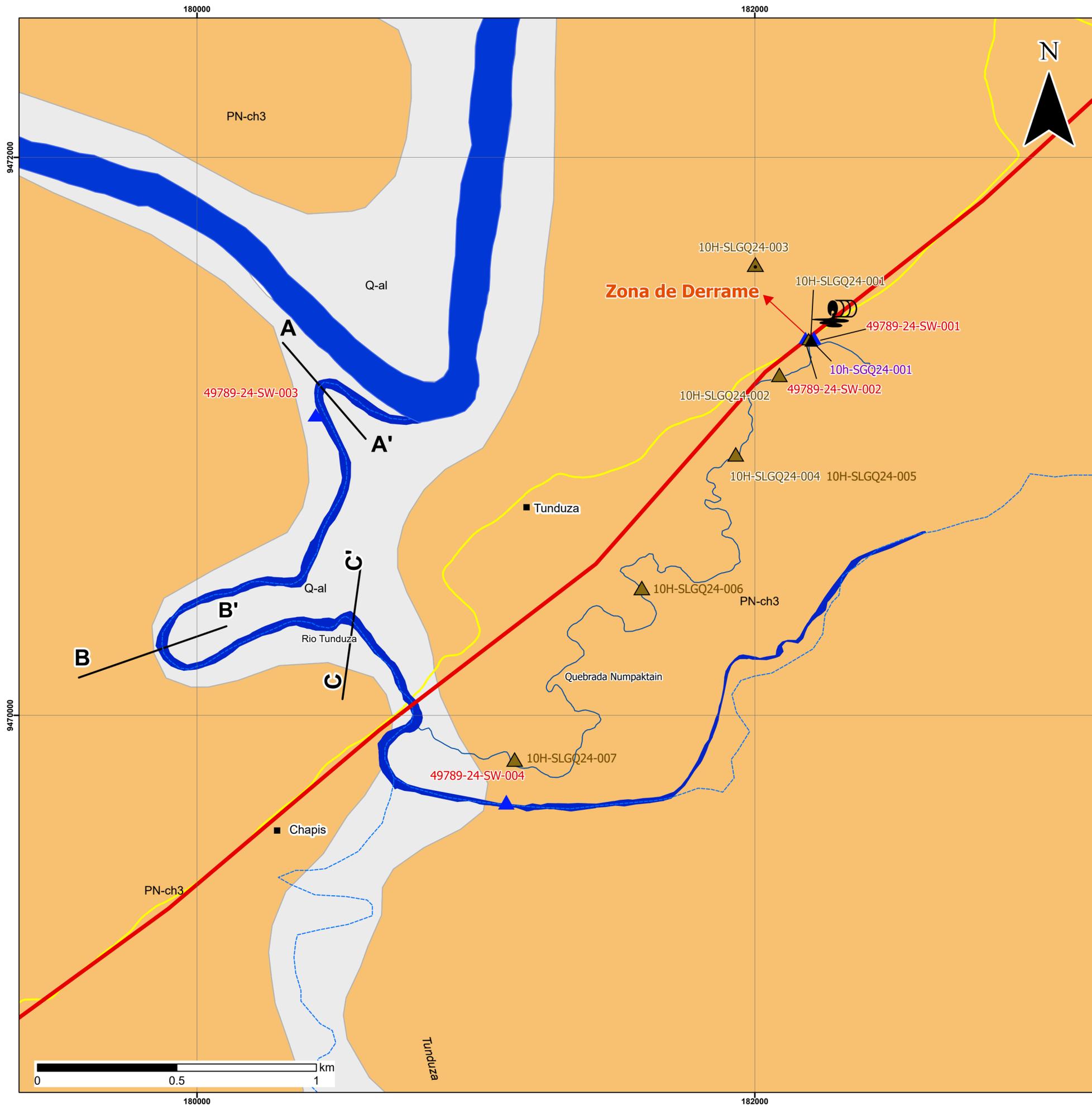
Figura 7.9. Remanentes de petróleo en la quebrada Numpatkain filtrando a través de los poros de la barrera con sacos de arena y grava.



Figura 7.10. A) Barrera artesanal de control de migración de crudo en la quebrada Quebrada Numpatkain (UTM WGS84: 18M: 182208E, 9471344N). B) Quebrada Numpatkain (UTM WGS84: 18M: 182208E, 9471344N), otro tipo de barrera que impida fluir río abajo el petróleo.

7.3. Río Tunduzá

Este río tiene una longitud aproximada de 3 km, desde la confluencia de la quebrada Numpatkain hasta la confluencia con el río Nieva, se trata de un río tipo meandriforme, cuyas aguas discurren sobre superficies de sedimentos no consolidados de la Formación Chambira (Oligoceno-Mioceno inferior). La característica de este río es la sinuosidad como consecuencia de la baja pendiente que este tiene. Características que permiten acumular principalmente sedimentos finos como arenas y arcillas provenientes de las Montañas de Campanquiz, donde tiene su origen las aguas del río Tunduzá y otros ríos de la zona (figura 7.2 y 7.3). Durante el derrame de petróleo, este río fue el principal receptor del crudo que discurrió desde su origen en el punto cero Km 358+835 tramo II ONP (UTM WGS84: 18M: 182208E, 9471344N) y a lo largo de toda la quebrada Numpatkain para concentrarse y acumularse en los sedimentos sueltos y agua del río Tunduzá; sin embargo, la mayor acumulación de petróleo se dio en los meandros, donde actualmente se aprecia remanentes (figura 7.12). Para un mejor entendimiento se realizó tres cortes transversales al río que se muestran en el mapa geológico local de la zona de estudio (figura 7.11), tomando en consideración que en los meandros son las zonas donde se da la mayor acumulación de sedimentos y agua. Las secciones son AA', BB' y CC'.



UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

-  Depósito fluvial (Q-fl)
-  Depósito aluvial (Q-al)
-  Formación Chambira (PN-ch)

SIMBOLOGÍA

-  Rio Tunduzá
-  Quebrada Numpaktain
-  Red Vial Nacional
-  Oleoducto Norperuano
-  Centros Poblados
-  Zona de derrame
-  Estaciones de muestreo agua
-  Estaciones de muestreo suelos superficiales
-  Estaciones de muestreo suelos (superficiales y profundos)
-  Estaciones de muestreo suelos sedimentos



INSPECCIÓN TÉCNICA GEOAMBIENTAL POR DERRAME DE HIDROCARBUROS EN LA COMUNIDAD DE TUNDUZA - SANTA MARÍA DE NIEVA - CONDORCANQUI - DEPARTAMENTO DE AMAZONAS

MAPA GEOLÓGICO LOCAL

FIGURA MAPA

Escala 1/10000 Datum: UTM WGS 84 Zona: 18 Sur

7.11

7.4. Secciones Estructurales del Río Tunduzá

1) Sección A-A´

Esta sección tiene una longitud aproximada de 100 metros y una dirección NO-SE y está cortando al río Tunduzá. El basamento corresponde a rocas no consolidadas de la Formación Chambira (Oligoceno-Mioceno inferior), que está siendo incisada por las aguas del río en Tunduzá. La sección trazada en este meandro (figuras 7.6 y 7.7) se observa la acumulación de las barras de arena por acreción lateral, las cuales se dan como consecuencia de la migración lateral del río, en estos lugares también se profundizan los canales del río, características que sirvieron también para la retención de mayor cantidad del petróleo derramado. Otro aspecto importante para considerar es que estas barras de arenas acrecionadas y poco consolidadas resultan altamente impermeables, los que sirvieron como trampas para retener petróleo.

1) Sección B-B´

Esta sección (figura 7.6 y 7.8) tiene una longitud aproximada de 120 metros y una dirección ENE-OSO. Igual que la sección anterior tiene como basamento la Formación Chambira (Oligoceno-Mioceno inferior), las características son similares a la sección anterior, con la diferencia que, en esta zona por tener mayor sinuosidad, la acumulación de arenas es también mucho mayor; en ese sentido, el petróleo derramado también se acumuló en grandes volúmenes, filtrándose en los poros de las barras de arena y las pozas originadas por el cambio de dirección del río.

2) Sección C-C´

Tiene una longitud aproximada de 150 metros y una dirección NE-SO. en este sector la acreción de sedimentos de arenas es menor y el río es menos sinuoso (figuras 7.6 y 7.9); sin embargo, aquí los sedimentos acumulados son de granos más gruesos y hasta conglomerádicos, que podrían almacenar entre sus poros grandes volúmenes de petróleo derramado.



Figura 7.12. Río Tunduzá, donde se observa barreras para controlar que siga fluyendo el petróleo hacia el río Nieva.

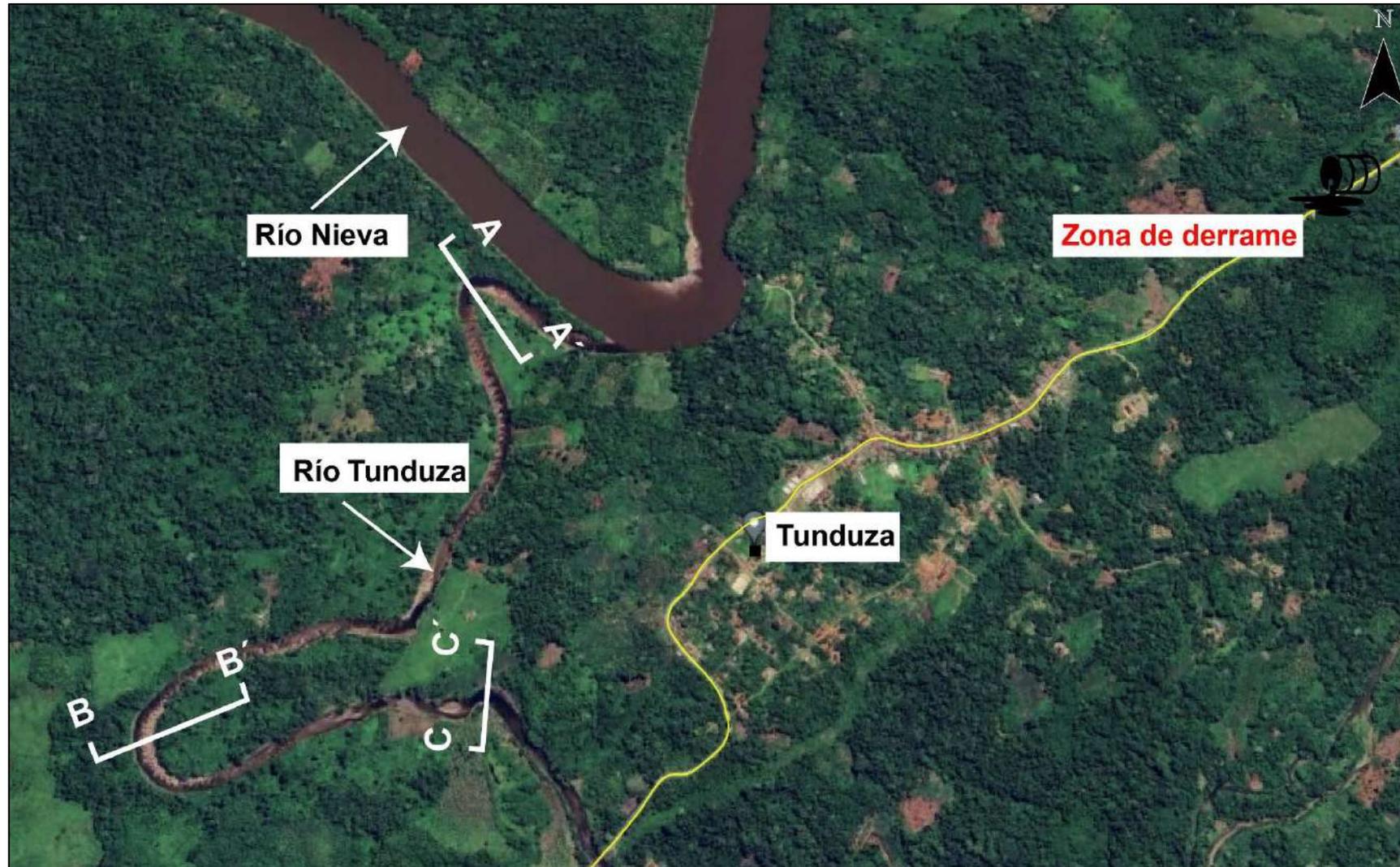


Figura 7.13. Imagen satelital obtenida del Google Earth, mostrando la sinuosidad del río Tunduzá y la ubicación de secciones transversales al cauce.

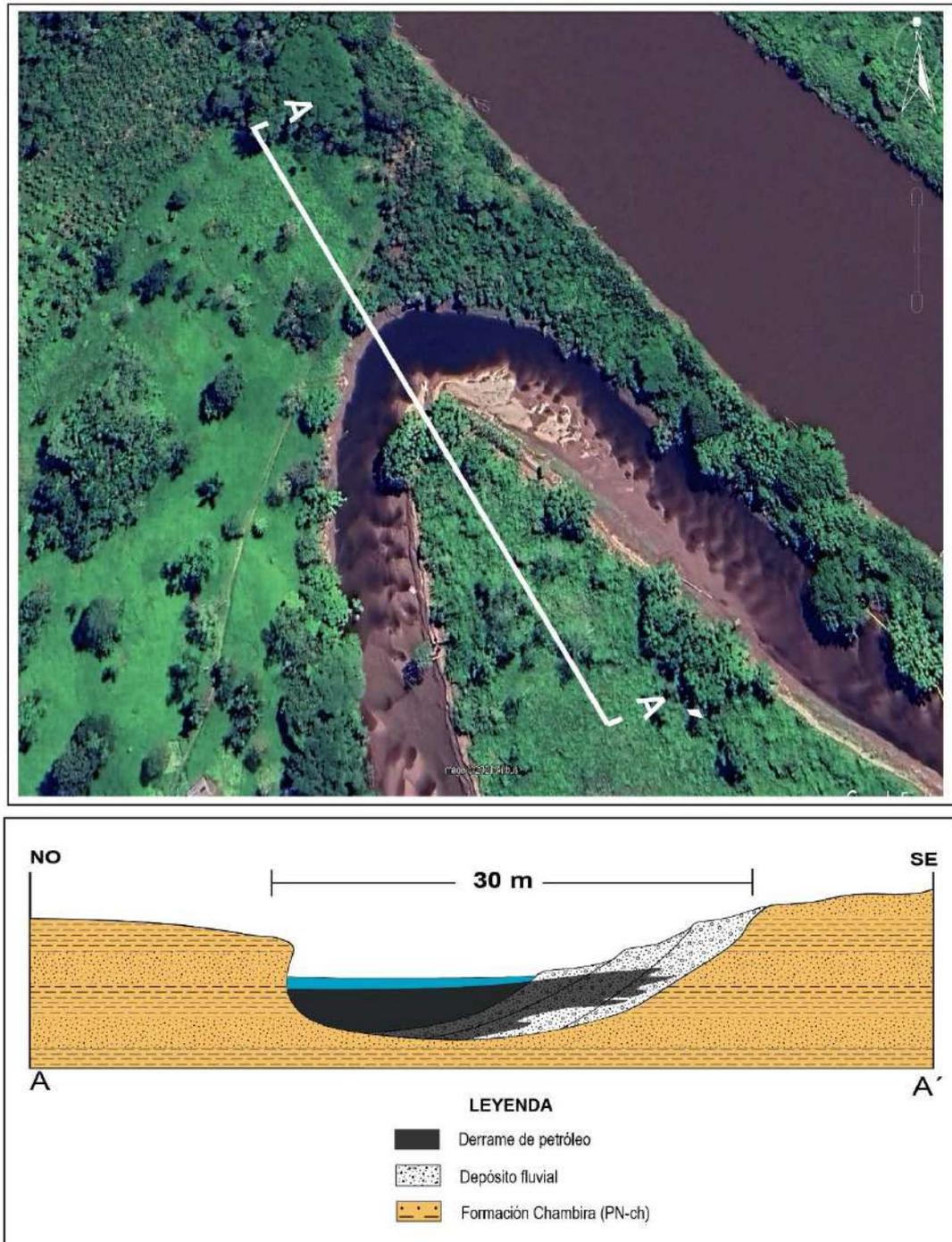


Figura 7.14. Sección transversal de un meandro cerca al río Nieva, mostrando la acreción de barras de arena y la filtración de petróleo entre sus poros.

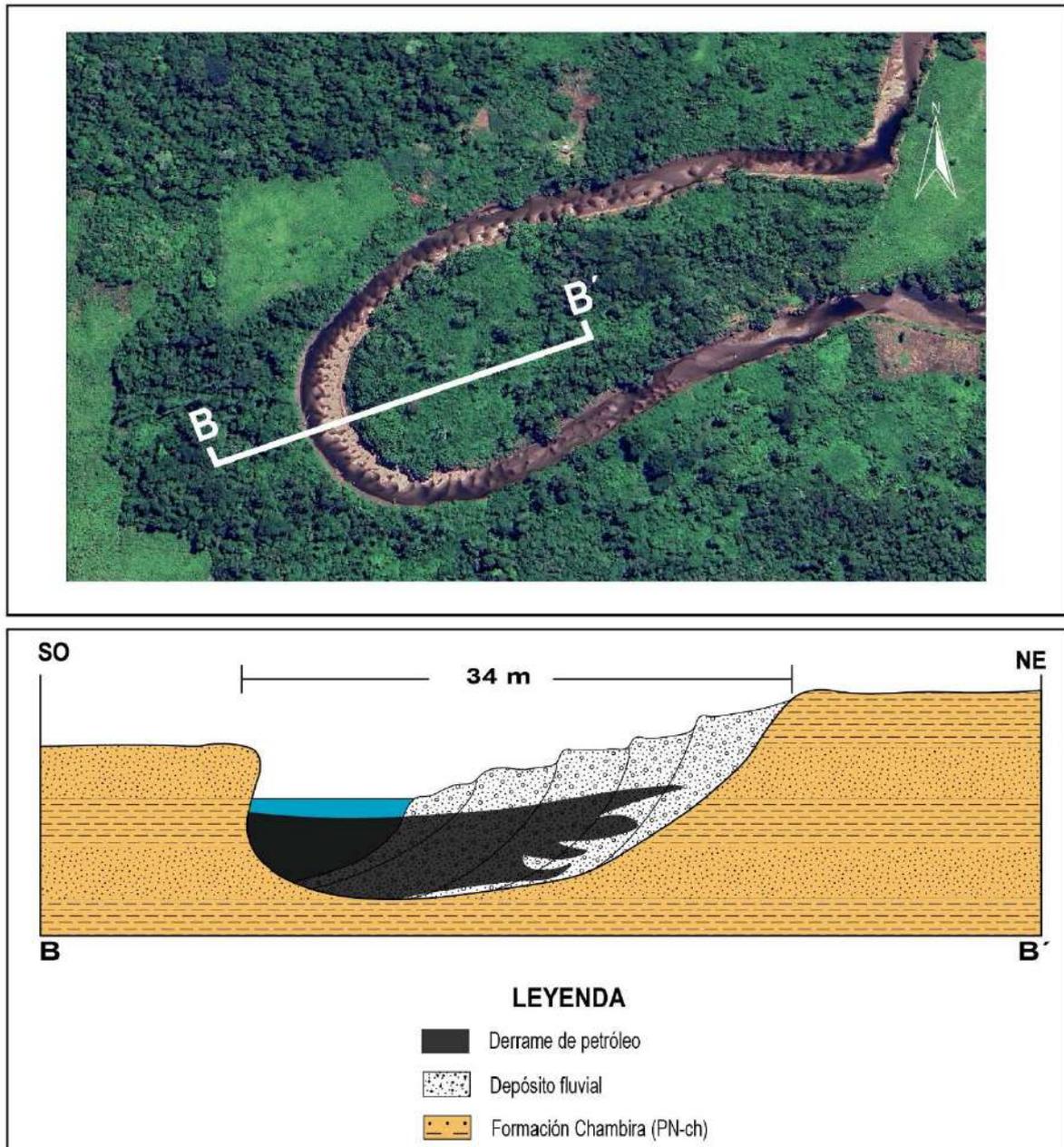


Figura 7.15. Sección transversal del río Tunduzza, en un meandro con mayor sinuosidad donde la acumulación de barras de arenas.

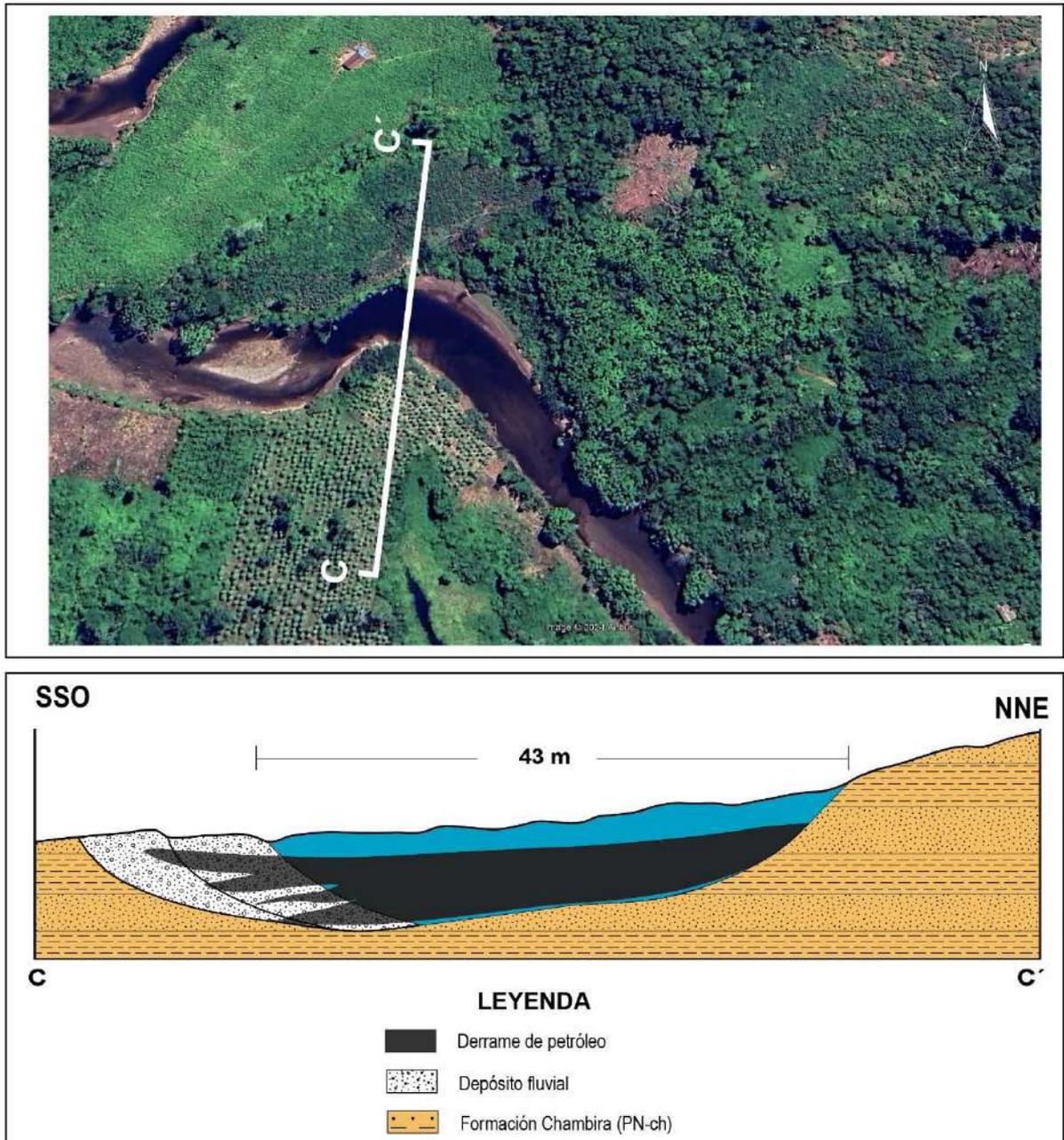
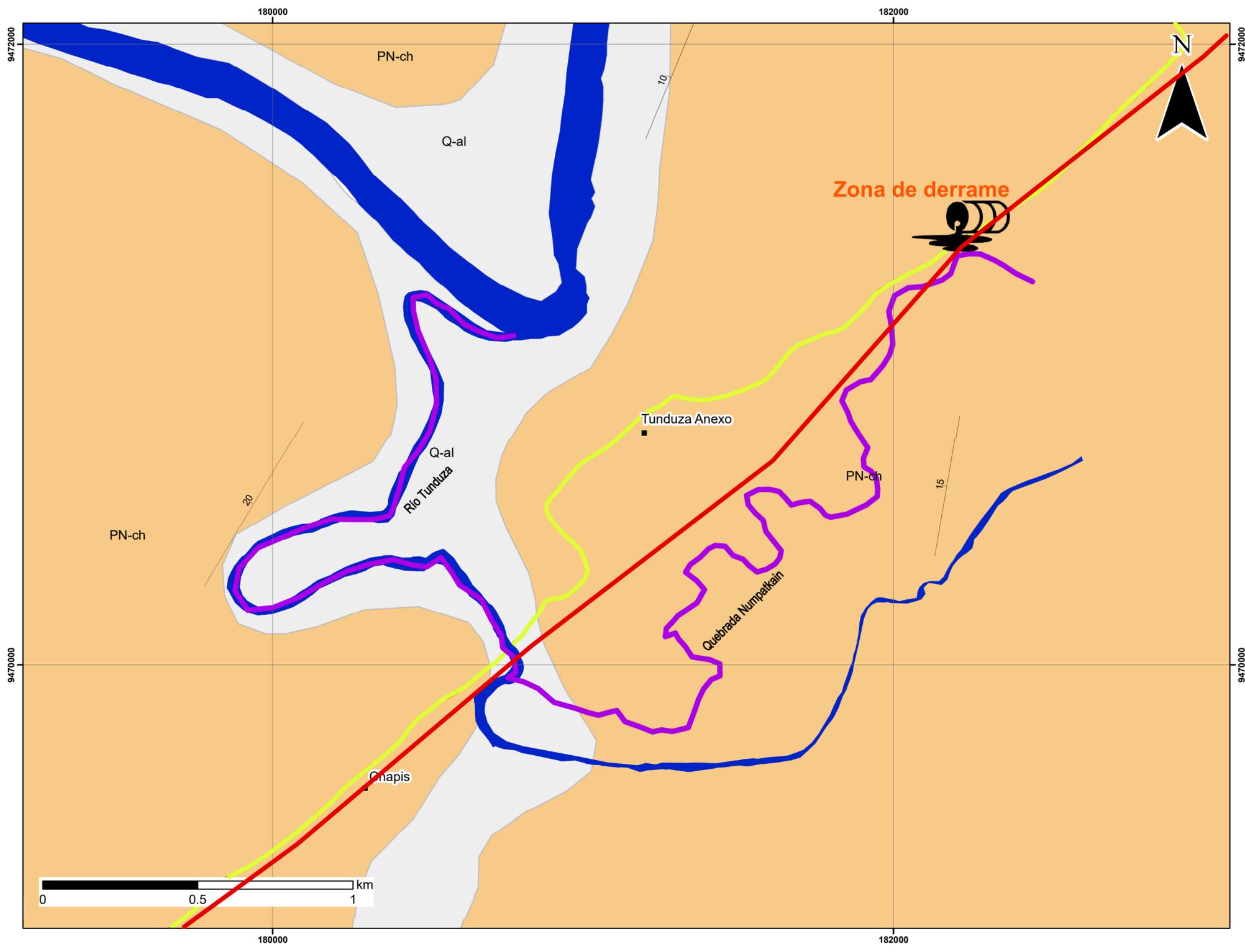


Figura 7.16. Sección transversal del río Tunduzá, cerca de la confluencia con la quebrada Numpatkain, donde se observa una baja sinuosidad del meandro y la acumulación de sedimentos de granos más gruesos.

Adicionalmente se realizó el perfil longitudinal del río que es la representación gráfica de la línea que traza un curso desde las partes de inicio de la quebrada Numpatkain hasta su confluencia con el río Tunduzá, y de este último hasta su confluencia con el río Nieva. Mientras el caudal sea mayor en zonas mayor será la capacidad de erosión y transporte que poseerá el cuerpo de agua. Ver figura 7.17.

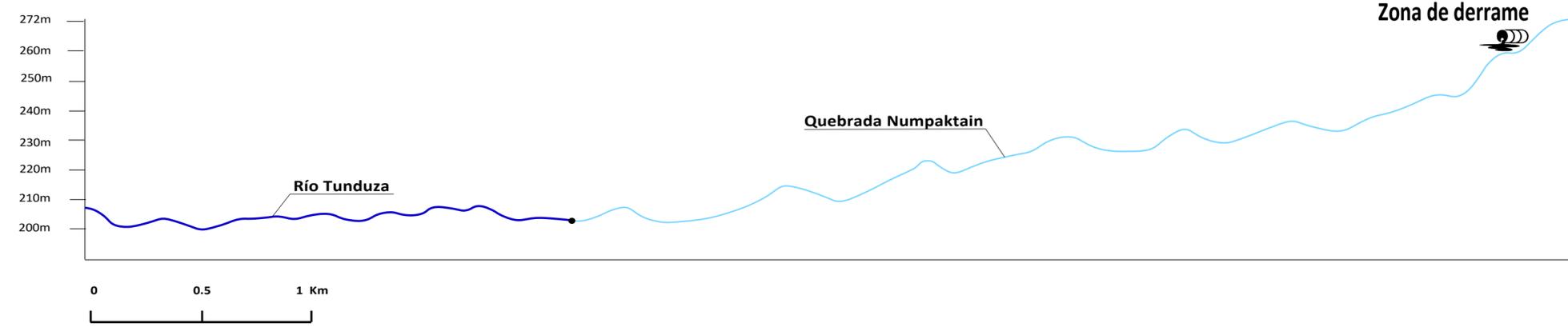


UNIDADES LITOSTRATIGRÁFICAS

- Depósito fluvial (Q-fl)
- Depósito aluvial (Q-al)
- Formación Chambira (PN-ch)

SIMBOLOGÍA

- Rumbo y Buzamiento (0°-30°)
- Rumbo y Buzamiento (30°-60°)
- Rumbo y Buzamiento (60°-90°)
- Falla Inversa Inferida
- Falla Normal
- Anticlinal
- Red Vial Nacional
- Centros Poblados
- Zona de derrame
- Perfil Longitudinal
- Oleoducto Norperuano



SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

INSPECCIÓN TÉCNICA GEOAMBIENTAL POR DERRAME DE
HIDROCARBUROS EN LA COMUNIDAD DE TUNDUZA - SANTA MARÍA
DE NIEVA - CONDORCANQUI -DEPARTAMENTO DE AMAZONAS

| | |
|--|-------------------------------|
| PERFIL LONGITUDINAL DE LA QUEBRADA NUMPATKAIN Y RÍO TUNDUZA | FIGURA MAPA 7.17 |
| Escala 1/40000 Datum: UTM WGS 84 Zona: 18 Sur | |

8. GEOQUÍMICA DE SUELOS

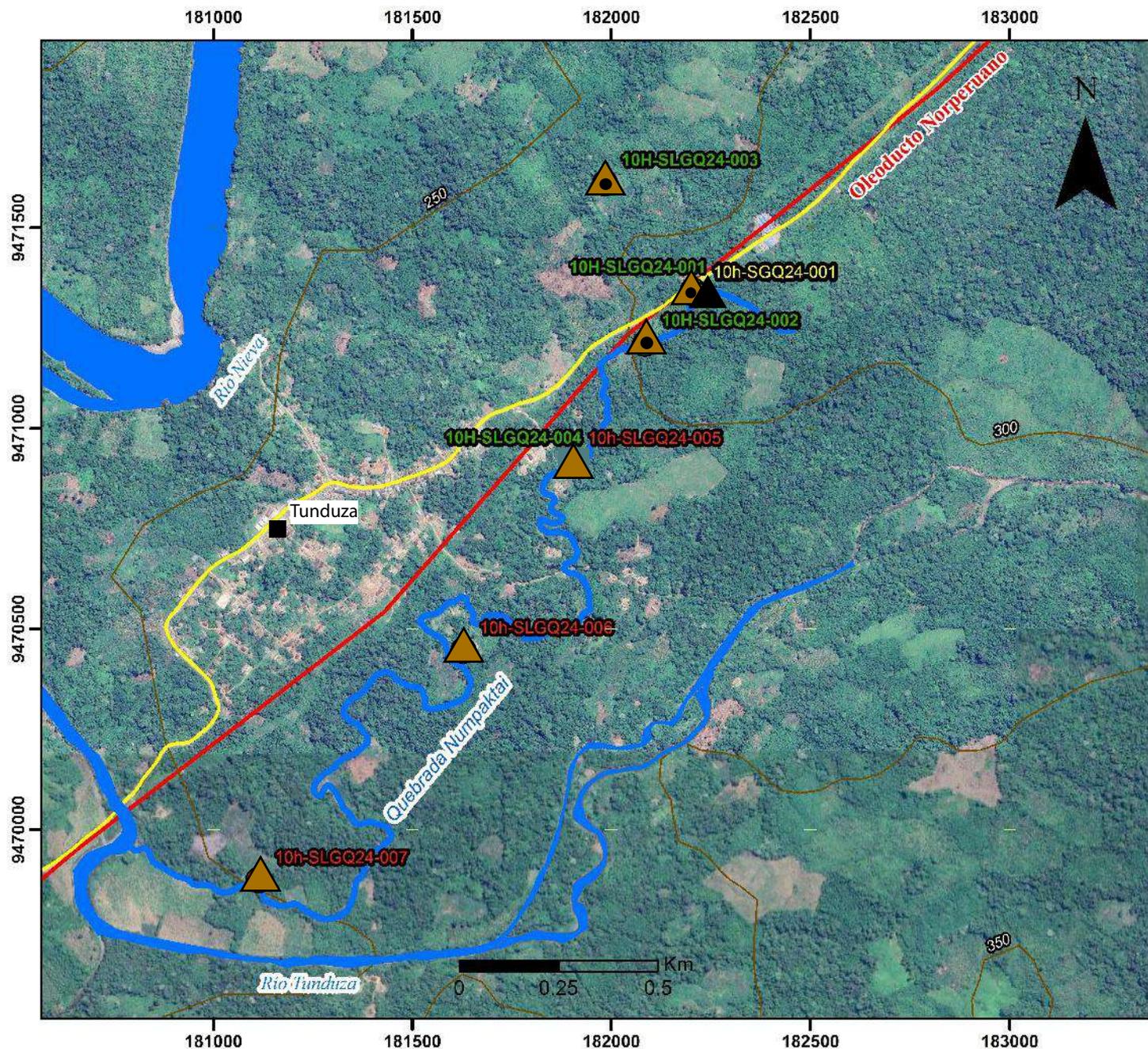
El estudio geoquímico de suelos y sedimentos realizado en los alrededores de la comunidad nativa de Tunduza, comprendió la recolección de muestras de suelos y sedimentos fluviales en dos etapas de campo (figura 8.1), los cuales se realizaron en los meses de abril y mayo, respectivamente. En la primera etapa, se colectó ocho muestras de suelos (4 muestras de los niveles superficiales y 4 muestras de los niveles profundos) en cuatro estaciones de muestreo (figura 8.2). En base a los resultados analíticos de la primera etapa de campo, posteriormente para la segunda etapa se obtuvo tres muestras de suelos superficiales y una muestra de sedimentos

La metodología empleada en los estudios de geoquímica desarrollado por la Dirección de Recursos Minerales y Energéticos, la cual es utilizado como base para estudios de investigación en el territorio nacional y la guía para muestreo de suelos del Ministerio del Ambiente (MINAM).



Figura 8.1. Muestreo geoquímico de suelos superficiales, profundos y sedimentos en la comunidad de Tunduza, provincia de Condorcanqui (Amazonas). Vista al este.

MAPA DE UBICACIÓN DE MUESTRAS DE SUELOS Y SEDIMENTOS



UBICACIÓN POLÍTICA



SIMBOLOGÍA

- Muestras de suelos superficiales
- Estación de muestreo de suelos (superficial y profundo)
- Muestra de Sedimentos Fluviales
- Centros Poblados
- Red Vial Nacional
- Drenaje
- Curva de nivel
- Oleoducto Norperuano

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

INSPECCIÓN TÉCNICA GEOAMBIENTAL POR DERRAME DE
 HIDROCARBUROS EN LA COMUNIDAD DE TUNDUZA - SANTA MARÍA
 DE NIEVA - CONDORCANQUI - DEPARTAMENTO DE AMAZONAS

MAPA DE UBICACIÓN

FIGURA
 MAPA

Escala 1/15000 Datum: UTM WGS 84 Zona: 18 Sur

8.2

8.1. Caracterización de suelos en Tunduza

Según la FAO (2015), el suelo es considerado un recurso natural finito, debido a que la pérdida o degradación no son renovables a la escala que tiene la vida humana. Además, es un componente principal para el desarrollo de la agricultura y la sostenibilidad ecológica.

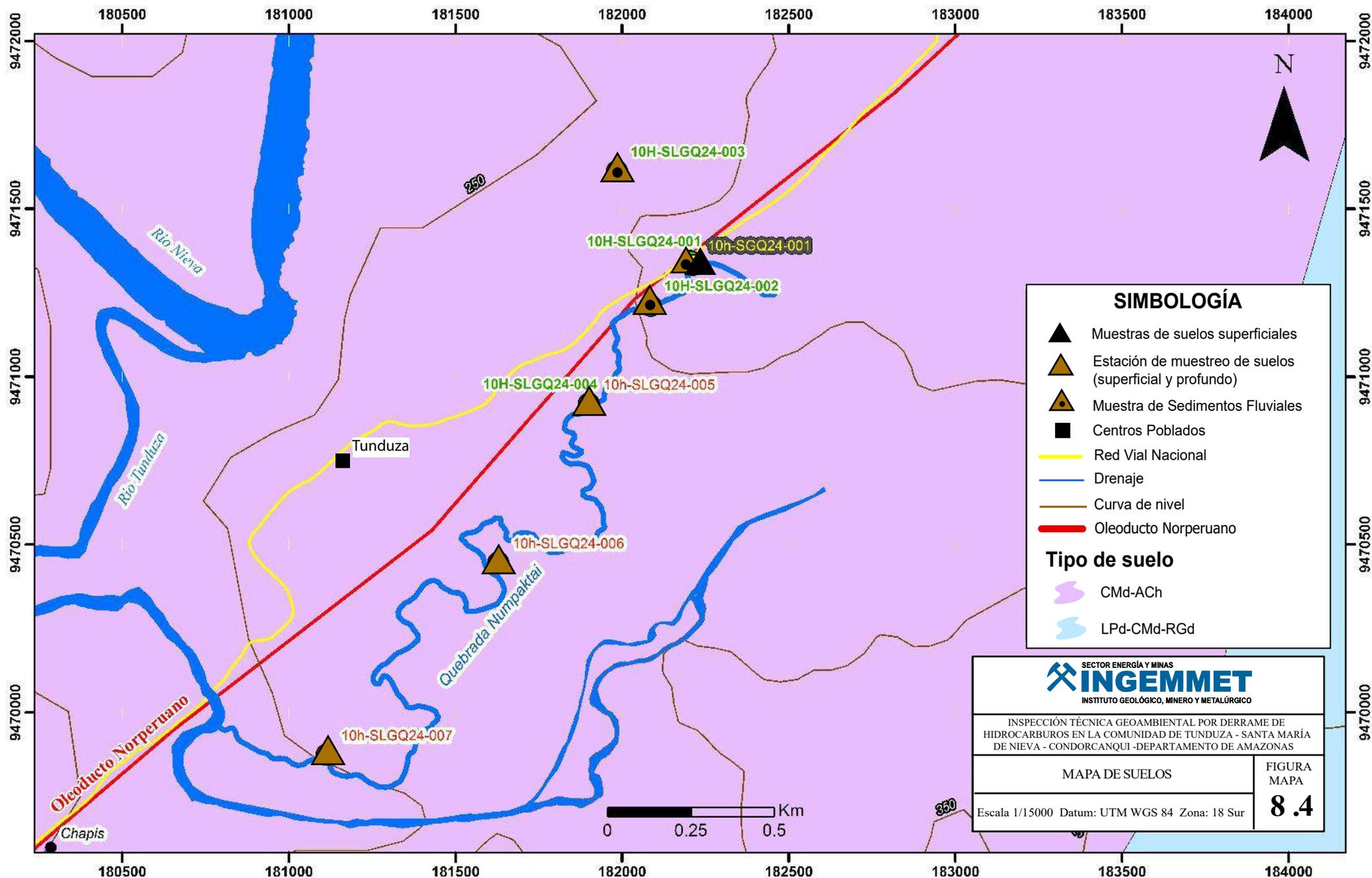
Actualmente la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN), agrupa a los suelos en 33 asociaciones en base a la clasificación WRB (Base Referencial Mundial del Recurso Suelo), en referencia a ello se elaboró la figura 8.4, en la cual se observa el tipo de suelo correspondiente a la zona de estudio. En el área de estudio se identificó dichos suelos; caracterizados por tener un mayor porcentaje de arcillas y en menor cantidad limos y arenas (figura 8.3). Presentan una coloración que varía de color marrón claro a marrón verdoso, además son suelos profundos, ampliamente distribuidos en la región amazónica:

Cambisol dístico - Acrisol háplico: esta asociación de suelo se distribuye principalmente en la Amazonía peruana. Ocupa un área de 55 376 km², que representa el 7.1 % de la superficie de la región selva, situados en paisajes de lomadas y colinas. Se desarrollan a partir de materiales aluviales sub-recientes y antiguos, así como de materiales residuales de arcillitas, areniscas y lutitas, ambas de naturaleza ácida. Presentan un perfil ABC y una baja saturación de bases, menor de 50 % (ONERN, 2009).



Figura 8.3 Suelo Cambisol dístico - Acrisol háplico en la comunidad de Tunduza, provincia de Condorcanqui (Amazonas). Vista al noreste.

MAPA DE SUELOS



8.2. Análisis de resultados

8.2.1. Compuestos orgánicos en suelos

Con el fin de profundizar las interpretaciones y relación entre las matrices de agua-suelo- se sedimentos se realizó una segunda campaña geológica de campo, en la cual se incluyó el análisis de parámetros orgánicos tales como: fracción de hidrocarburos y material extraíble al hexano (aceites y grasas). La toma de muestras de suelos considera las recomendaciones establecidas en la guía para muestreo de suelos del MINAN 2014 (figura 8.5).

Con respecto a la evaluación de la calidad de suelos, se utilizó los estándares de calidad ambiental (ECA) establecidos por la normativa peruana para los parámetros de fracción de hidrocarburos (F1, F2 y F3), para el parámetro aceites y grasas se tomó como referencia la norma internacional de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados en Ecuador (NCA-E)



Figura 8.5. muestra de suelo superficial 10h-SLGQ24-007: a) Frasco de vidrio ámbar de 120 ml boca ancha. b) Profundidad de muestreo 0.30 cm. c) Toma de muestra en vial de vidrio de 40 ml para determinar la fracción de hidrocarburos. d) y e) Toma de muestra en frasco vidrio ámbar de 120 ml boca ancha, para material extraíble al hexano (aceites y grasas).

8.2.1.1. Fracciones de Hidrocarburos

De acuerdo con los resultados obtenidos, las concentraciones en fracción de hidrocarburos F1 (C6-C10) para tres (3) muestras no superaron el límite de detección; tal como se detalla en la tabla 8.1. Por tal motivo dichos niveles no superan el ECA para suelo de uso agrícola (figura 8.6 y figura 8.7).

Tabla 8.1. Valores de fracción de hidrocarburos F1 (C6-C10)

| Muestras | SUPERFICIAL | ECA (mg/kg) |
|--------------------|-------------|-------------|
| | F1 (mg/kg) | |
| 5 (10H-SLGQ24-005) | <0.24 | 200 |
| 6 (10H-SLGQ24-006) | <0.24 | 200 |
| 7 (10H-SLGQ24-007) | <0.24 | 200 |

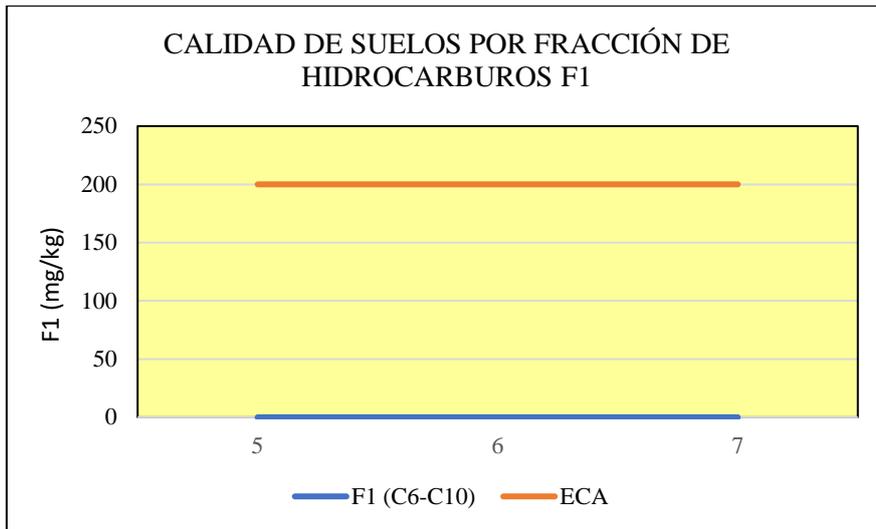


Figura 8.6. Valores de F1 en suelos superficiales comparados con el ECA para suelos de uso agrícola.

Datos reportados en la tabla 8.2, de concentraciones de la fracción de hidrocarburos F2 (>C10-C28) para tres (3) muestras, no superaron el ECA para suelo de uso agrícola (figura 8.5 y mapa 8.3). Cabe mencionar que, en la muestra 10H-SLGQ-005, el resultado analítico se encuentra debajo del límite de detección.

Tabla 8.2. Valores de fracción de hidrocarburo F2 (>C10-C28)

| Muestras | SUPERFICIAL F2 (mg/kg) | ECA (mg/kg) |
|--------------------|---------------------------|-------------|
| 5 (10H-SLGQ24-005) | <15 | 1200 |
| 6 (10H-SLGQ24-006) | 310 | 1200 |
| 7 (10H-SLGQ24-007) | 180 | 1200 |

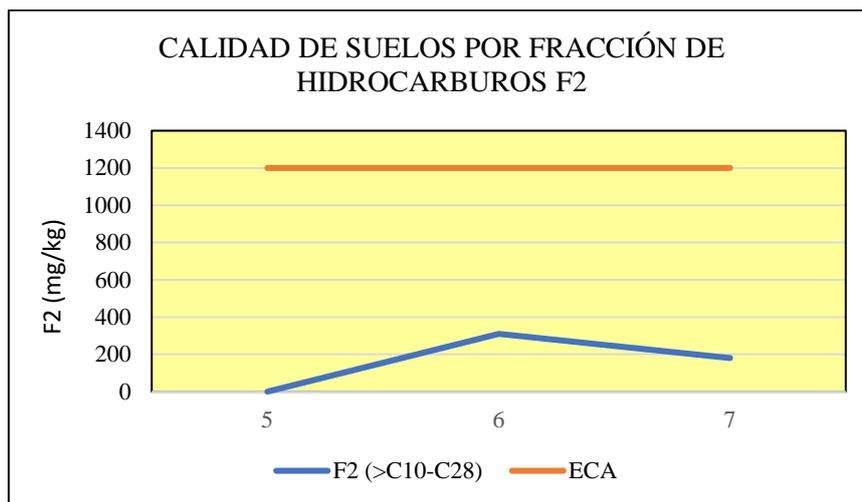


Figura 8.7. Valores de F2 en suelos superficiales comparados con el ECA para suelos de uso agrícola.

Con respecto al parámetro fracción hidrocarburos F3 (>C28-C40) los datos muestran que las concentraciones para tres (3) muestras, no superaron el ECA para suelo de uso agrícola, reflejados en la tabla 8.3, figura 8.8 y figura 8.9.

Tabla 8.3. Valores de fracción de hidrocarburo F3 (>C28-C40)

| Muestras | SUPERFICIAL F3 (mg/kg) | ECA (mg/kg) |
|--------------------|---------------------------|-------------|
| 5 (10H-SLGQ24-005) | 31 | 3000 |
| 6 (10H-SLGQ24-06) | 180 | 3000 |
| 7 (10H-SLGQ24-007) | 118 | 3000 |

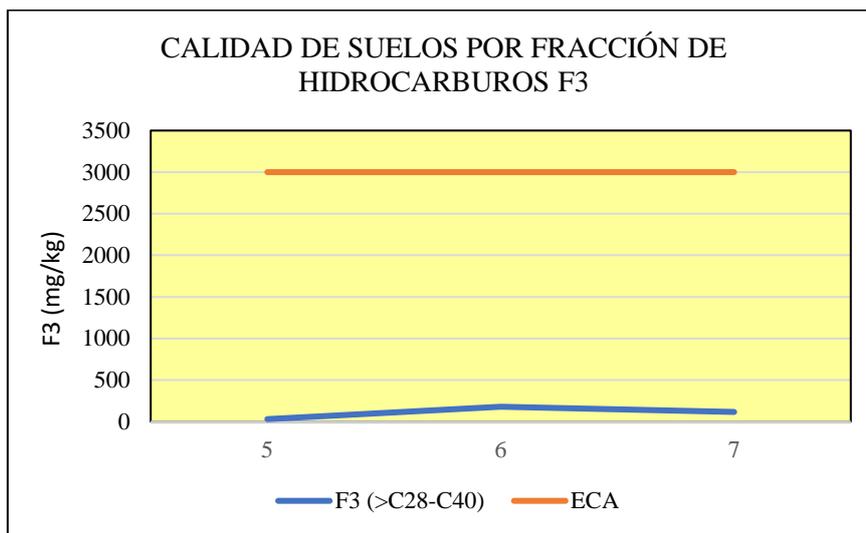
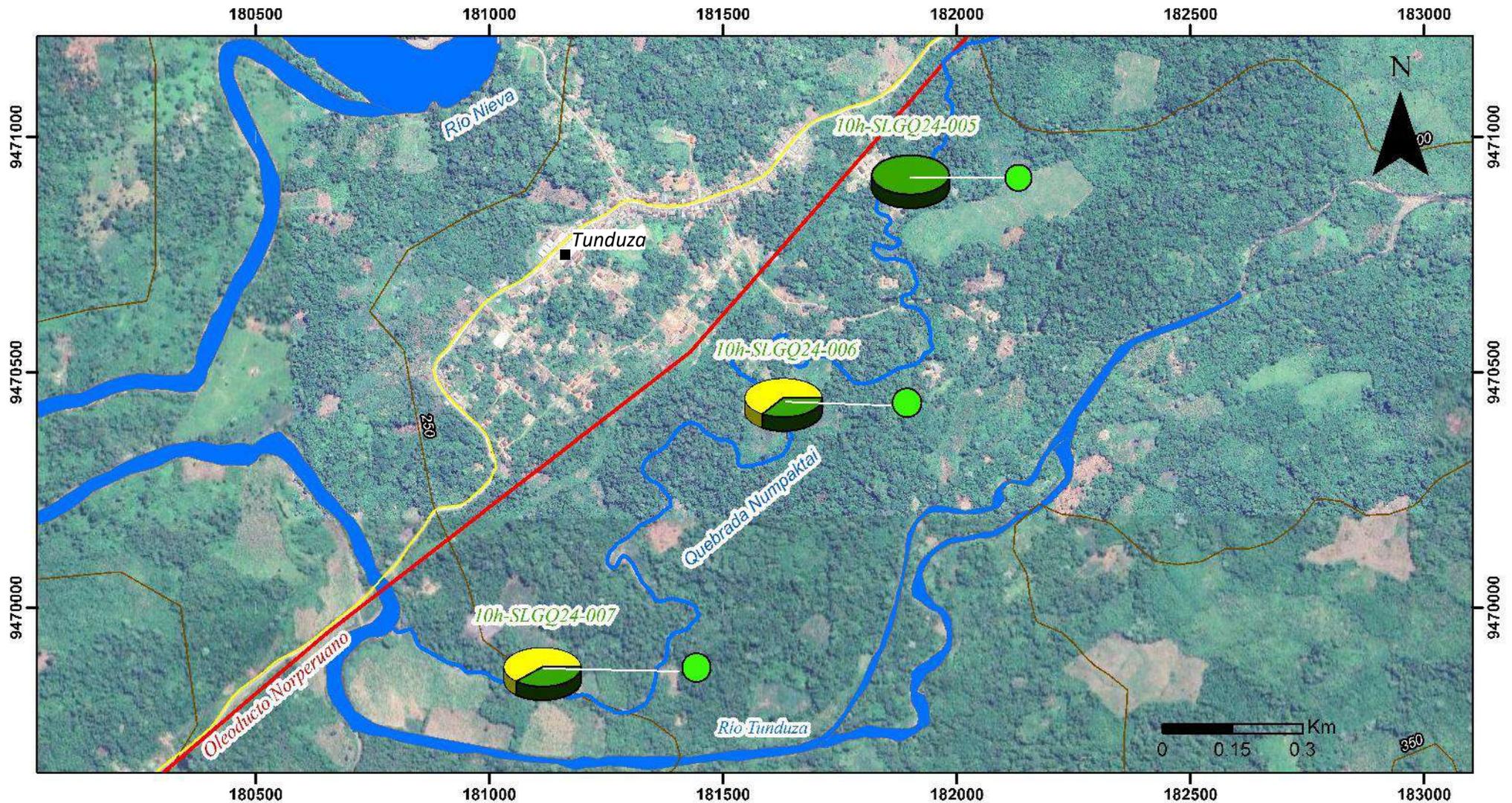


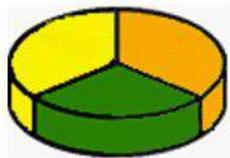
Figura 8.8. Valores de F3 en suelos superficiales comparados con el ECA

Los hidrocarburos fracción pesada presentan una total predominancia en la muestra 10H-SLGQ-005. Al contrario, los hidrocarburos fracción media presentan mayores niveles en las muestras 10H-SLGQ-006 y 10H-SLGQ-007 (figura 8.9).

FRACCIÓN DE HIDROCARBUROS DE PETROLEO



FRACCIÓN DE HIDROCARBUROS



- F1 (C6-C10)
- F2 (C10-C28)
- F3 (C28-C40)

LÍMITE PERMISIBLE (mg/kg)

- Menor a ECA
- Mayor a ECA

SIMBOLOGÍA

- Oleoducto Norperuano
- Red Vial Nacional
- Curva de nivel
- Drenaje
- Centros Poblados

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

INSPECCIÓN TÉCNICA GEOAMBIENTAL POR DERRAME DE
 HIDROCARBUROS EN LA COMUNIDAD DE TUNDUZA - SANTA MARÍA
 DE NIEVA - CONDORCANQUI - DEPARTAMENTO DE AMAZONAS

MAPA POR FRACCIÓN DE HIDROCARBUROS

FIGURA
 MAPA

Escala 1/15000 Datum: UTM WGS 84 Zona: 18 Sur

8.9

8.2.1.2. Aceites y grasas

Los datos obtenidos para el parámetro aceites y grasas demuestran que en la muestra 10H-SLGQ-006, los valores superaron los niveles establecidos en el NCA-E correspondiente a suelos para uso agrícola, tal como se muestra en la tabla 8.4 y figura 8.10. Además, en la muestra 10H-SLGQ-007 se observa que los valores están muy cercanos al máximo permisible a dicha norma de calidad ambiental de referencia (figura 8.11).

Tabla 8.4. Valores de aceites y grasas

| Muestras | SUPERFICIAL F3 (mg/kg) | NCA - E (mg/kg) |
|--------------------|---------------------------|-----------------|
| 5 (10H-SLGQ24-005) | 233 | 500 |
| 6 (10H-SLGQ24-006) | 15593 | 500 |
| 7 (10H-SLGQ24-007) | 494 | 500 |

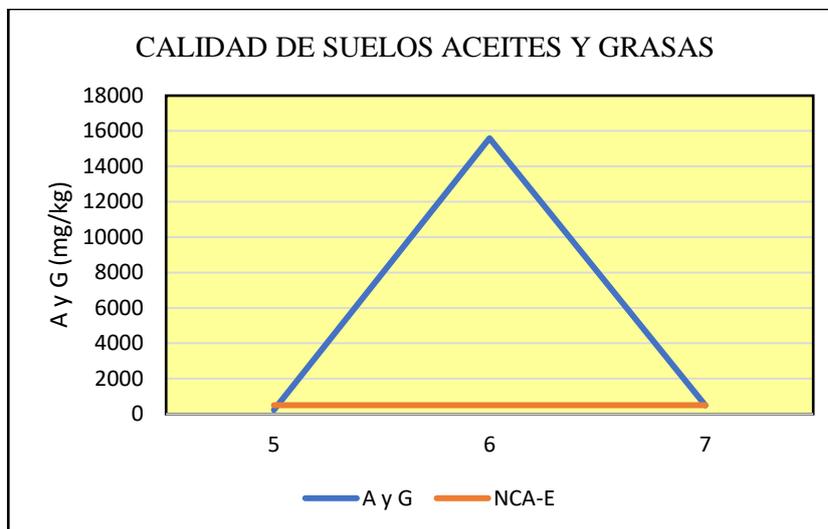
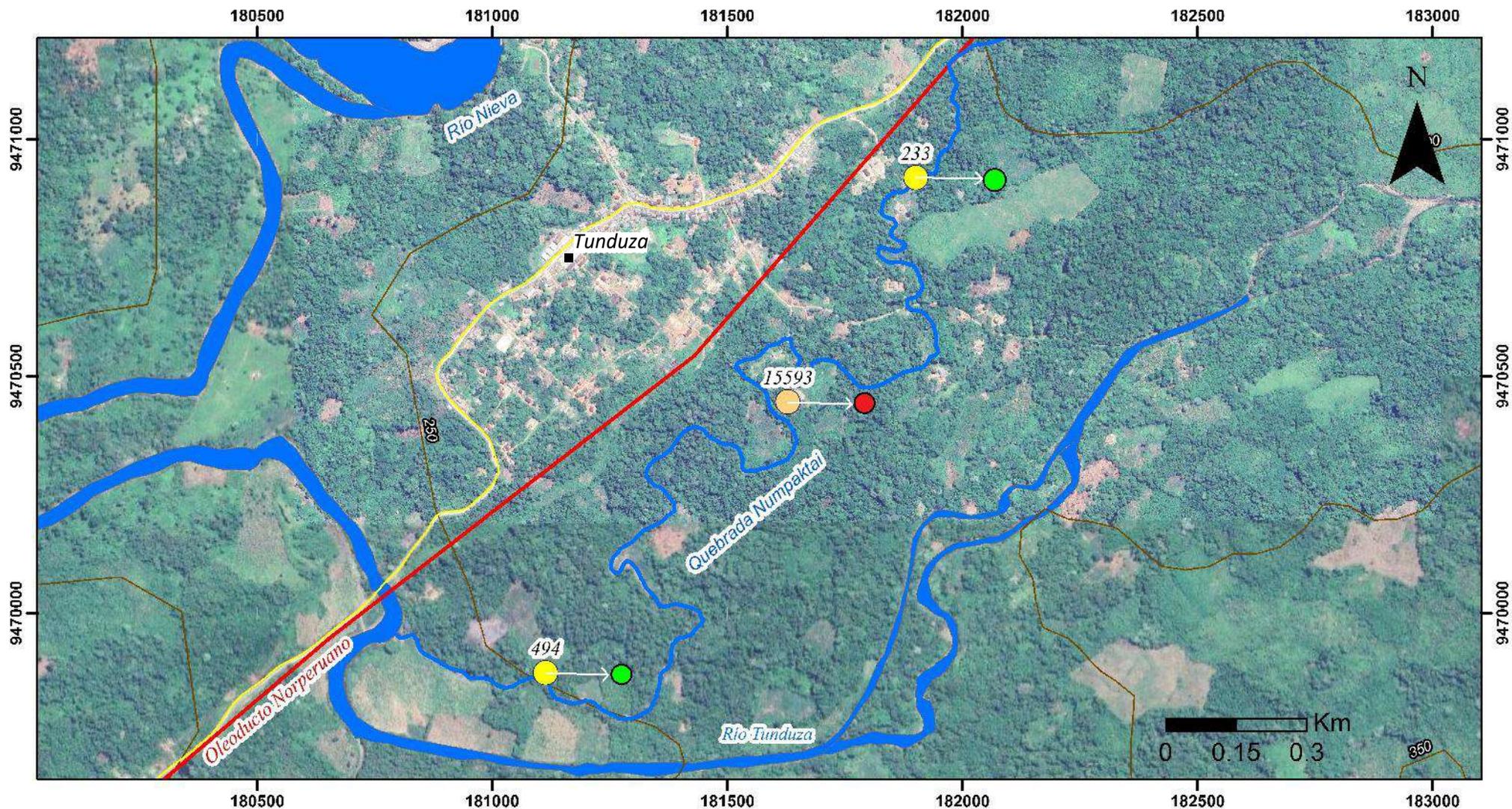


Figura 8.10. Valores de aceites y grasas en suelos superficiales comparados con la NCA-E para suelos agrícolas.

MATERIAL EXTRAÍBLE AL HEXANO (ACEITES Y GRASAS)



ACEITES Y GRASAS (mg/kg)

Máximo: 15593

Mínimo: 233

Media: 5440

● ≤ 5440

● > 5441 - 15593

LÍMITE PERMISIBLE (mg/kg)

● Menor a ECA

● Mayor a ECA

SIMBOLOGÍA

— Oleoducto Norperuano

— Red Vial Nacional

— Curva de nivel

— Drenaje

■ Centros Poblados

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

INSPECCIÓN TÉCNICA GEOAMBIENTAL POR DERRAME DE
HIDROCARBUROS EN LA COMUNIDAD DE TUNDUZA - SANTA MARÍA
DE NIEVA - CONDORCANQUI - DEPARTAMENTO DE AMAZONAS

ACEITES Y GRASAS

FIGURA
MAPA

Escala 1/15000 Datum: UTM WGS 84 Zona: 18 Sur

8.11

8.2.2. Elementos inorgánicos en suelos

En base a los resultados analíticos de las muestras extraídas de suelos superficiales y profundos en el área de estudio, se obtuvieron los parámetros descriptivos, tales como los valores mínimos y máximos, así como el valor promedio. La tabla 8.5 muestra los datos estadísticos de los elementos traza estudiados, excepto el valor medio del Cd (total) y Hg (total), debido a que las concentraciones están por debajo del límite de detección inferior del analito. Con respecto al elemento Cr (total), en el ECA no está determinado un valor, pero en la Norma de Calidad Ambiental del Recurso Suelo y Criterios de Remedación para Suelos Contaminados del Ecuador, (2003) establece un valor de 65 mg/kg para uso de suelos agrícolas.

En los párrafos siguientes se describen los elementos analizados y comparados con los estándares de calidad ambiental.

Tabla 8.5. Estadísticos descriptivos de los elementos traza en los suelos de la zona de estudio

| VARIABLE | NIVEL DE SUELO | CONTEO | MEDIA | MÍNIMO | MÁXIMO |
|----------|----------------|--------|-------|--------|--------|
| As-ppm | Superficial | 4 | 1.86 | 1.43 | 4.11 |
| | Profundo | 4 | 1.95 | 1.43 | 4.98 |
| Ba-ppm | Superficial | 4 | 29.06 | 25.49 | 35.29 |
| | Profundo | 4 | 28 | 15.70 | 38.10 |
| Cd-ppm | Superficial | 4 | <0.14 | <0.14 | <0.14 |
| | Profundo | 4 | <0.14 | <0.14 | <0.14 |
| Cr-ppm | Superficial | 4 | 5.58 | 4.35 | 7.06 |
| | Profundo | 4 | 7.21 | 6.14 | 8.17 |
| Hg-ppm | Superficial | 4 | <0.26 | <0.26 | <0.26 |
| | Profundo | 4 | <0.26 | <0.26 | <0.26 |
| Pb-ppm | Superficial | 4 | 7.71 | 5.56 | 12.07 |
| | Profundo | 4 | 9.26 | 7.90 | 14.37 |

8.2.2.1. Arsénico en suelos

De los resultados obtenidos en laboratorio, se observa que el elemento arsénico presenta valores máximos de 4.11 mg/kg (suelo superficial) y 4.97 mg/kg (suelo profundo) en la estación de muestreo 10H-SLGO-003; en las demás muestras los valores se encuentran por debajo del límite de detección, así como se detalla en la tabla 8.6.

Este elemento químico no superó los valores establecidos en el ECA para suelos de uso agrícola, tal como se muestra en las figuras 8.12 y 8.13. Así como en la figura 8.14.

Tabla 8.6. Valores de arsénico en suelos superficiales y profundos

| Muestras | SUPERFICIAL As (mg/kg) | PROFUNDO As (mg/kg) | ECA (mg/kg) |
|-------------|---------------------------|------------------------|----------------|
| 1 (10H-001) | <2.86 | <2.86 | 50 |
| 2 (10H-002) | <2.86 | <2.86 | 50 |
| 3 (10H-003) | 4.11 | 4.98 | 50 |
| 4 (10H-004) | <2.86 | <2.86 | 50 |

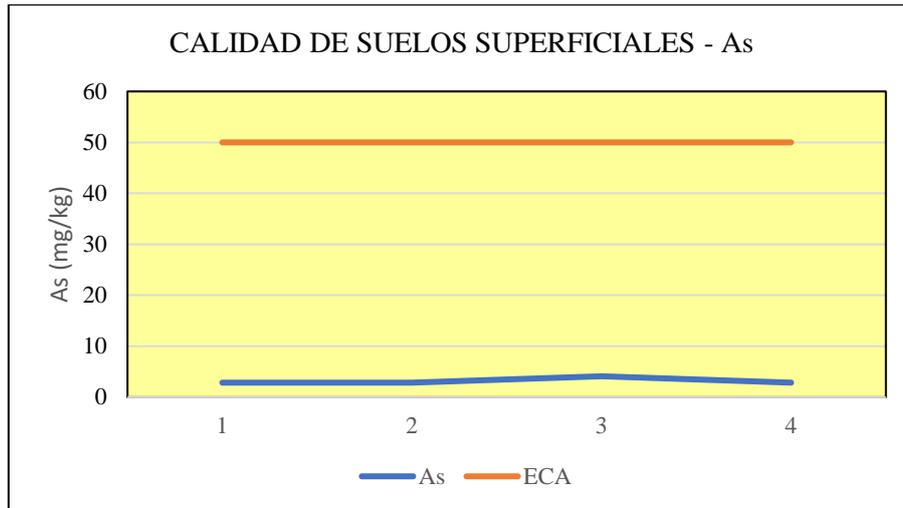


Figura 8.12. Valores de arsénico en suelos superficiales comparados con el ECA para suelos agrícolas.

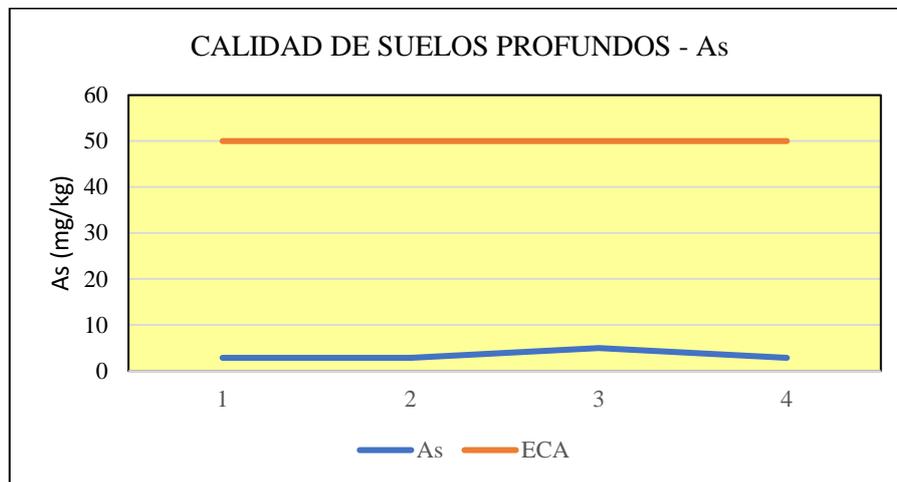
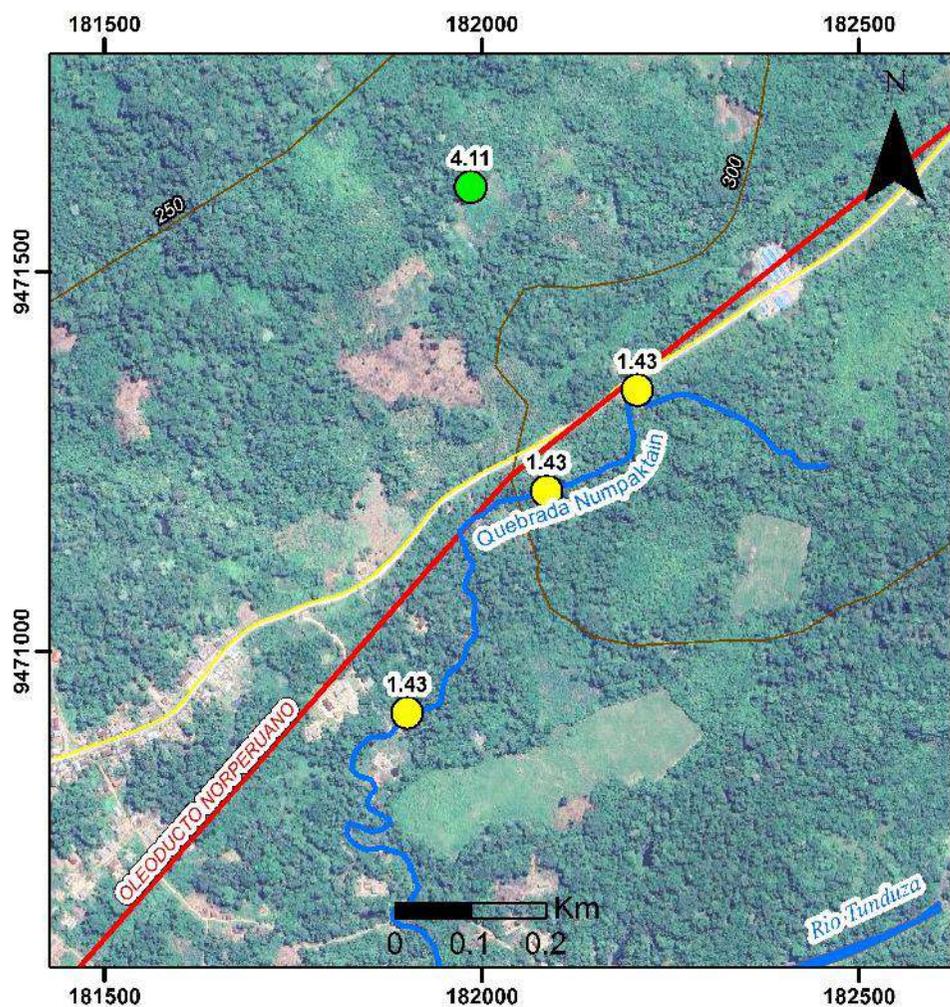


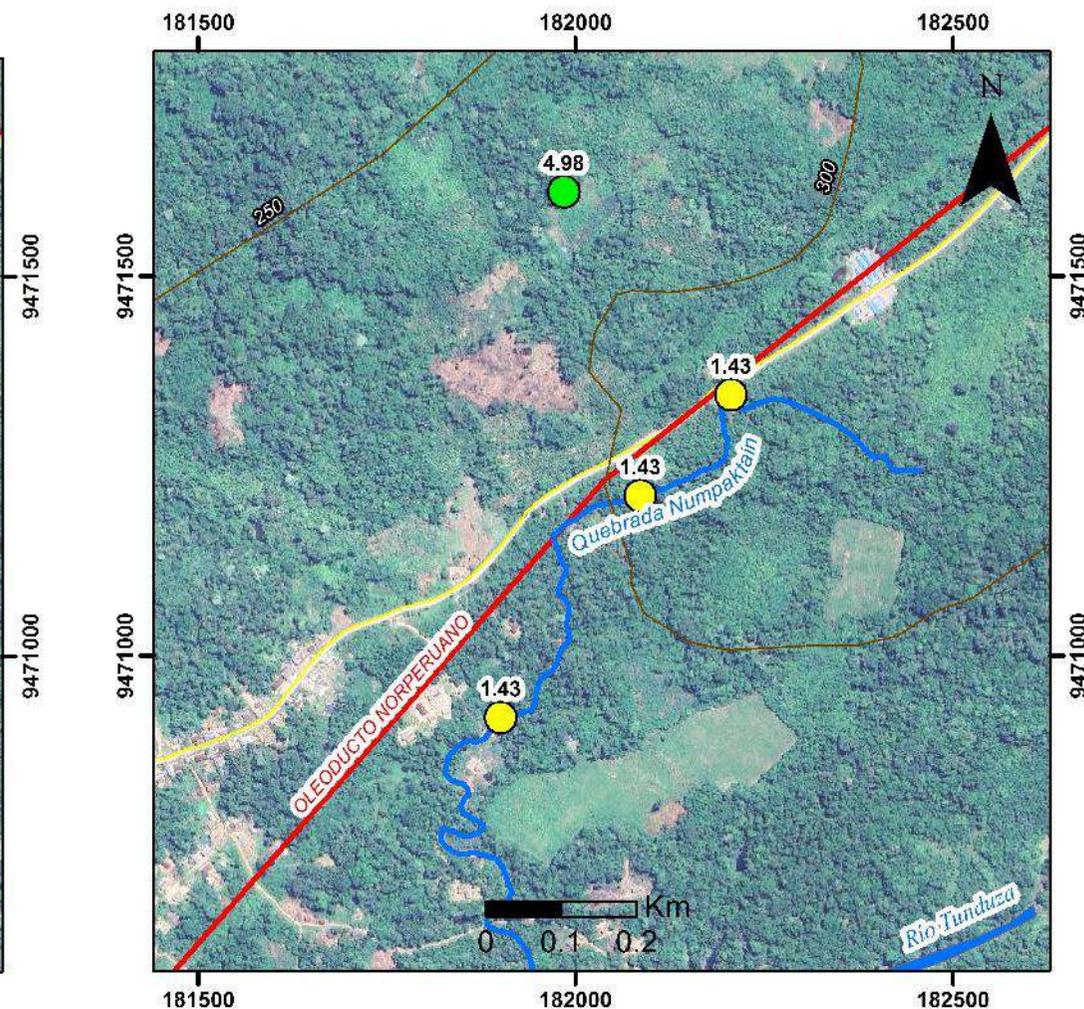
Figura 8.13. Valores de arsénico en suelos profundos comparados con el ECA para suelos agrícolas.

ABUNDANCIA DE ARSÉNICO

SUELOS SUPERFICIALES



SUELOS PROFUNDOS



MUESTRAS SUPERFICIALES

As (ppm)

Máximo: 4.11

Mínimo: 1.43

Media: 1.86

● < 1.86

● > 1.86 - 4.11

MUESTRAS PROFUNDAS

As (ppm)

Máximo: 4.98

Mínimo: 1.43

Media: 1.95

● ≤ 1.95

● > 1.96 - 4.98

SIMBOLOGÍA

— Oleoducto Norperuano

— Red Vial Nacional

— Curva de nivel

— Drenaje

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

INSPECCIÓN TÉCNICA GEOAMBIENTAL POR DERRAME DE
HIDROCARBUROS EN LA COMUNIDAD DE TUNDUZÁ - SANTA MARÍA
DE NIEVA - CONDORCANQUI - DEPARTAMENTO DE AMAZONAS

ABUNDANCIA DE ARSÉNICO

FIGURA
MAPA

Escala 1/10000 Datum: UTM WGS 84 Zona: 18 Sur

8.14

8.2.2.2. Bario en suelos

Los resultados reportados muestran valores máximos de 35.29 mg/kg (suelo superficial) en la muestra 10H-SLGQ-002 y 38.10 mg/kg (suelo profundo) en la muestra 10H-SLGQ-004, así como se observa en la tabla 8.7.

El Bario al igual que el arsénico no superó los valores establecidos en el ECA correspondiente a suelos para uso agrícola, tal como se muestra en las figuras 8.15 y 8.16, así como en la figura 8.17.

Tabla 8.7. Valores de Bario en suelos superficiales y profundos

| Muestras | SUPERFICIAL | PROFUNDO | ECA (mg/kg) |
|--------------------|-------------|------------|-------------|
| | Ba (mg/kg) | Ba (mg/kg) | |
| 1 (10H-SLGQ24-001) | 25.49 | 15.69 | 750 |
| 2 (10H-SLGQ24-002) | 35.29 | 28.90 | 750 |
| 3 (10H-SLGQ24-003) | 30.04 | 35.50 | 750 |
| 4 (10H-SLGQ24-004) | 26.41 | 38.10 | 750 |

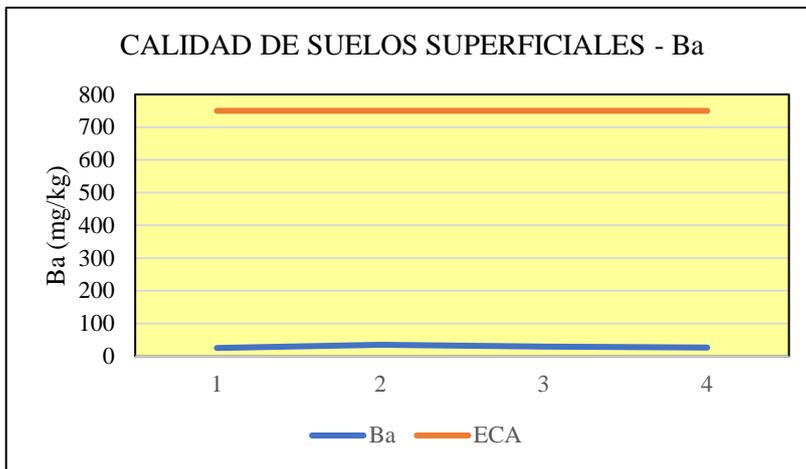


Figura 8.15. Valores de Bario en suelos superficiales comparados con el ECA para suelos agrícolas.

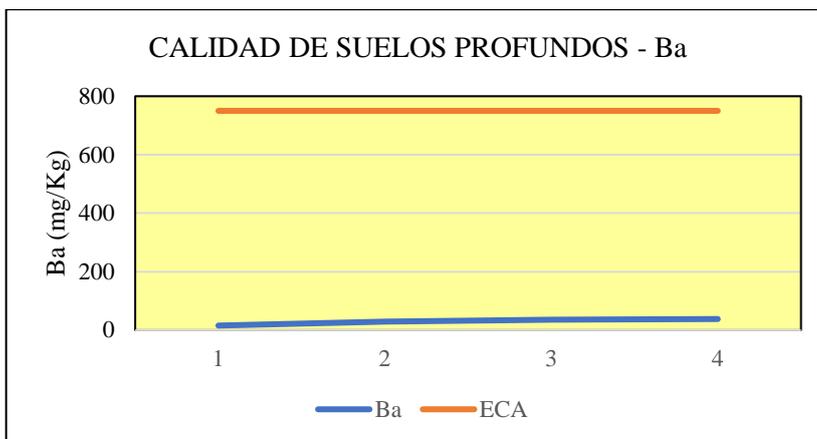
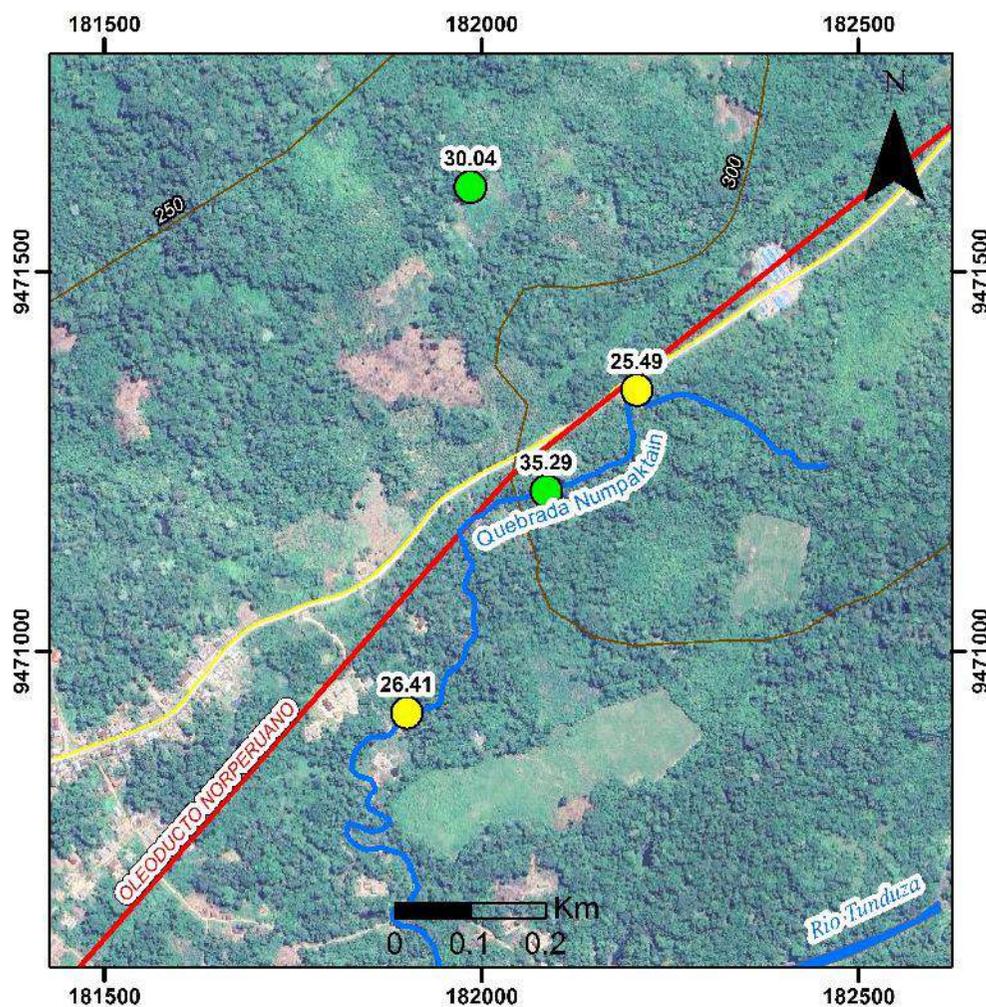


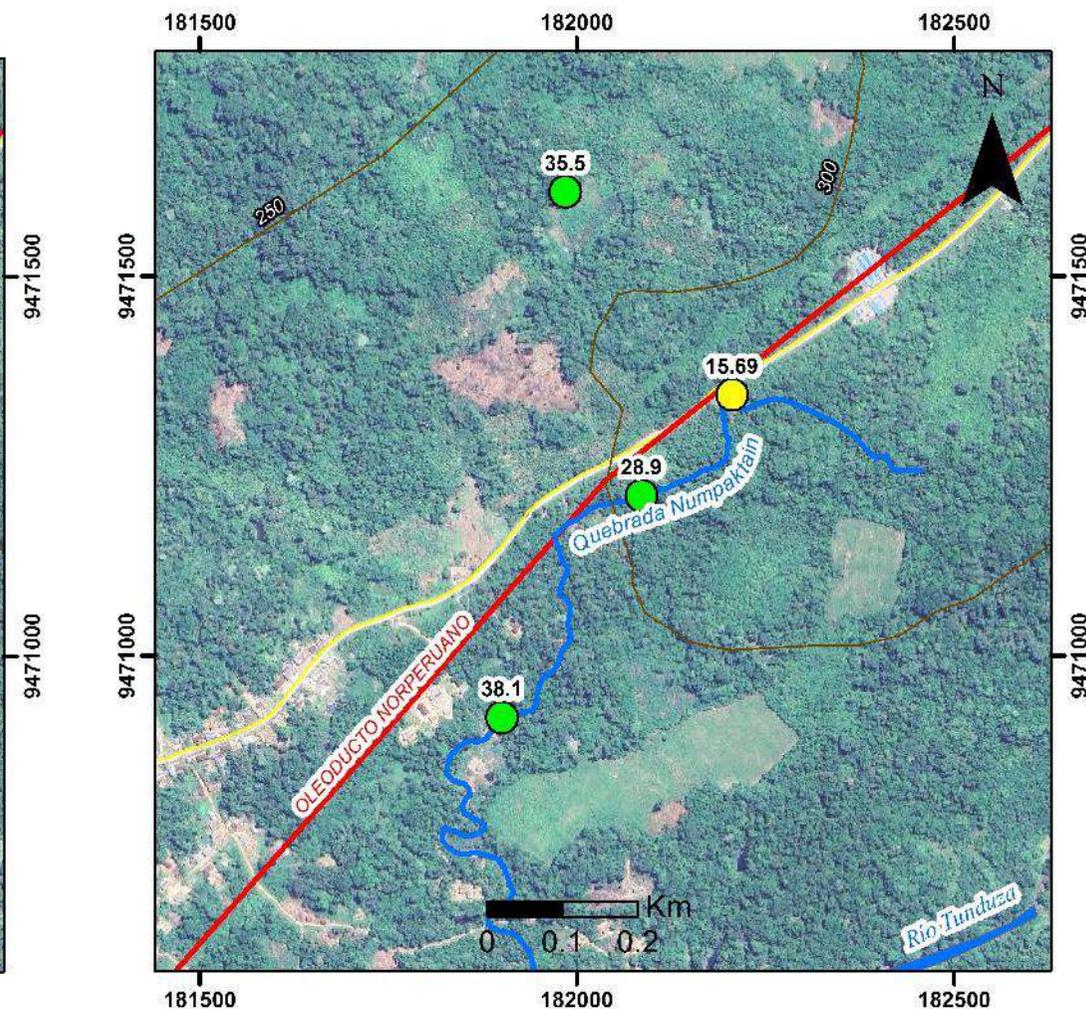
Figura 8.16. Valores de Bario en suelos profundos comparados con el ECA para suelos agrícolas.

ABUNDANCIA DE BARIO

SUELOS SUPERFICIALES



SUELOS PROFUNDOS



MUESTRAS SUPERFICIALES

Ba (ppm)

Máximo: 35.29

Mínimo: 25.49

Media: 29.06

● ≤ 29.06

● > 29.07 - 35.29

MUESTRAS PROFUNDAS

Ba (ppm)

Máximo: 38.10

Mínimo: 15.69

Media: 27.98

● ≤ 27.98

● > 27.99 - 38.10

SIMBOLOGÍA

— Oleoducto Norperuano

— Red Vial Nacional

— Curva de nivel

— Drenaje

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

INSPECCIÓN TÉCNICA GEOAMBIENTAL POR DERRAME DE
HIDROCARBUROS EN LA COMUNIDAD DE TUNDUZA - SANTA MARÍA
DE NIEVA - CONDORCANQUI - DEPARTAMENTO DE AMAZONAS

ABUNDANCIA DE BARIO

FIGURA
MAPA

Escala 1/10000 Datum: UTM WGS 84 Zona: 18 Sur

8.17

8.2.2.3. Cadmio en suelos

Los datos reportados por el laboratorio muestran que los niveles de cadmio se encuentran por debajo del límite de detección inferior del analito (<0.14 mg/kg) en todas las muestras; según se detalla en la tabla 8.8. Por tal motivo no superó los valores establecidos en el ECA correspondiente a suelos para uso agrícola, evidenciado en las figuras 8.18 y 8.19, así como en la figura 8.20.

Tabla 8.8. Valores de Cadmio en suelos superficiales y profundos

| Muestras | SUPERFICIAL | PROFUNDO | ECA (mg/kg) |
|---------------------|-------------|------------|-------------|
| | Cd (mg/kg) | Cd (mg/kg) | |
| 1 (10H- SLGQ24-001) | <0.14 | <0.14 | 1.4 |
| 2 (10H- SLGQ24-002) | <0.14 | <0.14 | 1.4 |
| 3 (10H- SLGQ24-003) | <0.14 | <0.14 | 1.4 |
| 4 (10H- SLGQ24-004) | <0.14 | <0.14 | 1.4 |

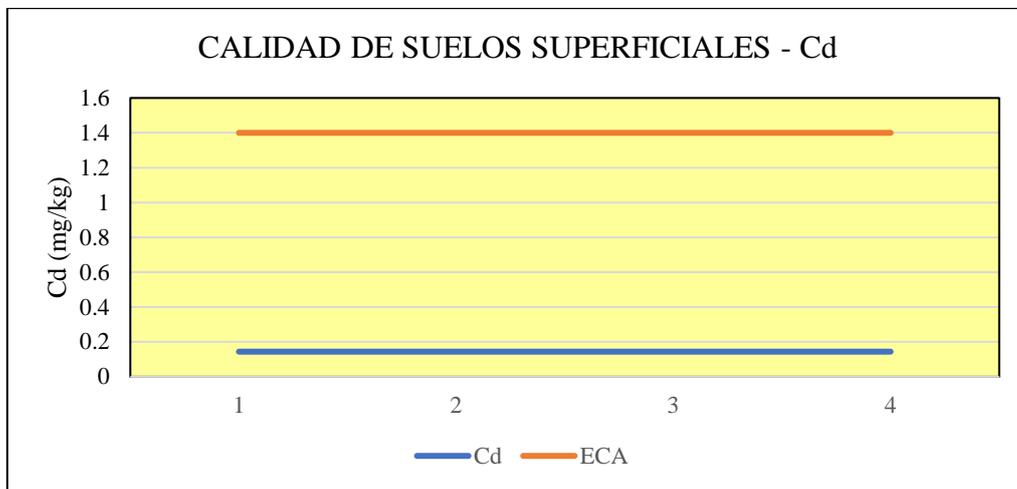


Figura 8.18. Valores de cadmio en suelos superficiales comparados con el ECA para suelos agrícolas.

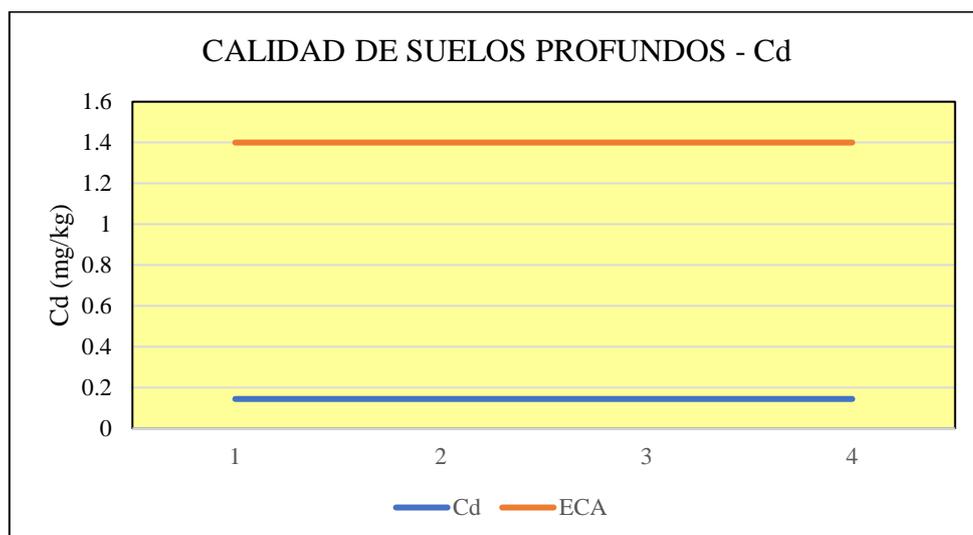
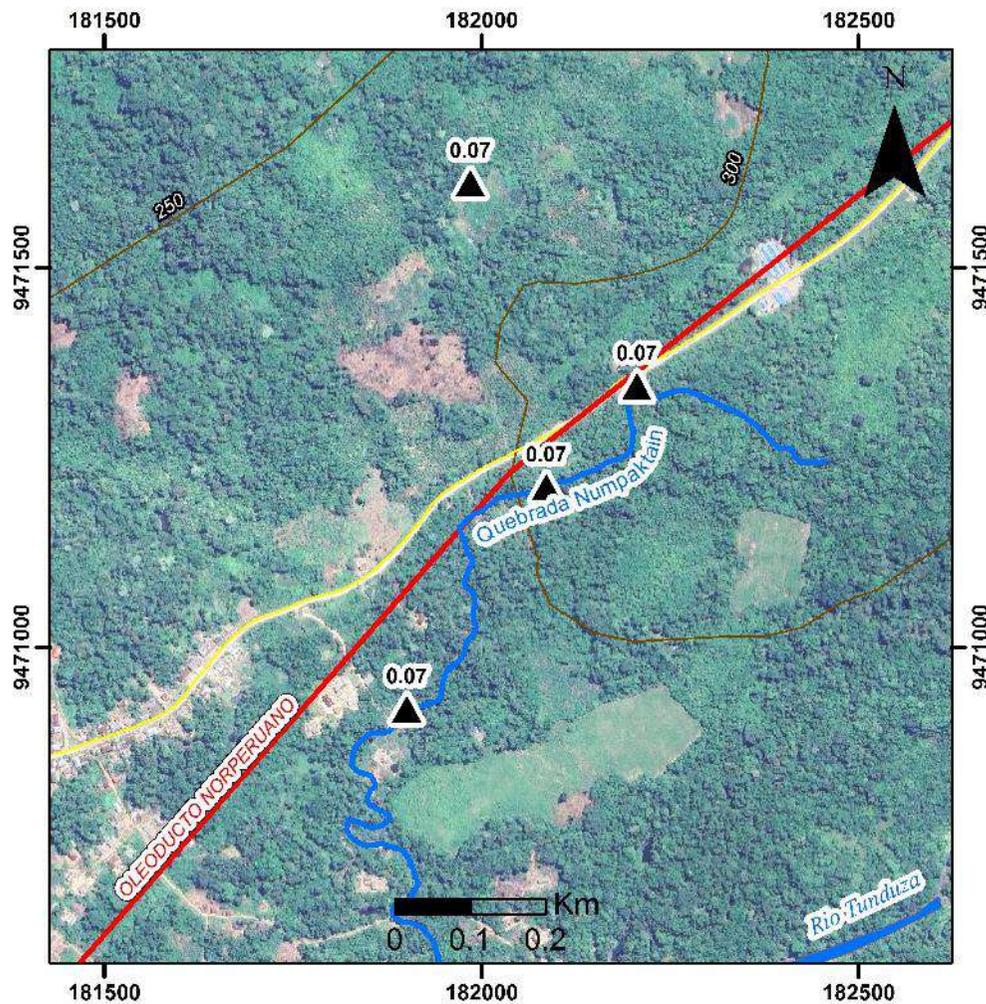


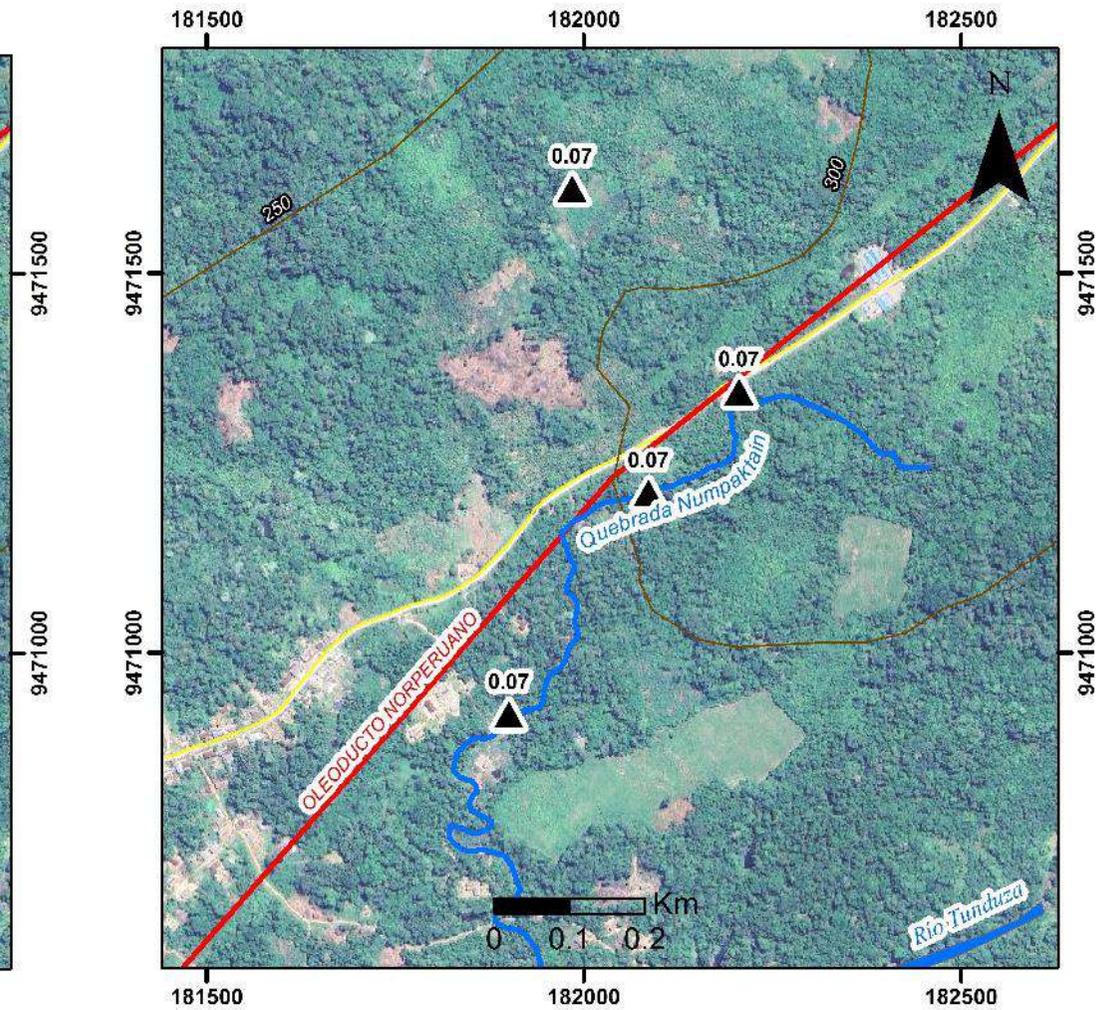
Figura 8.19. Valores de cadmio en suelos profundos comparados con el ECA para suelos agrícolas.

ABUNDANCIA DE CADMIO

SUELOS SUPERFICIALES



SUELOS PROFUNDOS



| MUESTRAS SUPERFICIALES | |
|------------------------|------|
| Cd (ppm) | |
| Máximo: 0.07 | |
| Mínimo: 0.07 | |
| Media: 0.07 | |
| ▲ | 0.07 |

| MUESTRAS PROFUNDAS | |
|--------------------|------|
| Cd (ppm) | |
| Máximo: 0.07 | |
| Mínimo: 0.07 | |
| Media: 0.07 | |
| ▲ | 0.07 |

| SIMBOLOGÍA | |
|------------|----------------------|
| | Oleoducto Norperuano |
| | Red Vial Nacional |
| | Curva de nivel |
| | Drenaje |

| | |
|--|----------------|
| SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO | |
| INSPECCIÓN TÉCNICA GEOAMBIENTAL POR DERRAME DE HIDROCARBUROS EN LA COMUNIDAD DE TUNDUZA - SANTA MARÍA DE NIEVA - CONDORCANQUI - DEPARTAMENTO DE AMAZONAS | |
| ABUNDANCIA DE CADMIO | FIGURA MAPA |
| Escala 1/10000 Datum: UTM WGS 84 Zona: 18 Sur | |
| 8.20 | |

8.2.2.4. Cromo en suelos

Según los datos obtenidos del laboratorio, el nivel máximo de cromo es de 7.06 mg/kg (suelo superficial) y 8.17 mg/kg (suelo profundo) correspondiente a la muestra 10H-SLGQ-003; tal como se muestra en la tabla 8.9.

Dicho elemento no superó los valores establecidos en la Norma de Calidad Ambiental del Recurso Suelo y Criterios de Remediación para Suelos Contaminados, Ecuador, 2003 correspondiente a suelos para uso agrícola, tal como se muestra en las figuras 8.21 y 8.22. Así como también en la figura 8.23.

Tabla 8.9. Valores de Cromo en suelos superficiales y profundos

| Muestras | SUPERFICIAL Cr (mg/kg) | PROFUNDO Cr (mg/kg) | NCA-E (mg/kg) |
|---------------------|---------------------------|------------------------|------------------|
| 1 (10H- SLGQ24-001) | 5.84 | 7.69 | 65 |
| 2 (10H- SLGQ24-002) | 5.39 | 6.14 | 65 |
| 3 (10H- SLGQ24-003) | 7.06 | 8.17 | 65 |
| 4 (10H- SLGQ24-004) | 4.35 | 6.99 | 65 |

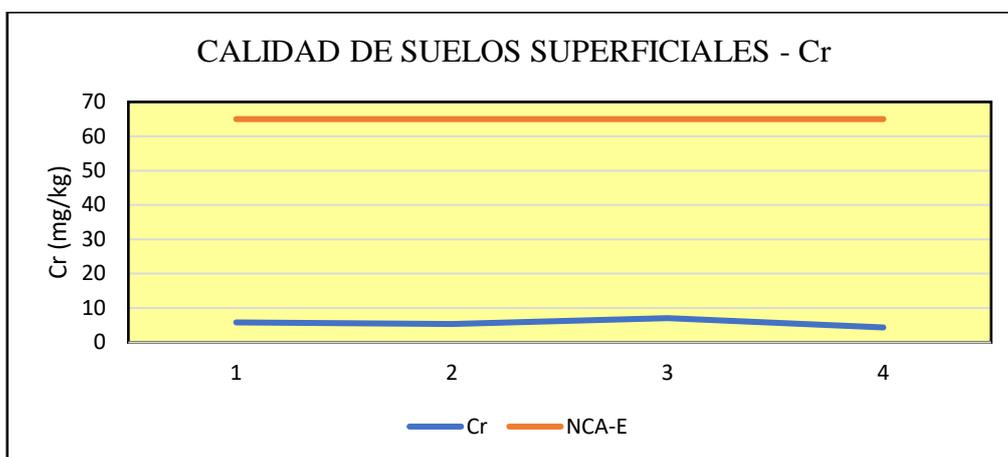


Figura 8.21. Valores de cromo en suelos superficiales comparados con el ECA para suelos agrícolas.

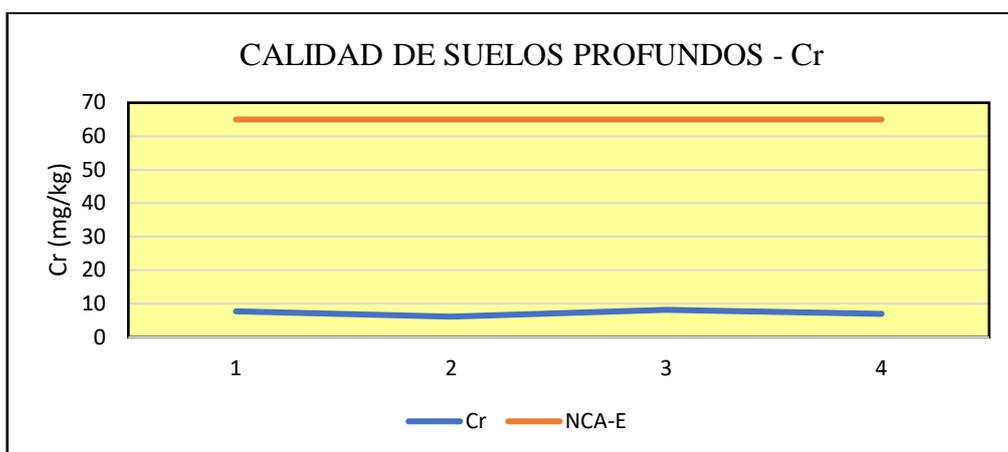
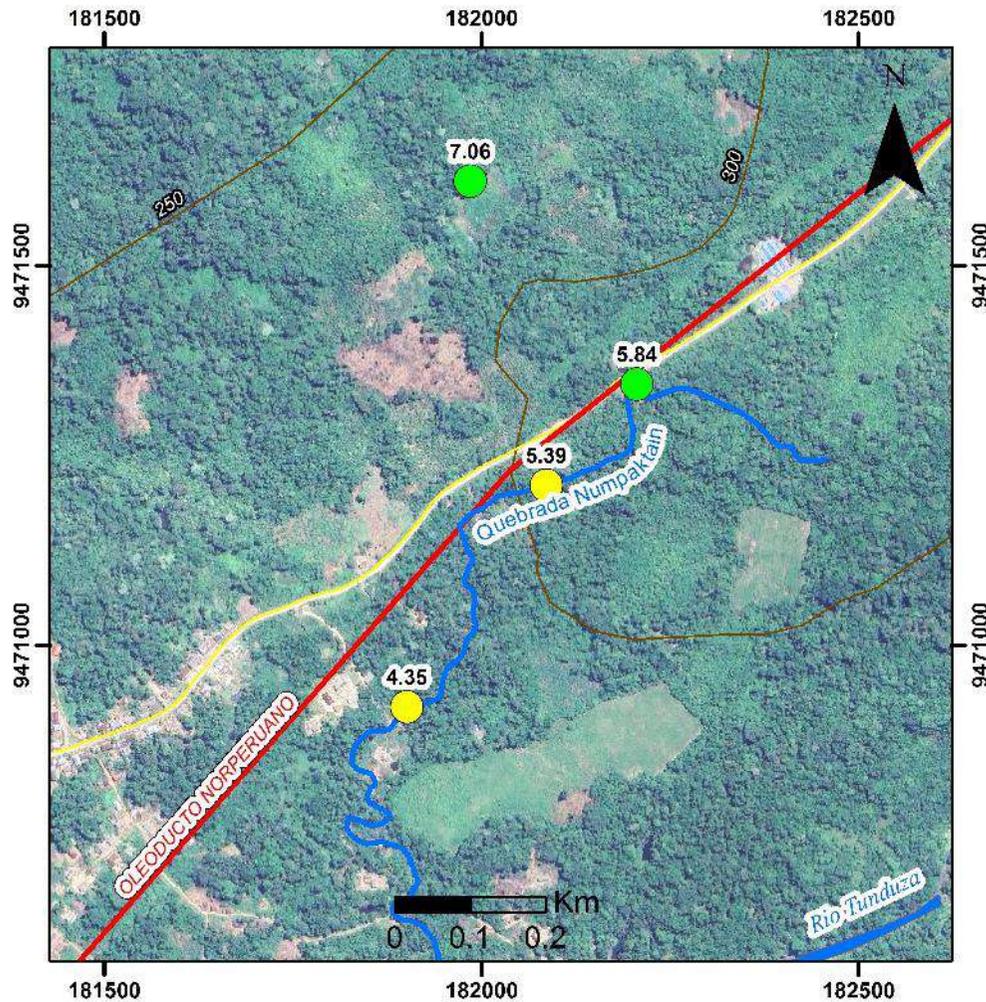


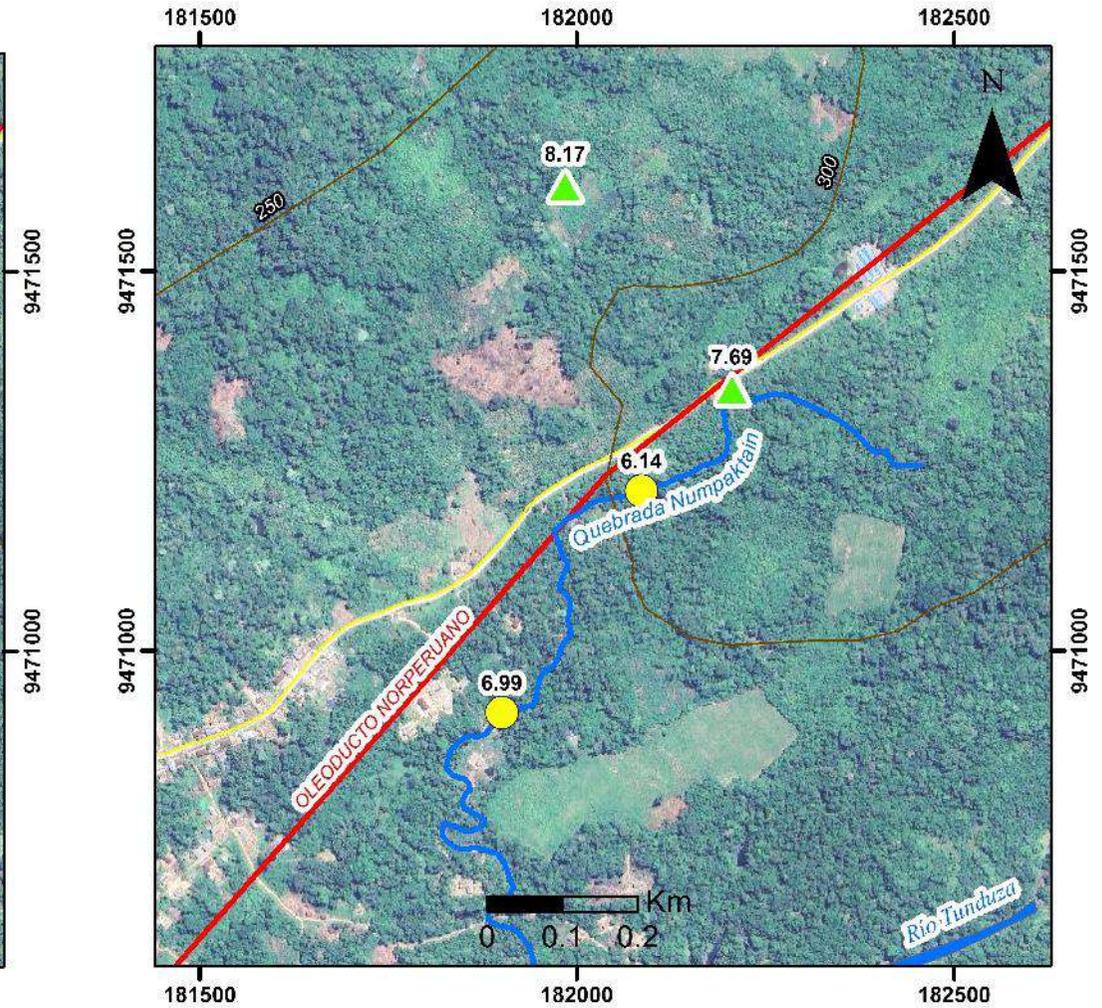
Figura 8.22. Valores de cromo en suelos profundos comparados con el ECA para suelos agrícolas.

ABUNDANCIA DE CROMO

SUELOS SUPERFICIALES



SUELOS PROFUNDOS



| MUESTRAS SUPERFICIALES | |
|------------------------|---------------|
| Cr (ppm) | |
| Máximo: 7.06 | |
| Mínimo: 4.35 | |
| Media: 5.58 | |
| ● | ≤ 5.58 |
| ● | > 5.59 - 7.06 |

| MUESTRAS PROFUNDAS | |
|--------------------|---------------|
| Cr (ppm) | |
| Máximo: 8.17 | |
| Mínimo: 6.14 | |
| Media: 7.21 | |
| ● | ≤ 7.21 |
| ● | > 7.22 - 8.17 |

| SIMBOLOGÍA | |
|------------|----------------------|
| | Oleoducto Norperuano |
| | Red Vial Nacional |
| | Curva de nivel |
| | Drenaje |

| | |
|--|----------------|
| INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO | |
| INSPECCIÓN TÉCNICA GEOAMBIENTAL POR DERRAME DE HIDROCARBUROS EN LA COMUNIDAD DE TUNDUZA - SANTA MARÍA DE NIEVA - CONDORCANQUI - DEPARTAMENTO DE AMAZONAS | |
| ABUNDANCIA DE CROMO | FIGURA MAPA |
| Escala 1/10000 Datum: UTM WGS 84 Zona: 18 Sur | |
| 8.23 | |

8.2.2.5. Mercurio en suelos

Los datos reportados por el laboratorio muestran que los niveles de mercurio se encuentran por debajo del límite de detección inferior del analito (<0.26 mg/kg) en todas las muestras; según se detalla en la tabla 8.10. Por tal motivo no superó los valores establecidos en el ECA correspondiente a suelos para uso agrícola, tal como se muestra en las figuras 8.24 y 8.25, así como en la figura 8.26.

Tabla 8.10. Valores de Mercurio en suelos superficiales y profundos

| Muestras | SUPERFICIAL Hg (mg/kg) | PROFUNDO Hg (mg/kg) | ECA (mg/kg) |
|---------------------|---------------------------|------------------------|-------------|
| 1 (10H- SLGQ24-001) | <0.26 | <0.26 | 6.6 |
| 2 (10H- SLGQ24-002) | <0.26 | <0.26 | 6.6 |
| 3 (10H- SLGQ24-003) | <0.26 | <0.26 | 6.6 |
| 4 (10H- SLGQ24-004) | <0.26 | <0.26 | 6.6 |

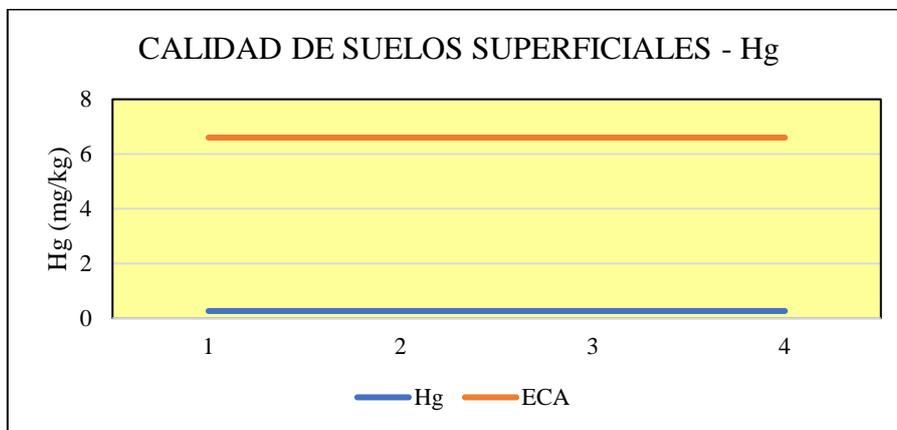


Figura 8.24. Valores de mercurio en suelos superficiales comparados con el ECA para suelos agrícolas.

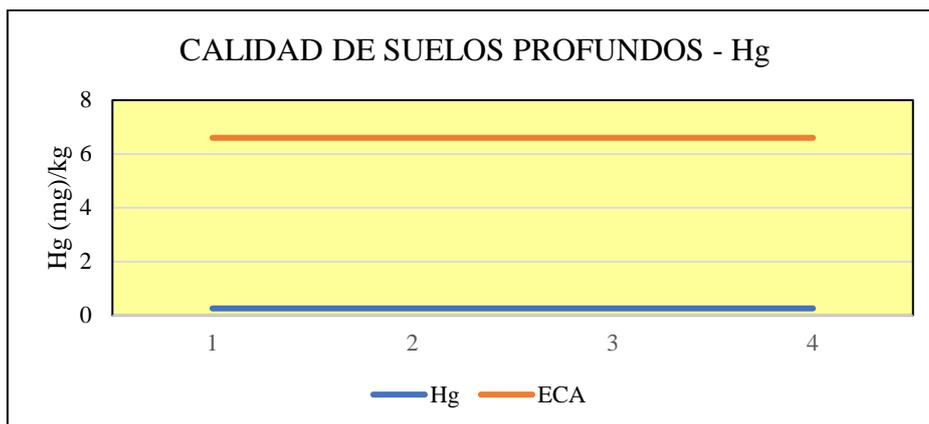
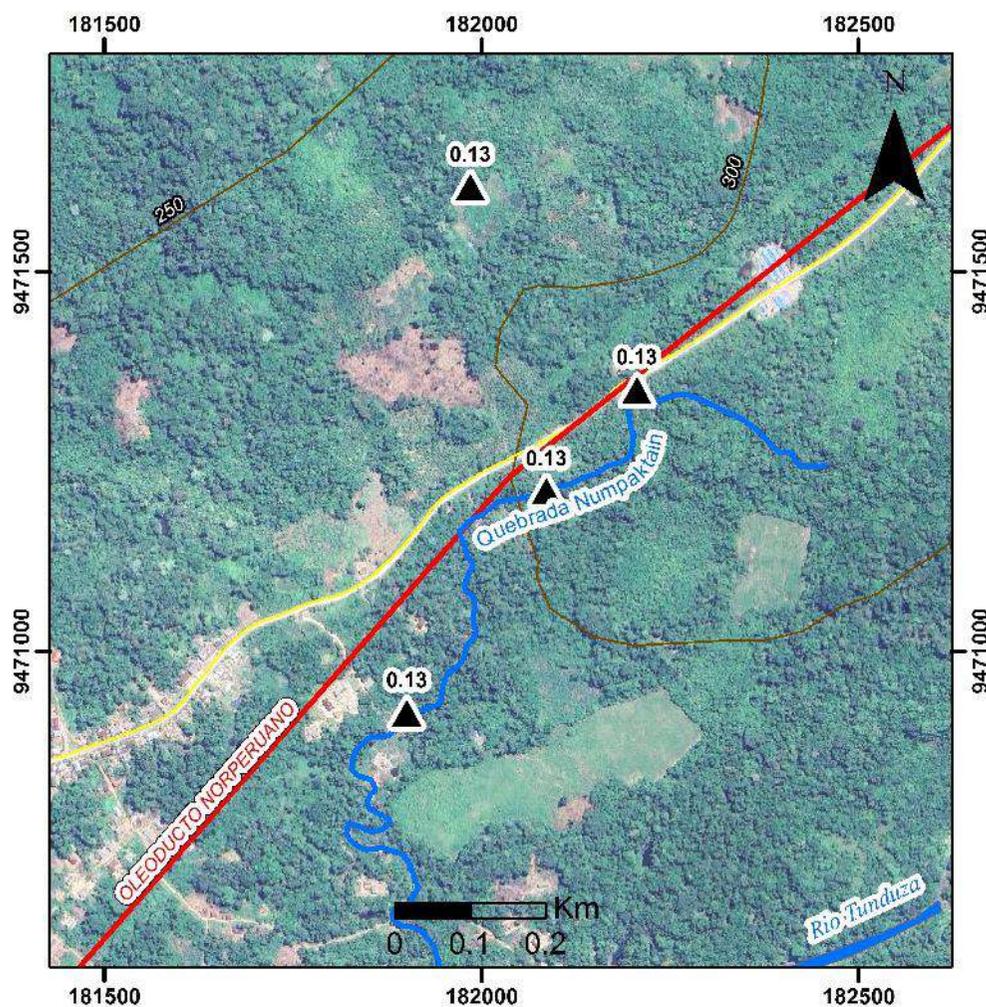


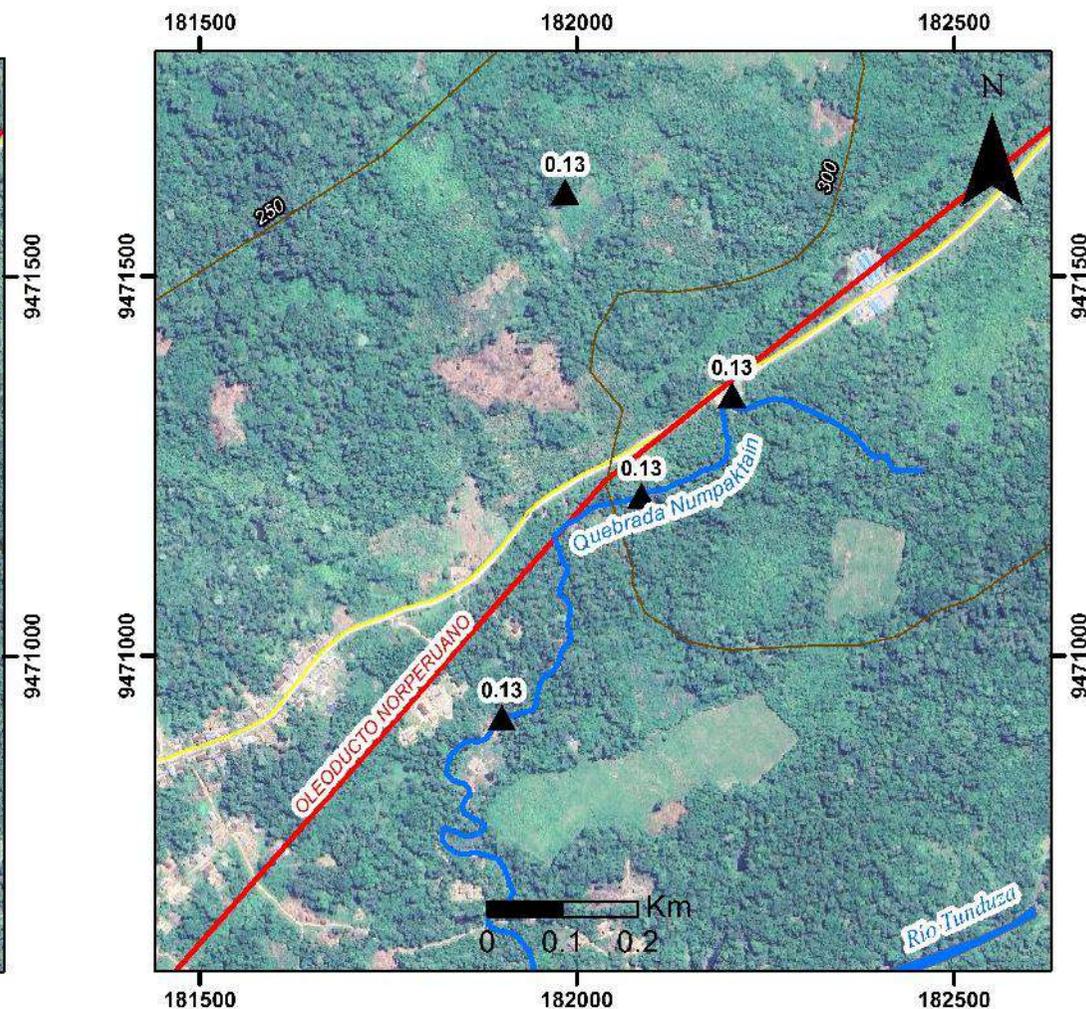
Figura 8.25. Valores de mercurio en suelos profundos comparados con el ECA para suelos agrícolas.

ABUNDANCIA DE MERCURIO

SUELOS SUPERFICIALES



SUELOS PROFUNDOS



MUESTRAS SUPERFICIAL

Hg (ppm)
 Máximo: 0.13
 Mínimo: 0.13
 Media: 0.13
 ▲ = 0.13

MUESTRAS PROFUNDAS

Hg (ppm)
 Máximo: 0.13
 Mínimo: 0.13
 Media: 0.13
 ▲ = 0.13

SIMBOLOGÍA

- Oleoducto Norperuano
- Red Vial Nacional
- Curva de nivel
- Drenaje



INSPECCIÓN TÉCNICA GEOAMBIENTAL POR DERRAME DE
 HIDROCARBUROS EN LA COMUNIDAD DE TUNDUZA - SANTA MARÍA
 DE NIEVA - CONDORCANQUI - DEPARTAMENTO DE AMAZONAS

ABUNDANCIA DE MERCURIO

FIGURA
 MAPA

Escala 1/10000 Datum: UTM WGS 84 Zona: 18 Sur

8.26

8.2.2.6. Plomo en suelos

De acuerdo con los datos obtenidos del laboratorio, el nivel máximo de plomo es de 12.07 mg/kg (suelo superficial) y 14.37 mg/kg (suelo profundo) correspondiente a la muestra 10H-SLGQ-003; tal como se muestra en la tabla 8.11.

El Plomo al igual que los elementos antes mencionados no superó los valores establecidos en el ECA correspondiente a suelos para uso agrícola, tal como se muestra en las figuras 8.27 y 8.28, así como en la figura 8.29.

Tabla 8.11. Valores de Plomo en suelos superficiales y profundos

| Muestras | SUPERFICIAL Pb (mg/kg) | PROFUNDO Pb (mg/kg) | ECA (mg/kg) |
|---------------------|---------------------------|------------------------|-------------|
| 1 (10H- SLGQ24-001) | 8.17 | 8.20 | 70 |
| 2 (10H- SLGQ24-002) | 6.42 | 7.91 | 70 |
| 3 (10H- SLGQ24-003) | 12.07 | 14.37 | 70 |
| 4 (10H- SLGQ24-004) | 5.56 | 7.90 | 70 |

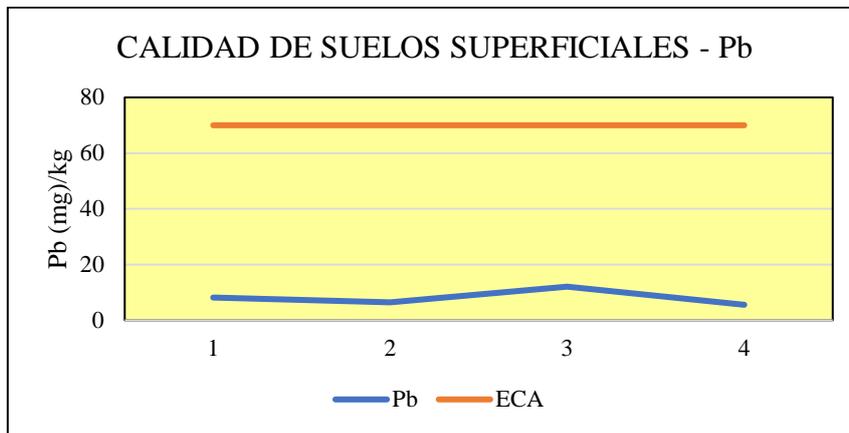


Figura 8.27. Valores de plomo en suelos superficiales comparados con el ECA para suelos agrícolas.

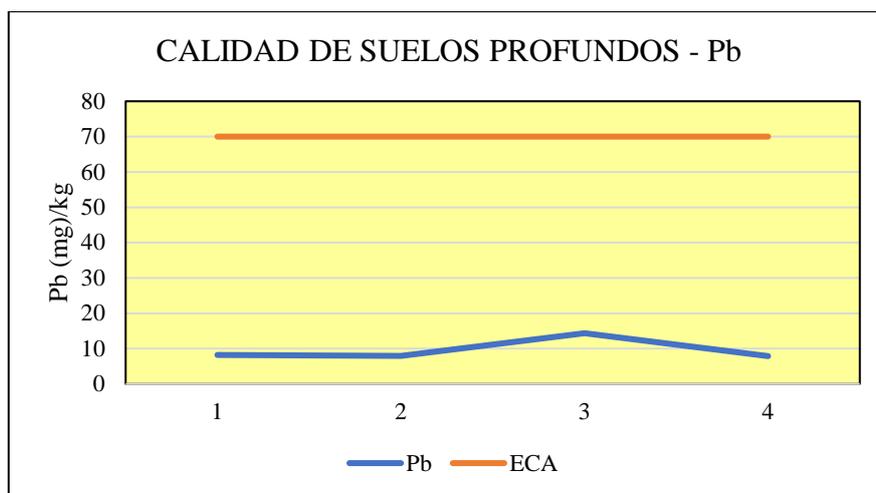
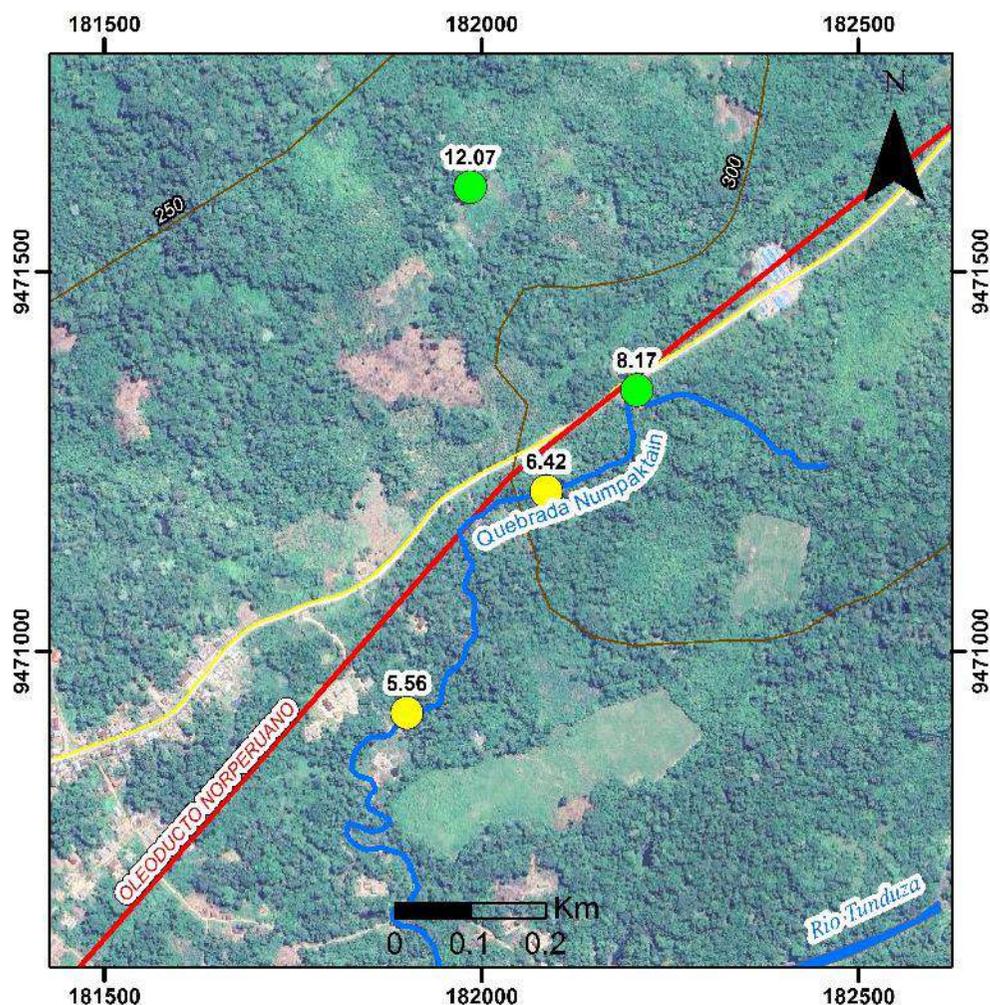


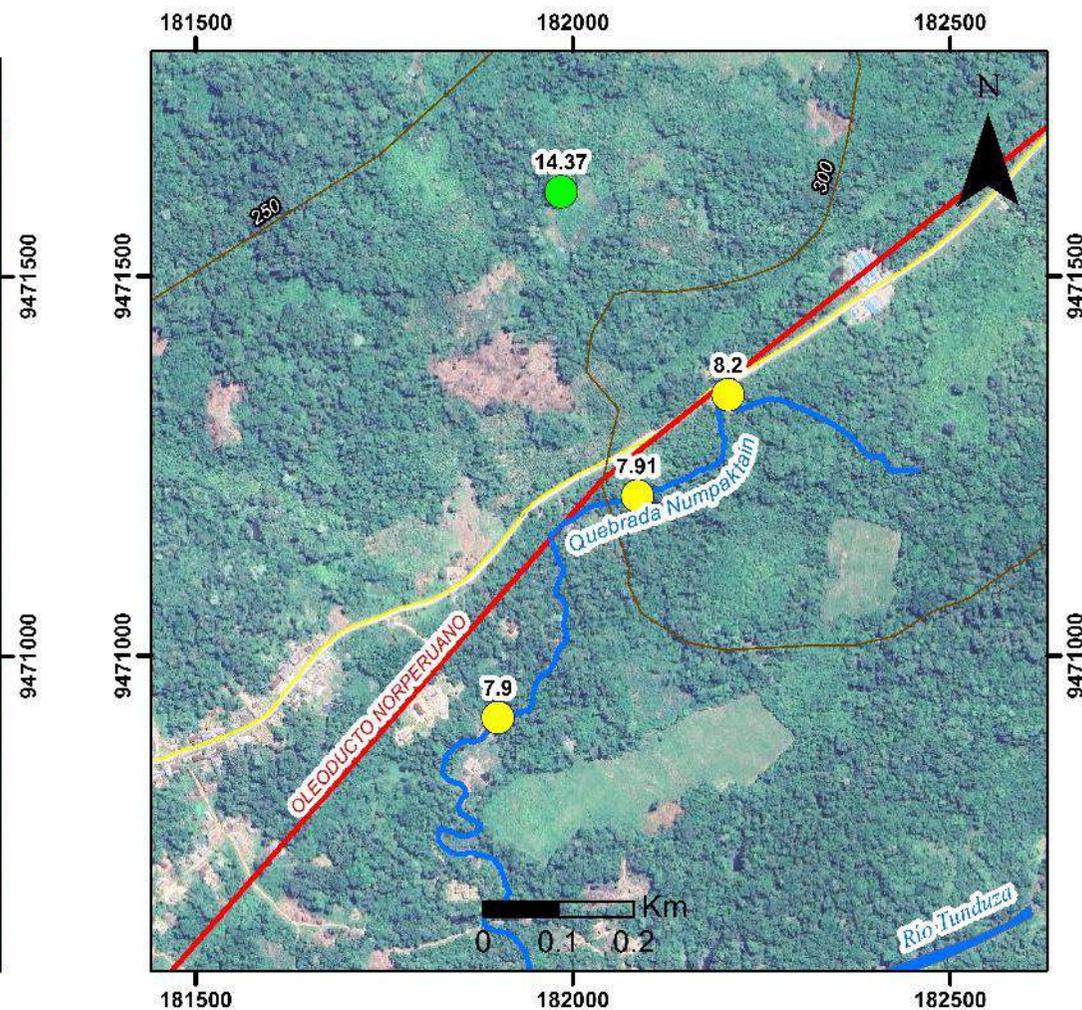
Figura 8.28. Valores de plomo en suelos profundos comparados con el ECA para suelos agrícolas.

ABUNDANCIA DE PLOMO

SUELOS SUPERFICIALES



SUELOS PROFUNDOS



MUESTRAS SUPERFICIAL

Pb (ppm)
 Máximo: 12.07
 Mínimo: 5.56
 Media: 7.71

● ≤ 7.71

● > 7.72 – 12.07

MUESTRAS PROFUNDAS

Pb (ppm)
 Máximo: 14.37
 Mínimo: 7.90
 Media: 9.26

● ≤ 9.26

● > 9.27 – 14.37

SIMBOLOGÍA

- Oleoducto Norperuano
- Red Vial Nacional
- Curva de nivel
- Drenaje

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

INSPECCIÓN TÉCNICA GEOAMBIENTAL POR DERRAME DE
 HIDROCARBUROS EN LA COMUNIDAD DE TUNDUZA - SANTA MARÍA
 DE NIEVA - CONDORCANQUI - DEPARTAMENTO DE AMAZONAS

ABUNDANCIA DE PLOMO

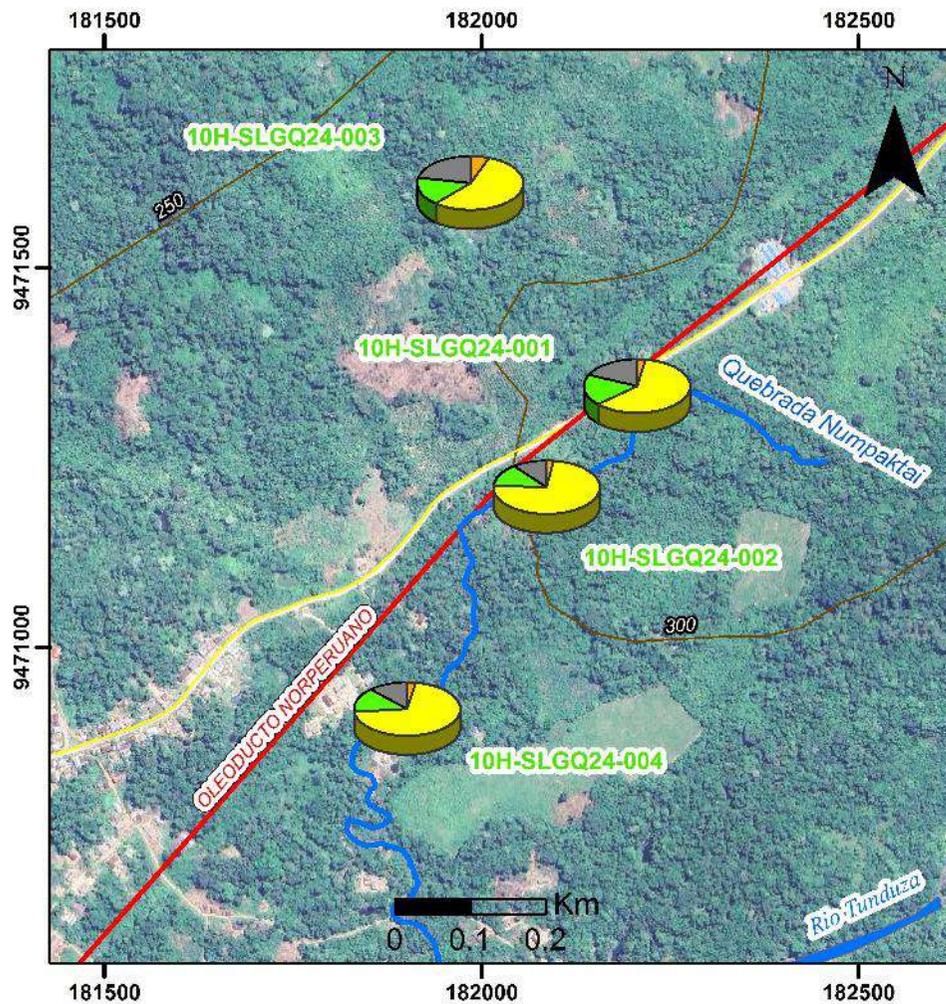
FIGURA
 MAPA

Escala 1/10000 Datum: UTM WGS 84 Zona: 18 Sur

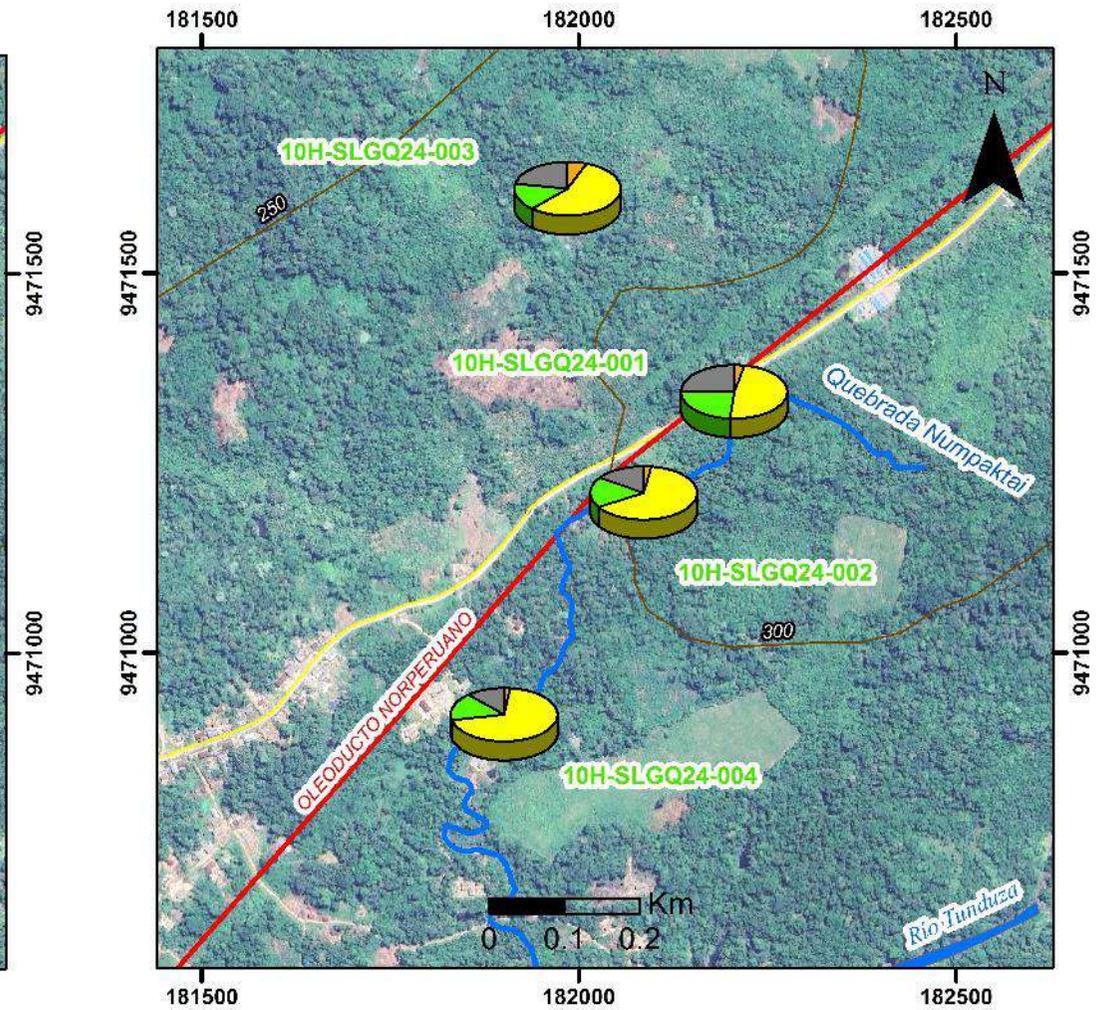
8.29

ABUNDANCIA DE ELEMENTOS METÁLICOS

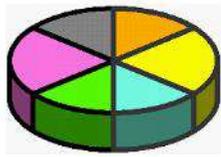
SUELOS SUPERFICIALES



SUELOS PROFUNDOS



MUESTRAS SUPERFICIALES Y PROFUNDAS



| | | | |
|--|----------|--|----------|
| | As (ppm) | | Cr (ppm) |
| | Ba (ppm) | | Hg (ppm) |
| | Cd (ppm) | | Pb (ppm) |

SIMBOLOGÍA

| | |
|--|----------------------|
| | Oleoducto Norperuano |
| | Red Vial Nacional |
| | Curva de nivel |
| | Drenaje |

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

INSPECCIÓN TÉCNICA GEOAMBIENTAL POR DERRAME DE
 HIDROCARBUROS EN LA COMUNIDAD DE TUNDUZA - SANTA MARÍA
 DE NIEVA - CONDORCANQUI - DEPARTAMENTO DE AMAZONAS

ABUNDANCIA DE ELEMENTOS METÁLICOS

FIGURA
 MAPA

Escala 1/10000 Datum: UTM WGS 84 Zona: 18 Sur

8.30

8.2.2.7. Compuestos orgánicos en sedimentos

Para la evaluación de la calidad de los sedimentos se utilizó dos normas internacionales como valores de referencia las cuales son: El manual de usuario del Atlántico RBCA (para sitios impactados con petróleo en el Atlántico Canadiense) y la NCA-E (norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados en Ecuador); detallados en la tabla 8.12.

El muestreo de sedimentos fluviales consideró las recomendaciones establecidas en los estudios de geoquímica desarrollado por la Dirección de Recursos Minerales y Energéticos.



Figura 8.31. muestra de sedimentos. a) Ubicación de la muestra de sedimentos en la quebrada Numpaktain. b) Trampa hidráulica para la toma de muestra de sedimentos. C) Toma de muestra en frasco vidrio ámbar de 120 ml de boca ancha, para análisis químico por hidrocarburos totales.

De los resultados obtenidos de laboratorio y que se detallan en la tabla 8.12 y figura 8.34, se observa que la muestra 10H-SGQ24-001, situado en el foco del derrame de la tubería de petróleo, presenta valores de 1088.9 mg/kg para hidrocarburos totales de petróleo y de 2388 mg/kg para material extraíble del hexano (aceites y grasas), en ambos casos sobrepasan los niveles permisibles que establecen las normas RBCA (figura 8.21) y NCA-E (figura 8.34), respectivamente.

Tabla 8.12. Valores de hidrocarburos totales de petróleo (HTP) y de aceites y grasas (A&G), en suelos superficiales.

| Muestra | HTP | A & G | RBCA (mg/kg) | NCA-E (mg/kg) |
|--------------------|--------|-------|--------------|---------------|
| 1 (10H- SGQ24-001) | 1088.9 | 2388 | 500 | 500 |

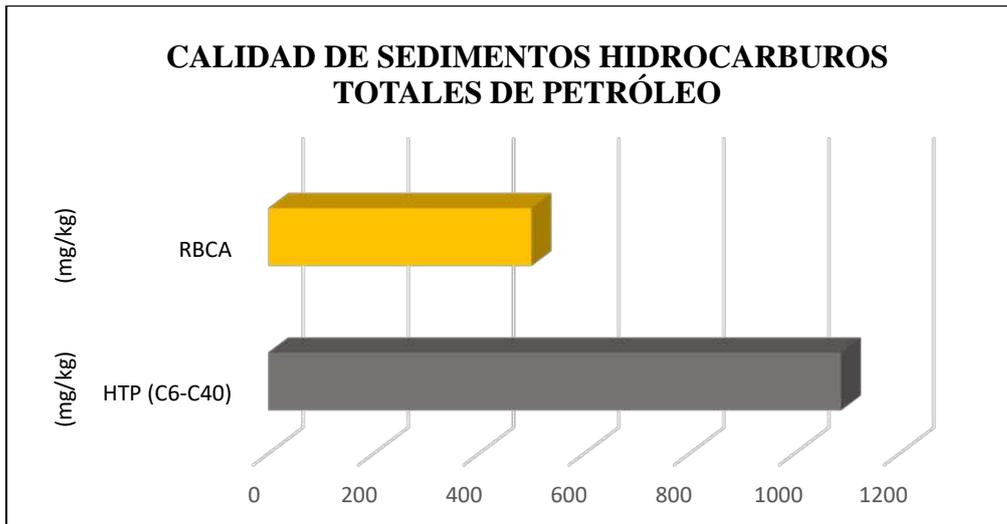


Figura 8.32. Niveles de Hidrocarburos totales de petróleo en muestra (10H-SGQ24-001) comparado con el máximo permisible de la norma RBCA.

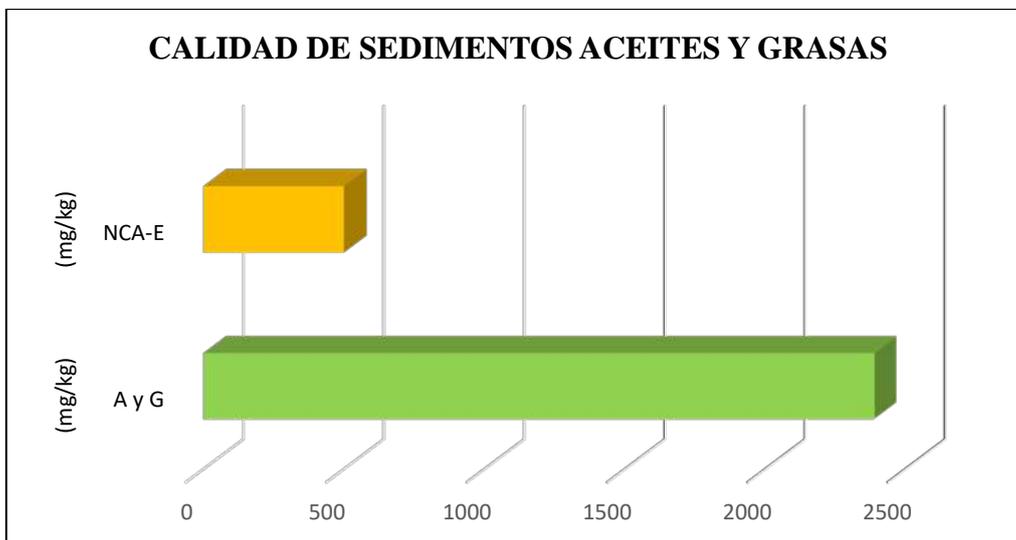
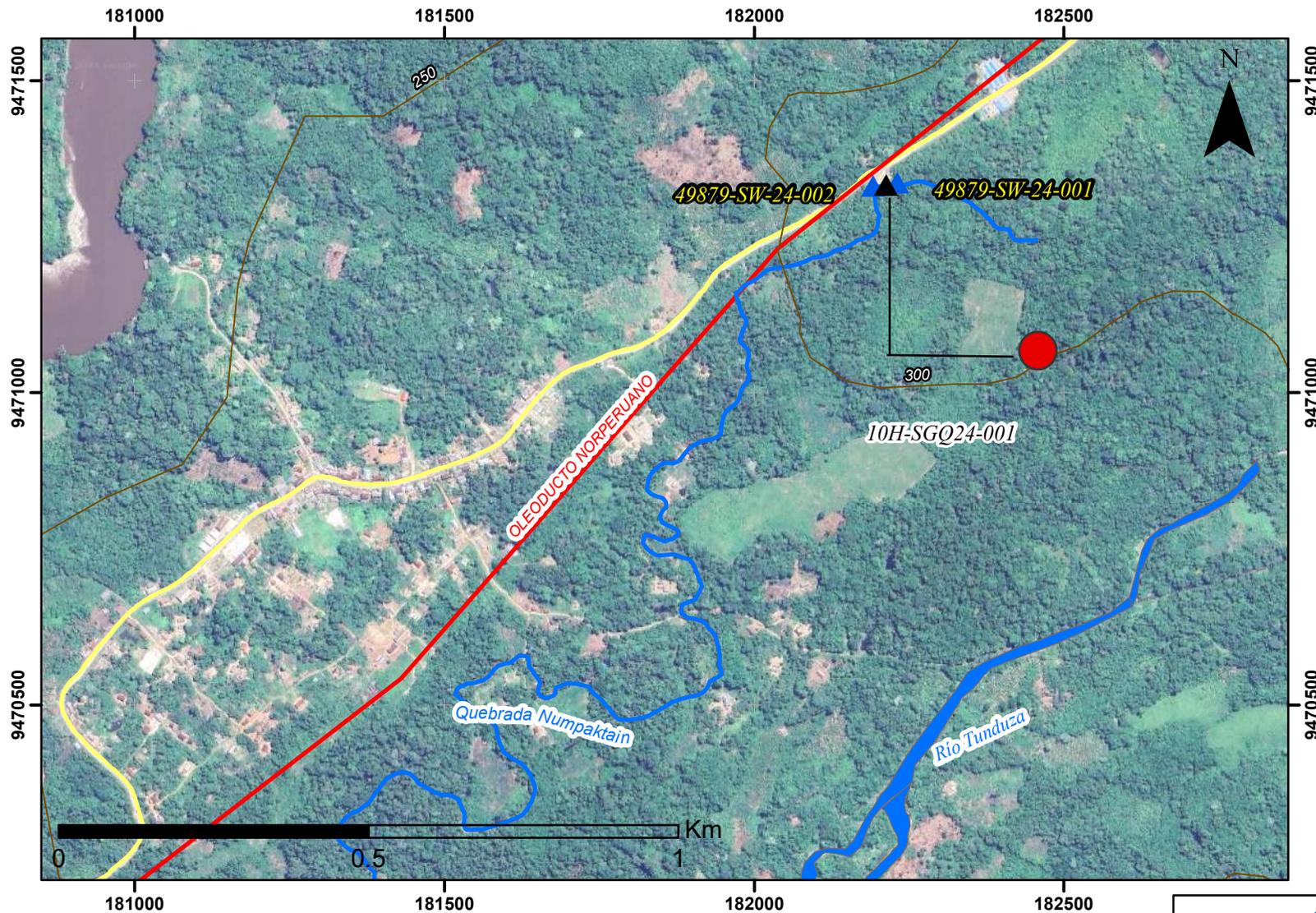


Figura 8.33. Niveles de aceites y grasas en muestra (10H-SGQ24-001) comparado con el máximo permisible de la norma NCA-E.



SIMBOLOGÍA

-  Muestreo de sedimentos
-  Muestra de Agua
-  Oleoducto
-  Red Vial Nacional
-  Drenaje

| MUESTRAS | HT (C4-C40) | ACEITES Y GRASAS |
|-----------------|--|---|
| 10h-SGQ24-001 | 1,088.90 mg/kg  | 2,388 mg/kg  |
| 49879-SW-24-001 | ... | ... |
| 49879-SW-24-002 | ... | 6.5 mg/l  |

LÍMITE PERMISIBLE (mg/kg)

-  Menor a ECA
-  Mayor a ECA

SECTOR ENERGÍA Y MINAS

 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

INSPECCION TÉCNICA AMBIENTAL POR DERRAME DE
 HIDROCARBUROS EN LA COMUNIDAD DE TUNDUZA - SANTA MARÍA
 DE NIEVA - CONDORCANQUI - DEPARTAMENTO DE AMAZONAS

| | |
|--|-------------------------------|
| ABUNDANCIA DE HIDROCARBUROS DE PETRÓLEO TOTALES, ACEITES Y GRASAS EN SEDIMENTOS | FIGURA MAPA 8.34 |
| Escala 1/40000 Datum: UTM WGS 84 Zona: 18 Sur | |

8.3. Interpretación geoquímica

Con respecto a la evaluación de la calidad de suelos, en la muestra 10H-SLGQ-005, situada cerca al foco de degradación, se observó que en las fracciones ligera (F1) y media (F2) de los hidrocarburos, se obtuvieron valores por debajo del límite de detección; sin embargo, solo se obtuvo resultados en la fracción F3, la cual se caracteriza por ser una fracción pesada y que posiblemente por eso tenga escasa movilidad. En esta misma línea, el parámetro fracción de hidrocarburos (F2 y F3) de las tres muestras superaron el ECA para suelos de uso agrícola. Sin embargo, se aprecia que en la muestra 10H-SLGQ-006 (situada a una distancia intermedia al punto de derrame), los niveles de dichas fracciones son mayores con respecto a la muestra 10H-SLGQ-007. Contrastando con los resultados del parámetro aceites y grasas se observa que, en la muestra 10H-SLGQ-006, el contenido (15 593 mg/kg) sobrepasó por mucho el estándar de calidad, así como las concentraciones de las otras dos muestras. Dicho esto, la F2 al ser una fracción de peso medio, podría tener una mayor movilidad que la F1; de igual manera en los aceites y grasas.

La concentración de los metales en el suelo depende de factores edáficos, principalmente de su material parental y tipo de arcilla presente. Es por ello que, el elemento arsénico en las estaciones de muestreo 10H-SLGQ24-001, 10H-SLGQ24-002 y 10H-SLGQ24-004 que están cercanas a la fuente del derrame de petróleo no sobrepasa el límite de detección; pero en la estación 10H-SLGQ24-003 que se encuentra alejada de dicha fuente, se observan niveles de 4.11 mg/kg y 4.98 mg/kg. Esto podría deberse al cambio en la composición parental del suelo que se ve expuesta a factores antrópicos. También se puede observar que en la estación 3 los valores de cromo y plomo son mayores que en las otras dos estaciones.

Los niveles de cadmio y mercurio se encuentran por debajo del límite de detección. Adicionalmente, los contenidos de arsénico, bario, cromo y plomo de las muestras colectadas no sobrepasan el límite permisible para uso de suelos agrícolas establecidos por el ECA.

No se logró determinar si los valores que presentan los seis elementos traza evaluados en las muestras de suelo extraídas se pueden deber a valores de fondo o estar ligados al derrame de petróleo; debido a que falta información parental de dichos suelos.

Por último, en la evaluación de la calidad de sedimentos (10H-SGQ24-001), tanto como en el parámetro hidrocarburos totales de petróleo (HTP) y material extraíble al hexano (aceites y grasas), se superaron los valores de referencia descritos en el RBCA Y NCA-E. Esto podría deberse a que dicha muestra se extrajo muy cerca de la fuente de degradación y estos compuestos se adhirieron a los sedimentos de la quebrada Numpatkain.

9. HIDROQUÍMICA GEOAMBIENTAL

Se tomaron en total 04 muestras, de las cuales en 1 se realizó control y aseguramiento de calidad (QA/QC) en trabajos de campo como de los resultados analíticos. Las características físico-químicas medidas in situ así como la composición química se detallará a continuación. Para un mejor análisis se verá la evolución de las muestras desde el punto aguas arriba de punto de derrame en la quebrada Numpatkain hasta la estación tomada cerca de la desembocadura del río Tunduzá hacia el río Nieva. La información de puntos de muestreo se muestra en la tabla 9.1, la ubicación asociada a la presencia de hidrocarburo en campo se muestra en la figura 9.6.

De las 04 estaciones, en 02 (49879-24-SW-002 y 49879-24-SW-003) se tomaron muestras de aguas para ser analizadas por 06 análisis químicos (alcalinidad, aniones, metales totales, metales disueltos, aceites y grasas e hidrocarburos totales), estos corresponden a las zonas donde se observaron películas de hidrocarburos y/o sustancias aceitosas; mientras que en la estación 49879-24-SW-001 ubicada aguas arriba de la estación 49879-24-SW-002 (foco de contaminación), de la Quebrada Numpatkain (P1) y la muestra 49879-24-SW-004 en el Río Tunduzá (P4) fueron analizadas por 04 análisis químicos (alcalinidad, aniones, metales totales y metales disueltos).

Tabla 9.1. Ubicación de las estaciones de muestreo

| N° | Código | Cauce | Coordenadas XY | | Cota msnm | Observación | Tipos de Análisis |
|----|-----------------|---------------------|----------------|---------|--------------|--|--|
| | | | Este | Norte | | | |
| P1 | 49879-24-SW-001 | Quebrada Numpatkain | 182231 | 9471337 | 256 | Aguas arriba del foco contaminante | alcalinidad, aniones, metales totales, metales disueltos |
| P2 | 49879-24-SW-002 | Quebrada Numpatkain | 182192 | 9471331 | 254 | Foco contaminante | alcalinidad, aniones, metales totales, metales disueltos, aceites y grasas e hidrocarburos totales |
| P3 | 49879-24-SW-003 | Río Tunduzá | 180438 | 9471131 | 197 | Antes de su confluencia con el Río Nieva | alcalinidad, aniones, metales totales, metales disueltos, aceites y grasas e hidrocarburos totales |
| P4 | 49879-24-SW-004 | Río Tunduzá | 180775 | 9469734 | 200 | Antes de su unión con la Quebrada Numpatkain | alcalinidad, aniones, metales totales, metales disueltos |

49879-24-SW-001: Este punto corresponde a la Quebrada Numpatkain ("río de sangre o río sangroso"), tomado a 50 metros aguas arriba de la estación 49879-24-SW-002, ver figura 9.1.



Figura 9.1. Toma de muestras de agua para análisis químico (alcalinidad, aniones, metales totales y metales disueltos)

49879-24-SW-002: Estación ubicada en la Quebrada Numpatkain, a la altura del Punto Cero (foco contaminante por derrame de hidrocarburos), se observan películas de hidrocarburos, sustancias aceitosas y pastosas, y a los márgenes de la quebrada también se observa el sedimento con presencia de hidrocarburos (muestra 10H-SGQ24-001), ver figura 9.3.



Figura 9.2. Punto cero (foco de contaminación por derrame de hidrocarburos).



Figura 9.3. Toma de muestras de agua en el punto 2 para análisis químico (alcalinidad, metales totales y disueltos, aceites y grasas e hidrocarburos totales de petróleo).

49879-24-SW-003: Este punto corresponde al Río Tunduzá antes de su confluencia con el Río Nieva, este punto se encuentra a unos 3 km aguas abajo del Punto Cero (donde ocurrió el derrame de hidrocarburos), se observan películas de hidrocarburos en la superficie del río, asimismo sustancias aceitosas; conforme se realizó un recorrido con embarcación fluvial se vio a lo largo de la travesía dicha contaminación, a pesar que el siniestro ocurrió en mayo del 2023, los remanentes y pasivos ambientales persisten en las aguas del río, ver figura 9.4.



Figura 9.4. Toma de muestras de agua en el punto 3 para análisis químico (alcalinidad, aniones, metales totales y metales disueltos)

49879-24-SW-004: Este punto corresponde al Río Tunduzá antes de su confluencia con la Quebrada Numpatkain (quebrada afectada por el derrame de hidrocarburos), este punto se encuentra a 2km aguas arriba del punto de intersección con la quebrada Numpatkain, ver figura 9.5



Figura 9.5. Toma de muestras de agua en el punto 2 para análisis químico (alcalinidad, metales totales y disueltos, aceites y grasas e hidrocarburos totales de petróleo).

Las muestras corresponden a puntos elegidos con el fin de observar la variabilidad y posibles impactos en el cambio composicional de las aguas superficiales, principalmente se revisará los cambios de concentración en hidrocarburos totales.

Los parámetros físico-químicos medidos in situ fueron temperatura del agua ($^{\circ}\text{C}$), Potencial de Hidrógeno (pH- adimensional), pH en mV, Conductividad Eléctrica (CE – $\mu\text{S}/\text{cm}$), Potencial de Óxido Reducción (ORP – mV), Sólidos disueltos totales (TDS – ppm), Salinidad (SAL – PSU), Resistividad (Res – Kohm/cm). El análisis químico se realizó en el laboratorio acreditado SGS del Perú S.A.C.

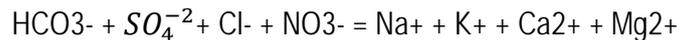


Figura 9.6. Ubicación de puntos de muestreo con y sin presencia de hidrocarburos asociado a sus análisis en la comunidad nativa Tundusa por derrame de petróleo en el Km 358+835 del tramo II del ONP.

9.1. Análisis Hidroquímico

A partir de los datos químicamente consistentes (en los cuales se realizó el QA/QC), fue posible obtener el comportamiento químico de las diferentes estaciones de muestreo, clasificadas con relación a su contenido de iones principales y mayoritarios; el análisis Hidroquímico nos permite entender su comportamiento espacial y determinar posibles fuentes de contaminación, y adición de un u otro elemento a la composición química de dichas muestras.

En el análisis químico de agua, de acuerdo con Penn (1976) se debe cumplir que la suma de equivalentes de aniones ha de ser igual a la de cationes. De no ser así, se puede tratar de un error analítico, o que no se ha determinado algún ion mayoritario. Normalmente se cumple que:



En la práctica, no existe una coincidencia total, consecuencia de los errores en las determinaciones de concentraciones de cada ion. El error de balance de un análisis químico viene dado por la expresión Custodio & Llamas., (1983):

$$\text{ERROR (\%)} = 200 \frac{\Sigma \text{ cationes} - \Sigma \text{ aniones}}{\Sigma \text{ cationes} + \Sigma \text{ aniones}}$$

Sen (2015) es más flexible y propone la misma expresión, pero en porcentaje estricto (multiplicado por 100 en lugar de 200). El error admisible está en función del tipo de análisis y de las concentraciones, y es mayor cuanto mayor es el contenido salino total y viceversa. En la zona de estudio, se realizó un balance iónico de los iones mayoritarios para calcular el porcentaje de error del balance (% Error de balance iónico - EBI), se tiene como rangos +/-10% para ser considerado aceptable. Del cálculo se obtuvo que para los puntos 49879-24-SW-001 Y 49879-24-SW-002 el porcentaje EBI se encuentra dentro del rango establecido, sin embargo 49879-24-SW-003 y 49879-24-SW-004 superan este porcentaje debido a la menor conductividad eléctrica es posible que se genere que el porcentaje EBI esté fuera pero no superando el 30% de variación en valor absoluto.

9.1.1. Iones Mayoritarios

En las aguas naturales, las sustancias disueltas están esencialmente en forma iónica; existen unos pocos iones que constituyen el grueso de la mineralización, iones mayoritarios, conformados principalmente por los cationes (calcio, magnesio, sodio y potasio) y los aniones (bicarbonatos, carbonatos, sulfatos y cloruros). Los valores de concentraciones de los iones están en miliequivalentes litro (meq/l) y se usan cuando se quiere analizar químicamente el agua mediante reacciones.

A continuación, se hace una descripción breve del comportamiento de iones mayoritarios en la zona de estudio, ver figura 9.7.

Se observa, que existen cambios significativos entre el punto 49879-24-SW-001 y 49879-24-SW-002, este último se encuentra aguas abajo y es donde se produjo el derrame de hidrocarburos, en el primero las aguas tiene mayor concentración de iones Ca^{+2} y SO_4^{-2} , en la segunda existe un cambio significativo, una reducción de SO_4^{-2} , y un incremento significativo de los iones Cl^- y K^+ , es posible que estas variaciones se deban al derrame de hidrocarburos; sin embargo las bajas concentraciones y conductividades eléctricas muy inferiores no permiten una determinación exacta. Los puntos 49879-24-SW-004 y 49879-24-SW-003 tienen una mayor concentración de iones bicarbonatos conservando valores ligeramente altos de Cl^- y K^+ .

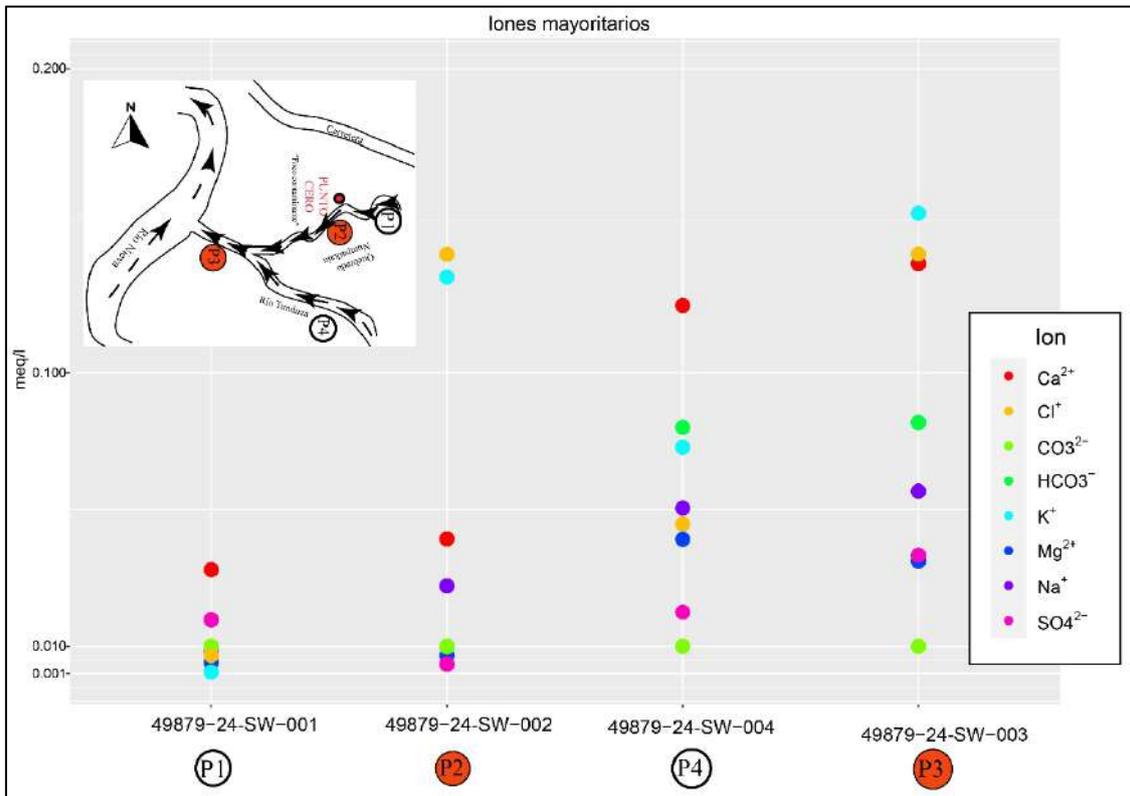


Figura 9.7. Variación de iones mayoritarios en la zona de Tunduzá

9.1.2. Facies Hidroquímicas

Las estaciones de muestreo fueron clasificadas según el contenido de aniones (bicarbonato, carbonato, sulfato, cloruro) y cationes (calcio, magnesio, sodio y potasio), y la predominancia de los estos; en base a esta clasificación de Piper (figura 9.8) se observó la presencia de 3 familias o facies predominantes: Para el punto 49879-24-SW-001 presenta aguas Sulfatada-Cálcica, el punto 49879-24-SW-002 presenta aguas cloruradas potásicas al igual que el 49879-24-SW-003, finalmente el punto 49879-24-SW-004 presenta aguas Bicarbonatadas-Cálcica.

Tabla 9.2. Clasificación de Familias Hidroquímicas

| N° | Código | Cauce | DOMINANTE | | FAMILIA/FACIE HIDROQUÍMICA |
|----|-----------------|---------------------|--------------|--------|-------------------------------|
| | | | ANIÓN | CATIÓN | |
| 1 | 49879-24-SW-001 | Quebrada Numpatkain | SO_4^{-2} | Ca | Sulfatada-Cálcica |
| 2 | 49879-24-SW-002 | Quebrada Numpatkain | Cl | K | Clorurada-Potásica |
| 3 | 49879-24-SW-003 | Río Tundunza | Cl | K | Clorurada-Potásica |
| 4 | 49879-24-SW-004 | Río Tundunza | HCO_3^{-1} | Ca | Bicarbonatada-Cálcica |

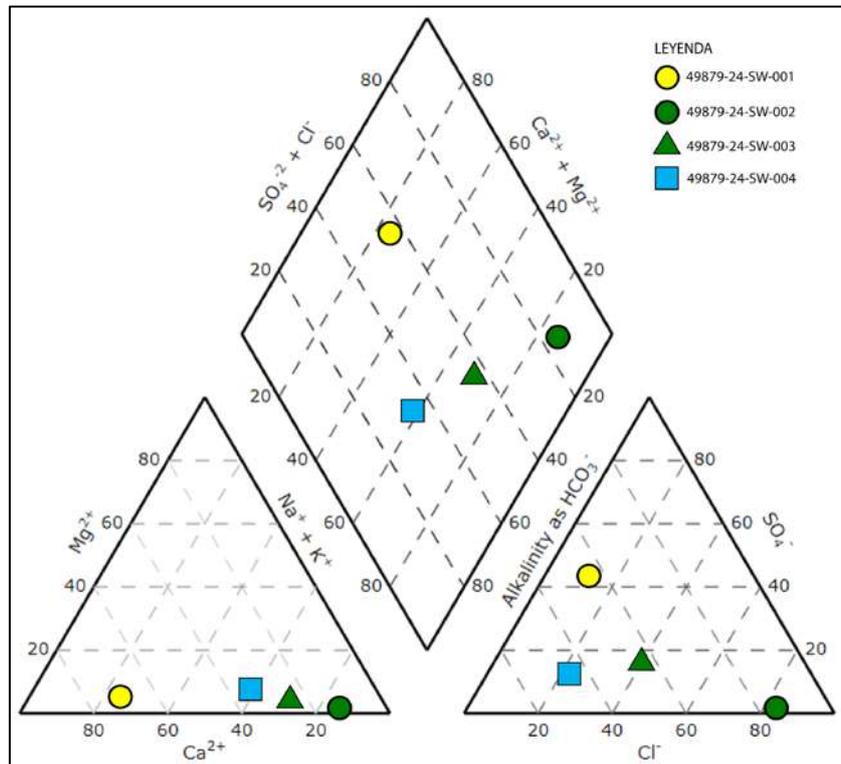


Figura 9.8. Diagrama de Piper de las estaciones de muestreo en Tunduzá

El análisis hidroquímico realizado en base al diagrama de Gibbs (figura 9.9), diagrama que relaciona la variación iónica con la salinidad en aguas naturales. Gibbs (1970) menciona que existen 03 grandes procesos que determinan la composición de las aguas: la precipitación atmosférica, el dominio de las rocas y evaporación-evapoconcentración; basados en esta clasificación observamos que las características iónicas y salinidad de las estaciones de muestreo en su mayoría se encuentran asociadas a dominancia de precipitación debido a que son aguas de zonas tropicales, adicionalmente en la figura 9.10 se observa que las aguas en la zona de estudio pertenecen a flujos locales.

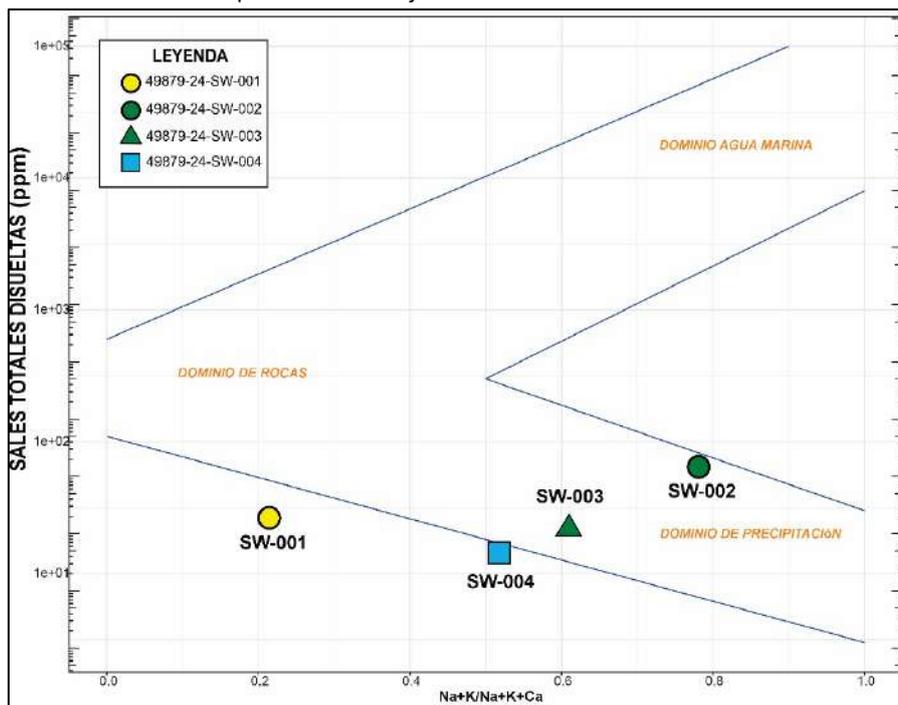


Figura 9.9. Diagrama de Gibbs de las estaciones de muestreo en la zona de Tunduzá

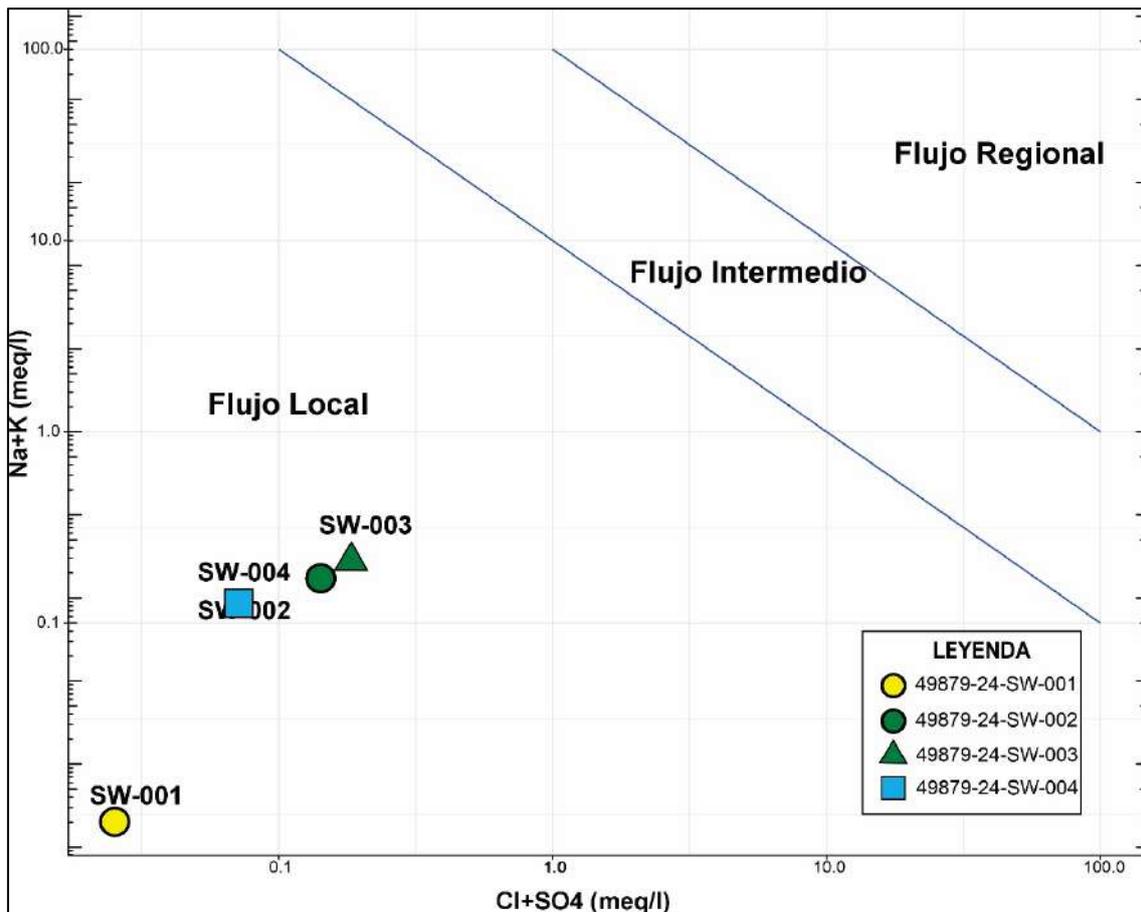


Figura 9.10. Diagrama de Flujos de las estaciones de muestreo en la zona de Tunduza

9.2. Análisis de Calidad

Este análisis se realizó teniendo en cuenta los cauces o afluentes, para poder observar la dinámica y el impacto de unos con otros. En base a la clasificación de cuerpos de agua continentales y marinos realizados por la Autoridad Nacional del Agua – ANA (tabla 9.3) los cauces de los principales afluentes de esta cuenca se encuentran clasificados en la categoría 4, según su uso y ubicación, sin embargo, basados en el uso principal del recurso hídrico observado durante los trabajos de campo, se considerará lo siguiente:

- Categoría 1: Población y Recreacional
 - o Subcategoría A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional
- Categoría 3: Riego de vegetales y bebidas de animales (tabla 9.4)
 - o Subcategoría D1: Riego de vegetales.
 - o Subcategoría D2: Bebida de animales.
- Categoría 4: Conservación del ambiente acuático (tabla 9.5)
 - o Subcategoría E2: Ríos de la Selva

Tabla 9.3. Categoría 1: Poblacional y Recreacional
 Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

| Parámetros | Unidad de medida | A1 | A2 | A3 |
|---|------------------|---|---|---|
| | | Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección | Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional | Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado |
| FÍSICOS- QUÍMICOS | | | | |
| Aceites y Grasas | mg/L | 0,5 | 1,7 | 1,7 |
| Cloruros | mg/L | 250 | 250 | 250 |
| Conductividad | (μ S/cm) | 1 500 | 1 600 | ** |
| Nitratos (NO ₃ ⁻) (c) | mg/L | 50 | 50 | 50 |
| Nitritos (NO ₂ ⁻) (d) | mg/L | 3 | 3 | ** |
| Oxígeno Disuelto (valor mínimo) | mg/L | ≥ 6 | ≥ 5 | ≥ 4 |
| Potencial de Hidrógeno (pH) | Unidad de pH | 6,5 – 8,5 | 5,5 – 9,0 | 5,5 - 9,0 |
| Sólidos Disueltos Totales | mg/L | 1 000 | 1 000 | 1 500 |
| Sulfatos | mg/L | 250 | 500 | ** |
| Temperatura | °C | Δ 3 | Δ 3 | ** |
| Turbiedad | UNT | 5 | 100 | ** |
| INORGÁNICOS | | | | |
| Aluminio | mg/L | 0,9 | 5 | 5 |
| Antimonio | mg/L | 0,02 | 0,02 | ** |
| Arsénico | mg/L | 0,01 | 0,01 | 0,15 |
| Bario | mg/L | 0,7 | 1 | ** |
| Berilio | mg/L | 0,012 | 0,04 | 0,1 |
| Boro | mg/L | 2,4 | 2,4 | 2,4 |
| Cadmio | mg/L | 0,003 | 0,005 | 0,01 |
| Cobre | mg/L | 2 | 2 | 2 |
| Cromo Total | mg/L | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Hierro | mg/L | 0,3 | 1 | 5 |
| Manganeso | mg/L | 0,4 | 0,4 | 0,5 |
| Mercurio | mg/L | 0,001 | 0,002 | 0,002 |
| Molibdeno | mg/L | 0,07 | ** | ** |
| Níquel | mg/L | 0,07 | ** | ** |
| Plomo | mg/L | 0,01 | 0,05 | 0,05 |
| Selenio | mg/L | 0,04 | 0,04 | 0,05 |
| Uranio | mg/L | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| Zinc | mg/L | 3 | 5 | 5 |
| ORGÁNICOS | | | | |
| Hidrocarburos Totales de Petróleo (C ₈ - C ₄₀) | mg/L | 0,01 | 0,2 | 1,0 |

Tabla 9.4. Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

| Parámetros | Unidad de medida | D1: Riego de vegetales | D2: Bebida de animales |
|---|------------------|------------------------|------------------------|
| FÍSICOS- QUÍMICOS | | | |
| Aceites y Grasas | mg/L | 5 | 10 |
| Bicarbonatos | mg/L | 518 | ** |
| Cloruros | mg/L | 500 | ** |
| Conductividad | (μ S/cm) | 2 500 | 5 000 |
| Fluoruros | mg/L | 1 | ** |
| Nitratos (NO ₃ ⁻ -N) + Nitritos (NO ₂ ⁻ -N) | mg/L | 100 | 100 |
| Nitritos (NO ₂ ⁻ -N) | mg/L | 10 | 10 |
| Oxígeno Disuelto (valor mínimo) | mg/L | ≥ 4 | ≥ 5 |
| Potencial de Hidrógeno (pH) | Unidad de pH | 6,5 – 8,5 | 6,5 – 8,4 |
| Sulfatos | mg/L | 1 000 | 1 000 |
| Temperatura | °C | Δ 3 | Δ 3 |

| Parámetros | Unidad medida | de | D1: Riego de vegetales | de | D2: Bebida de animales |
|--------------------|---------------|----|------------------------|----|------------------------|
| INORGÁNICOS | | | | | |
| Aluminio | mg/L | | 5 | | 5 |
| Arsénico | mg/L | | 0,1 | | 0,2 |
| Bario | mg/L | | 0,7 | | ** |
| Berilio | mg/L | | 0,1 | | 0,1 |
| Boro | mg/L | | 1 | | 5 |
| Cadmio | mg/L | | 0,01 | | 0,05 |
| Cobre | mg/L | | 0,2 | | 0,5 |
| Cobalto | mg/L | | 0,05 | | 1 |
| Cromo Total | mg/L | | 0,1 | | 1 |
| Hierro | mg/L | | 5 | | ** |
| Litio | mg/L | | 2,5 | | 2,5 |
| Magnesio | mg/L | | ** | | 250 |
| Manganeso | mg/L | | 0,2 | | 0,2 |
| Mercurio | mg/L | | 0,001 | | 0,01 |
| Níquel | mg/L | | 0,2 | | 1 |
| Plomo | mg/L | | 0,05 | | 0,05 |
| Selenio | mg/L | | 0,02 | | 0,05 |
| Zinc | mg/L | | 2 | | 24 |

Tabla 9.5. Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

| Parámetros | Unidad medida | de | E1: Lagunas y lagos | E2: Ríos | | E3: Ecosistemas costeros y marinos | |
|---------------------------------------|---------------|----|---------------------|----------------|-----------|------------------------------------|-----------|
| | | | | Costa y sierra | Selva | Estuarios | Marinos |
| FÍSICOS- QUÍMICOS | | | | | | | |
| Aceites y Grasas (MEH) | mg/L | | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 |
| Conductividad | (μ S/cm) | | 1 000 | 1 000 | 1 000 | ** | ** |
| Fósforo total | mg/L | | 0,035 | 0,05 | 0,05 | 0,124 | 0,062 |
| Nitratos (NO ₃) | mg/L | | 13 | 13 | 13 | 200 | 200 |
| Amoniaco Total (NH ₃) | mg/L | | (1) | (1) | (1) | (2) | (2) |
| Nitrógeno Total | mg/L | | 0,315 | ** | ** | ** | ** |
| Oxígeno Disuelto (valor mínimo) | mg/L | | ≥ 5 | ≥ 5 | ≥ 5 | ≥ 4 | ≥ 4 |
| Potencial de Hidrógeno (pH) | Unidad de pH | | 6,5 a 9,0 | 6,5 a 9,0 | 6,5 a 9,0 | 6,8 – 8,5 | 6,8 – 8,5 |
| Sólidos Suspendidos Totales | mg/L | | ≤ 25 | ≤ 100 | ≤ 400 | ≤ 100 | ≤ 30 |
| Sulfuros | mg/L | | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 |
| Temperatura | °C | | Δ 3 | Δ 3 | Δ 3 | Δ 2 | Δ 2 |
| INORGÁNICOS | | | | | | | |
| Antimonio | mg/L | | 0,64 | 0,64 | 0,64 | ** | ** |
| Arsénico | mg/L | | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,036 | 0,036 |
| Bario | mg/L | | 0,7 | 0,7 | 1 | 1 | ** |
| Cadmio Disuelto | mg/L | | 0,00025 | 0,00025 | 0,00025 | 0,0088 | 0,0088 |
| Cobre | mg/L | | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,05 | 0,05 |
| Cromo VI | mg/L | | 0,011 | 0,011 | 0,011 | 0,05 | 0,05 |
| Mercurio | mg/L | | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 |
| Níquel | mg/L | | 0,052 | 0,052 | 0,052 | 0,0082 | 0,0082 |
| Plomo | mg/L | | 0,0025 | 0,0025 | 0,0025 | 0,0081 | 0,0081 |
| Selenio | mg/L | | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,071 | 0,071 |
| Talio | mg/L | | 0,0008 | 0,0008 | 0,0008 | ** | ** |
| Zinc | mg/L | | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,081 | 0,081 |
| ORGÁNICOS | | | | | | | |
| Compuestos Orgánicos Volátiles | | | | | | | |
| Hidrocarburos Totales de Petróleo | mg/L | | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |

9.2.1. Parámetros Físico-químicos

La capacidad de disolvente que presenta el agua y la interacción con el medio (roca o suelo) causan que se cargue de diferentes iones y presente características propias y singulares, cambiando sus características físico-químicas como el pH, conductividad eléctrica, salinidad, temperatura, resistividad, entre otros.

Se verá de manera univariante los principales parámetros físico-químicos analizados en la zona.

La **temperatura (T)** es uno de los factores predominantes en el análisis de información hidroquímica, en la zona de estudio los valores de temperatura se encuentran alrededor de valores de temperatura estándar (25°C).

El **potencial hidrógeno (pH)** es una medida de la acidez del agua, se obtiene del inverso del logaritmo de la concentración de iones hidrógenos, es adimensional, y es 7 el valor que corresponde al pH neutro. Los valores de pH inferiores a 7 corresponden a medios ácidos y los valores superiores a 7 a medios básicos (o alcalinos). En las aguas naturales, el pH oscila generalmente entre 6.5 y 8 (Martínez et al., 2006).

La información obtenida en la quebrada Tunduzá muestra pH con valores de 4.10 y 4.11 en los puntos 49879-24-SW-001 y 49879-24-SW-002 estos son característicos de aguas ácidas.

En el río Tunduzá los valores de pH son 7.03 y 7.13 para los puntos 49879-24-SW-004 y SW-003, respectivamente, estos representan valores normales en las aguas.

La **conductividad eléctrica (CE)** es la capacidad que tiene el agua para conducir la corriente eléctrica, y depende de la cantidad, carga y movilidad de iones disueltos. La unidad de medida es microsiemens/cm (uS/cm), los cambios en el pH y la temperatura influyen en la solubilidad de las sales y por lo tanto en la conductividad eléctrica (Martínez et al., 2006). En nuestro caso los valores de conductividad son bajos, aunque se observa un aumento desde la estación SW-001 (con 50.60 uS/cm) a la estación 49879-24-SW-002 (con 123.00 uS/cm) casi duplicándose, posiblemente por la modificación de la calidad del agua debido al derrame de petróleo.

La **salinidad** es la concentración de los **sólidos totales disueltos (TDS)** en el agua o específicamente como la concentración total de minerales y/o sales inorgánicas disueltas en el agua. En estudios oceanográficos, es la medición de la cantidad de sales (en gramos) disueltas en 1000 g de agua de mar presentados en partes por mil (ppt). En el agua dulce, el contenido de sales debe ser menor a 0.5 ppt, las aguas salobres están comprendidas en el rango 0.5 - 30 ppt, las aguas saladas registran valores entre 30 - 50 ppt y las salmueras serán aquellas aguas con valores mayores a 50 ppt (Poehls & Smith., 2011). La salinidad actualmente es expresada en Unidades Prácticas de Salinidad (UPS ó PSU), adimensional y que corresponden exactamente al mismo valor de partes por mil (ppt = partes por miles). Los valores de salinidad representan una tendencia similar que los de resistividad, en este caso todas las aguas son clasificadas como aguas salobres, a excepción del punto 49879-24-SW-002 que posee la clasificación de agua salada, según Poehls, posiblemente debido a la modificación de la calidad de agua por el derrame de petróleo.

La **resistividad (K-ohm/cm)** está relacionada directamente con la cantidad de agua disuelta en el agua. Agua con alta concentraciones de sal tendrá baja resistividad, mientras que en bajas concentraciones la resistividad será alta. En la zona de estudio las estaciones 49879-24-SW-001, SW-003 y 49879-24-SW-004 están en los rangos normales de 100 ohm-cm a 10 000 ohm-cm, sin embargo, la muestra 49879-24-SW-002 (donde se produjo el derrame de hidrocarburos) presenta una resistividad ligeramente mayor a los valores normales con 81.0 ohm-cm, el petróleo es una sustancia no polar, y cuando se extiende sobre la

superficie del agua, forma una película delgada que puede alterar las propiedades eléctricas naturales del agua. Esta película puede crear vías para que la corriente eléctrica fluya más fácilmente, lo que conduce a un aumento en la conductividad, por ende, disminución de la resistividad. Además, el petróleo puede atrapar y disolver ciertos iones y contaminantes presentes en el agua, lo que puede aumentar aún más la conductividad.

El **potencial de óxido-reducción (ORP)** es importante para testear la calidad del agua, el ORP clasifica sustancias como agentes oxidantes o reductores y es medido en milivoltios (mV). La contaminación del agua tiende a incrementar con bajos valores de ORP y disminuye con altos valores de ORP. Generalmente la condición Ambiental se clasifica en óxica (390 a 120 mV), subóxica (120 a (-110) mV) y sulfurada (<-110). En este estudio todas las estaciones analizadas se encuentran dentro del rango de la zona óxica.

La **turbidez (NTU)** en agua es definida como la propiedad óptica que ocasiona la dispersión y absorción de la luz y es generada por los sólidos y partículas suspendidas en ella. A mayor turbidez en la muestra, mayor dispersión de luz. Las partículas suspendidas en el agua, absorben y mantienen el calor reduciendo así el oxígeno disuelto, sirven como barrera para los microorganismos contra los productos desinfectantes como el cloro y también ayudan a la adhesión de metales pesados y compuestos orgánicos tóxicos. En nuestro caso los valores de turbidez están condicionados al comportamiento del flujo de agua superficial en la selva, existe un incremento de turbidez entre la estación 49879-24-SW-001 y 49879-24-SW-002 desde 0.56 a 6.67 NTU. Sin embargo, existen valores mayores, la estación 49879-24-SW-003 presenta un máximo de 37.8 NTU debido a la naturaleza de sus aguas. Según la OMS (Organización Mundial para la Salud), la turbidez del agua para consumo humano no debe superar en ningún caso las 5 NTU, y estará idealmente por debajo de 1 NTU. En nuestro caso los puntos 49879-24-SW-002, 49879-24-SW-003 y 49879-24-SW-004 superan este valor.

Respecto a los Estándares de calidad ambiental en todas sus categorías los parámetros físico-químicos considerados solo el pH cae fuera de los estándares. En la Cat1 A2, Cat3 D1, Cat3 D2 y Cat4 E2. Dentro de estos el rango más grande corresponde a la Cat1 A2, la tabla 9.6 muestra los valores de pH, límites y cuales superan el ECA Aguas.

Tabla 9.6. Estaciones que superan los estándares de calidad ambiental agua físico-químicos

| N° | Código | pH | ECA | | | | Fuera del Límite |
|----|-----------------|------|---------|---------|---------|---------|------------------|
| | | | Cat1 A2 | Cat3 D1 | Cat3 D2 | Cat4 E2 | |
| 1 | 49879-24-SW-001 | 4.10 | 5.5-9.0 | | | | Si |
| 2 | 49879-24-SW-002 | 4.11 | | 6.5-8.5 | | | Si |
| 3 | 49879-24-SW-003 | 7.03 | | | 6.5-8.4 | | No |
| 4 | 49879-24-SW-004 | 7.13 | | | | 6.5-9.0 | No |

Las aguas ácidas de la Quebrada Numpatkain donde se encuentran los puntos 49879-24-SW-001 y 49879-24-SW-002, deben estos valores a su composición geológica natural no generándose por algún aspecto de contaminación ambiental. El color rojizo de estas aguas y el mismo nombre que en idioma nativo aguajum significa Quebrada de sangre (Numpa=sangre, Numpatkain= Quebrada de sangre) corrobora el aspecto natural ácido de estas aguas.

9.2.2. Parámetros Inorgánicos

Los elementos inorgánicos están referenciados por los metales totales y disueltos en aguas superficiales, se analizarán en este caso los elementos metálicos significantes. Se centrará más en los metales totales en agua debido a que sobre ellos se debe realizar la evaluación de estándares de calidad ambiental (ECA). Los metales que se encuentran registrados en los ECAs mencionados anteriormente son Al, Ba, Cd, Co, Cu, Fe, Li, Mg, Mn, As, Cr, Ni, Pb, Zn, Sb, Be, B, U, Hg, Mo, Se y Ta. El orden mostrado anteriormente corresponde al orden de elementos cuyos valores se han ordenado acorde a si han sido detectados por el análisis de laboratorio o no, dentro de estos el Hg, Mo, Se y Ta no presenta valores detectados (todos están debajo de los valores de detección en todos los puntos). El Al, Ba, Cd, Co, Cu, Fe, Li, Mg y Mn presentan valores detectados en todos los puntos. Adicionalmente, el As, Cr, Ni, Pb, Zn, Sb, Be, B y U presentan valores detectados y no detectados en diferentes puntos y en el orden citado de mayor a menor. En la tabla 9.7 se muestra el parámetro, la cantidad de valores no detectados y detectados en la zona de Tunduzá y los puntos de detección o no detección.

Tabla 9.7. Estaciones que superan los estándares de calidad ambiental para agua (n=cantidad)

| Parámetro | No detectado (n) | Detectado (n) | Observación |
|-----------|------------------|---------------|---|
| Al | 0 | 4 | Todos detectados |
| Ba | 0 | 4 | Todos detectados |
| Cd | 0 | 4 | Todos detectados |
| Co | 0 | 4 | Todos detectados |
| Cu | 0 | 4 | Todos detectados |
| Fe | 0 | 4 | Todos detectados |
| Li | 0 | 4 | Todos detectados |
| Mg | 0 | 4 | Todos detectados |
| Mn | 0 | 4 | Todos detectados |
| As | 1 | 3 | 49879-24-SW-002 no detectado |
| Cr | 1 | 3 | 49879-24-SW-001 no detectado |
| Ni | 1 | 3 | 49879-24-SW-004 no detectado |
| Pb | 1 | 3 | 49879-24-SW-004 no detectado |
| Zn | 2 | 2 | 49879-24-SW-001 y 49879-24-SW-004 no detectados |
| Sb | 3 | 1 | 49879-24-SW-002 detectado |
| Be | 3 | 1 | 49879-24-SW-003 detectado |
| B | 3 | 1 | 49879-24-SW-004 detectado |
| U | 3 | 1 | 49879-24-SW-003 detectado |
| Hg | 4 | 0 | Ninguno detectado |
| Mo | 4 | 0 | Ninguno detectado |
| Se | 4 | 0 | Ninguno detectado |
| Ta | 4 | 0 | Ninguno detectado |

Respecto a las comparaciones con los estándares de calidad, se probó si el mínimo límite es superado encontrándose en la zona del derrame de Tunduzá que respecto a elementos metálicos ninguno supera los ECAs en las categorías mencionadas analizadas. Los valores son relativamente bajos y no presenta un daño potencial al funcionamiento integrado de la zona para los elementos analizados y citados, tales elementos metálicos totales en mg/l son: Al, Ba, Cd, Co, Cu, Fe, Li, Mg, Mn, As, Cr, Ni, Pb, Zn, Sb, Be, B y U.

9.2.3. Parámetros Orgánicos (Hidrocarburos Totales de Petróleo)

Aceites y grasas, este término se aplica a una amplia variedad de sustancias orgánicas que son extraíbles de solución o suspensión acuosa con hexano o triclorotrifluoroetano (freón); estos son ésteres del glicerol con ácidos grasos. Los principales compuestos disueltos por estos solventes son hidrocarburos, ésteres, aceites, ceras y ácidos grasos de alto peso molecular. Una de las principales fuentes modificadores del agua son los hidrocarburos.

La tabla 9.8 muestra los límites en los estándares de calidad ambiental considerados para aceites y grasas y la tabla 9.9, para hidrocarburos totales de petróleo.

Tabla 9.8. Estaciones comparadas con los estándares de calidad ambiental en aceites y grasas

| N° | Código | Aceites y grasas (mg/l) | Supera ECA | | | | Fuera del Límite |
|----|-----------------|-------------------------|------------|---------|---------|---------|------------------|
| | | | Cat1 A2 | Cat3 D1 | Cat3 D2 | Cat4 E2 | |
| 1 | 49879-24-SW-001 | | 1.7 | | | | No analizado |
| 2 | 49879-24-SW-002 | 6.1 | | 5 | | | Si |
| 3 | 49879-24-SW-003 | <0.2 | | | 10 | | No |
| 4 | 49879-24-SW-004 | | | | | 5 | No analizado |

Tabla 9.9. Estaciones comparadas con los estándares de calidad ambiental en HTP

| N° | Código | Hidrocarburos Totales de Petróleo (mg/l) | Supera ECA | | | | Fuera del Límite |
|----|-----------------|--|------------|---------|---------|---------|------------------|
| | | | Cat1 A2 | Cat3 D1 | Cat3 D2 | Cat4 E2 | |
| 1 | 49879-24-SW-001 | | 0.2 | | | | No analizado |
| 2 | 49879-24-SW-002 | <0.003 | | | | | No |
| 3 | 49879-24-SW-003 | <0.003 | | | | | No |
| 4 | 49879-24-SW-004 | | | | | 0.5 | No analizado |

El punto 49879-24-SW-002 super el ECA en aceites y grasas, según EPA 1664 método gravimétrico con alcance para Aceites y grasas, se señala que este grupo de compuestos están incluidos en los HTP en la determinación de este ensayo. Es decir, los hidrocarburos forman parte de los aceites y grasas, como se cita "*Extractable materials that may be determined are relatively non-volatile hydrocarbons, vegetable oils, animal fats, waxes, soaps, grases, and related materials*", demostrando que la existencia de aceites y grasas determina la existencia de petróleo en la zona de estudio. Adicionalmente, es posible en la estación de muestreo 49879-24-SW-003 el valor de aceites y grasas debajo del límite de detección se deba a la no homogeneidad de los contaminantes orgánicos, en el documento EPA 1664 método gravimétrico con alcance para aceites y grasas se menciona la naturaleza no homogénea y su distribución no uniforme, motivo por el cual puede adherirse a distintas superficies en la zona de estudio y no ser detectado en la muestra de agua enviada al laboratorio.

9.2.4. Calidad de agua para riego

Para evaluar la calidad de agua para riego se revisó parámetros basados en Şen., (2014) y Li et al. (2014) dentro de estos se calculó los índices, ver la tabla 9.10. Cabe aclarar, que dentro de los parámetros para el análisis no se consideran la presencia de hidrocarburos totales, aceites y grasas de petróleo, por lo que la calidad de agua para riego es solo centrada en los parámetros establecidos según la tabla 9.10.

Tabla 9.10. Parámetros calculados para calidad de riego

| Parámetro | Unidad | 49879-24-SW-001 | 49879-24-SW-002 | 49879-24-SW-003 | 49879-24-SW-004 |
|-----------|--------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| T | °C | 24.80 | 24.80 | 26.00 | 24.80 |
| SH(EC) | uS/cm | 50.60 | 123.10 | 44.40 | 26.40 |
| TDS | mg/l | 25.31 | 60.98 | 22.21 | 13.40 |
| Na% | % | 19.56 | 75.62 | 55.35 | 44.19 |
| ph | * | 4.10 | 4.11 | 7.03 | 7.13 |
| SAR | * | 0.06 | 0.19 | 0.21 | 0.19 |
| RSC | meq/L | -0.02 | -0.03 | -0.08 | -0.07 |
| TH | meq/L | | | | |
| MH | % | 11.59 | 12.97 | 21.25 | 26.31 |
| PI | % | 217.22 | 60.49 | 90.81 | 115.35 |
| KR | * | 0.20 | 0.57 | 0.35 | 0.34 |
| PS | meq/L | 0.02 | 0.14 | 0.16 | 0.06 |
| K | * | 0.37 | 0.94 | 0.48 | 0.36 |
| Ka | * | | | | |

T: Temperatura; SH(EC): peligro por salinidad (conductividad eléctrica); TDS: sólidos totales disueltos; Na%: porcentaje de sodio; ph: potencial de hidrógeno; SAR: ratio de adsorción de sodio; RSC: carbonato sodio residual; TH: dureza total; MH: peligro por magnesio; PI: índice de permeabilidad; KR: Kelley's radio; K: coeficiente sintético de daño; Ka: coeficiente de irrigación; * = adimensionales

Uno de los factores predominantes es la **temperatura (T)**, en la zona de estudio los valores de temperatura se encuentran alrededor de valores de temperatura estándar (25°C).

Los **TDS** están compuestos del residuo sólido constituido principalmente por elementos inorgánicos y pequeñas cantidades de material orgánico. La clasificación del **TDS** se da por su rango valores menores a 200 mg/l se consideran agua dulce, entre 200 y 500 mg/l agua salobre, de 500 a 1500 mg/l agua salina y mayor a 15000 mg/l son salmueras. En nuestro caso los valores de **TDS** están debajo de 200mg/k por lo cual el agua es dulce en la zona de estudio.

Las raíces de las plantas no pueden absorber suficiente agua para cumplir con los metabolismos requeridos si existen altos valores de salinidad, debido a esto se mide el **SH** por el **EC**. Altos valores de **EC** pueden crear un fallo en las plantas similar a una sequía. La clasificación del **SH(EC)** se indica basado en clase **SH**, **EC** (uS/cm) y la calidad de agua reflejada: (1) C1 = **EC** (uS/cm) <250: Excelente, (2) C2 = **EC** (uS/cm) 250-750: Buena, (3) C3 = **EC** (uS/cm) 750-2250: Incierto, y (4) C4 = **EC** (uS/cm) >2250: Inadecuada. En nuestro caso la clasificación de **SH** todas las estaciones de muestreo son de excelente calidad.

El **Na%** es un indicador de peligro por sodio. Altos valores de **Na%** pueden crear grandes impactos negativos, reduciendo la estructura, aireación y filtración (permeabilidad) en el suelo. La clasificación es la **Na%** y calidad de agua: (1) **Na%**<20: Excelente; (2) **Na%** 20-40: Buena; (3) **Na%** 40-60: Permisible; **Na%** 60-80: Incierto y **Na%**>80: Inadecuada. La estación **49879-24-SW-001** es clasificado como excelente, las estaciones **49879-24-SW-003** y **49879-24-SW-004** son clasificados como buenos. El único punto con un valor de 75.62%, siendo el máximo se encuentra en la zona de derrame siendo clasificado como permisible.

El **ph** indica la fuerza que tiene el agua a interactuar con materiales ácido o alcalinos presentes en aguas. Este provee información vital para muchos tipos de equilibrios geoquímicos o cálculos de solubilidad. El **ph** es clasificado según su valor: (1) 3-3.5 agua muy ácida; (2) 3.5-5.5 agua ácida; (3) 5.5-6.8 agua ligeramente ácida; (4) 6.8-7.2 agua neutra; (5) 7.2-8.5 agua ligeramente alcalina y (6) >8.5 agua alcalina. En nuestro caso las aguas de la quebrada Numpaktain son clasificadas como ácidas mientras que las aguas del río Tunduzá son categorizadas como agua neutra.

El SAR caracteriza el peligro por sodio, lo cual puede reducir la permeabilidad, y como consecuencia inhibir la absorción de agua para los cultivos. La clasificación basada para SAR: excelente ($SAR < 10$), bueno ($10 < SAR < 18$), incierto ($18 < SAR < 26$), e inadecuado ($SAR > 26$). SAR en las estaciones de muestreo es clasificado como excelente.

De la información obtenida se procesó la data según la norma de Riverside para evaluar la calidad de agua para riego (U.S. Soil Salinity Laboratory) y determinar el índice SAR (Relación de absorción de Sodio). Se observó que todas las estaciones se encuentran clasificadas como C1-S1 agua de baja salinidad, apta para el riego en todos los casos. Pueden existir problemas sólo en suelos de muy baja permeabilidad y con bajo contenido en sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos, ver figura 9.11 y 9.12.

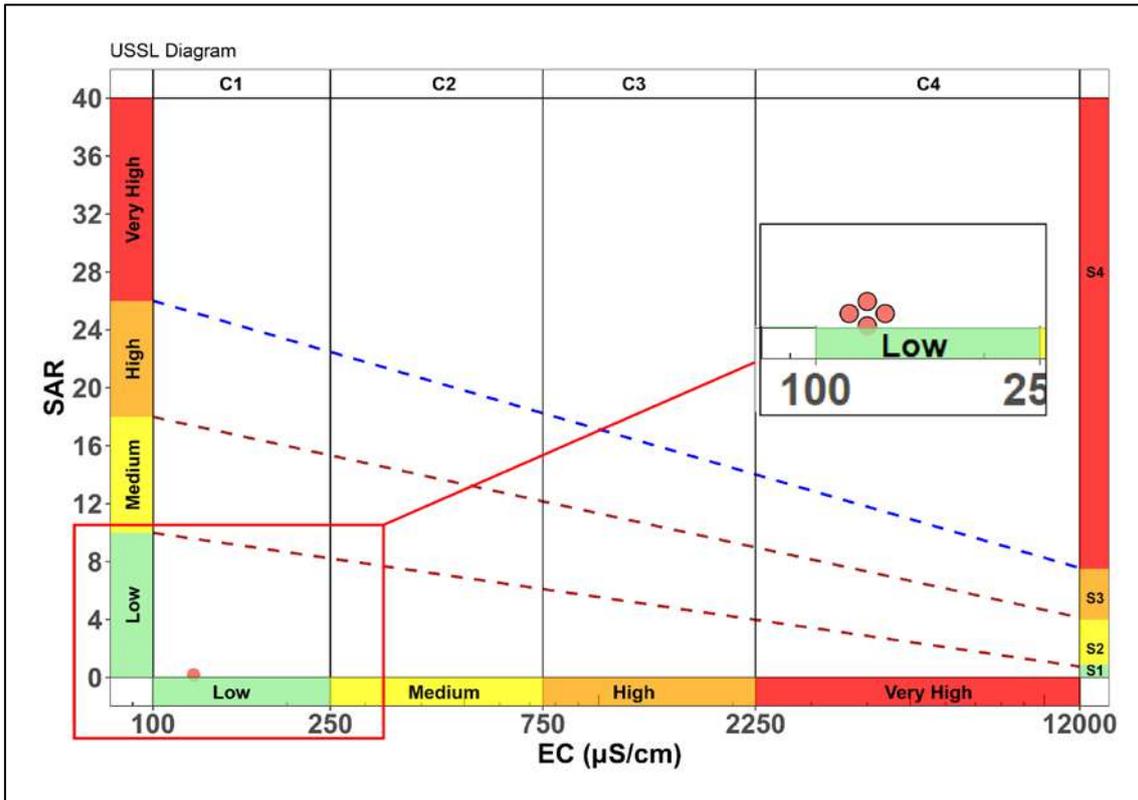


Figura 9.11. USSSL Diagrama para evaluación de calidad de agua de riego

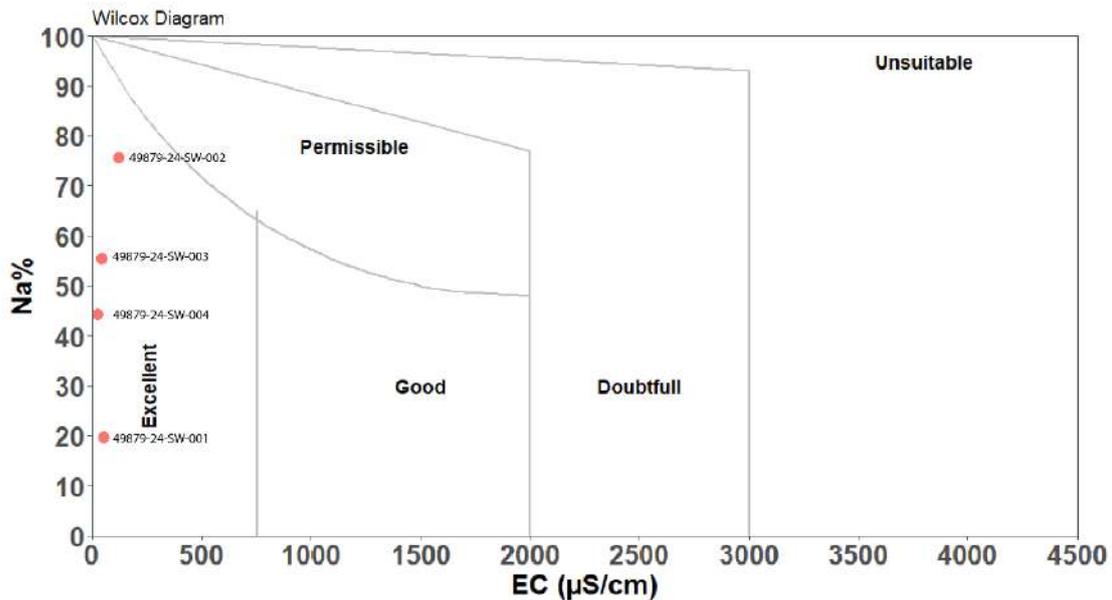


Figura 9.12. Diagrama Wilcox para la evaluación de la calidad de agua de riego

RSC mide la relación entre la suma de carbonato y bicarbonatos y la suma de calcio y magnesio. Valores de RSC altos pueden convertir el suelo mediante el agua en terreno infértil debido a la exposición de carbonato de sodio. El RSC en meq/L y calidad de agua es clasificado según: (1) <1.25: Buena, 1.25-2.50: Incierto y >2.50: Inadecuado. En nuestro caso los valores de RSC son clasificados como buenos.

TH es una propiedad importante que depende principalmente de la presencia de alcalinos térreos Ca^{+2} y Mg^{+2} . La dureza de agua es expresada como TH y es clasificada según 0-75 ppm agua suave, 75-150 ppm agua moderadamente dura, 150-300 ppm agua dura y >300 ppm agua muy dura. Según los valores obtenidos en la zona de estudio el agua en todas las estaciones de muestreo es clasificada como agua suave.

MH indica el grado del daño que el magnesio causa a la estructura del suelo en aguas para irrigación. Altos niveles de Mg^{+2} tienden a alcalinizar el suelo, adicionalmente, una gran cantidad de agua absorbida entre magnesio y partículas de arcilla, puede reducir la capacidad de infiltración del suelo, lo cual es adverso a los cultivos. Valores de MH >50 se consideran dañinos e inadecuados para irrigación, mientras que valores de MH ≤ 50 indican adecuado para el uso. En la zona de estudio los valores están muy por debajo del límite, indicando que es adecuado para uso de riego.

PI es un indicador para estudiar la factibilidad de agua con propósitos de irrigación. La capacidad del movimiento del agua en el suelo (permeabilidad) es influenciada por uso de agua para irrigación por tiempo prolongado (con una alta concentración de sal) en cómo es afectado por los iones del suelo Na^{+} , Ca^{+2} , Mg^{+2} y HCO_3^{-} . Según Doneen (1964), PI puede ser clasificado en 3 categorías: clase I (>75%, adecuado), clase II (25-75%, bueno) y clase III (<25%, inadecuado). Agua sobre la clase I y II es recomendado para irrigación, que son los valores obtenidos en la zona de estudio.

KR es otro índice para la factibilidad de uso de agua para riego. Si el valor de KR es menor que 1, el agua es apta para riego, de otro modo, esta no es apta para riego. En la zona de estudio todos los valores KR están por debajo de 1 en las estaciones de muestreo, por tanto, el agua es apta para riego.

PS es definido como la concentración de cloruro más la mitad de la concentración de sulfato, el cual es un indicador de la factibilidad de uso del agua para riego. Valores menores a 3.0 meq/L se consideran de excelente a bueno, entre 3.0-5.0 se considera de bueno a perjudicial y >5.0 se considera de perjudicial a insatisfactorio. En la zona de estudio los valores de PS se encuentran por debajo de 3.0 meq/L, por lo cual es clasificado de excelente a bueno.

K se puede reflejar comprensivamente los peligros de salinidad y alcalinidad. Basado en los valores de K, la clasificación es la siguiente: excelente ($K < 25$), buena ($25 < K < 36$), perjudicial ($36 < K < 44$), e inadecuada ($K > 44$). En la zona de estudio los valores de K son menores que 25 en todas las estaciones de muestreo, por ende, es clasificado como excelente.

Ka es el coeficiente de irrigación que sirve para clasificar la calidad del agua para uso de riego. Si $K > 18$, es excelente, ($6 < K < 18$) permisible, ($1.2 < K < 6$) incierto y ($K < 1.2$) inadecuado. En la zona de estudio todas las estaciones de muestro presentan valores de K mayor a 18, por lo que se consideran aguas excelentes para irrigación

CONCLUSIONES

- El área de influencia con derrame de petróleo se encuentra sobre sedimentos de la Formación Chambira (Oligoceno-Mioceno inferior) y depósitos de suelos arcillosos (Cuaternario).
- En el punto de derrame (UTM 18: 182217, 9471328), la cobertura del suelo puede alcanzar espesores hasta de 2 metros a más y estos están constituidos principalmente por sedimentos arcillosos con carácter impermeable producto de la alteración de la parte superior de la Formación Chambira (Oligoceno-Mioceno inferior).
- El carácter impermeable de los suelos y sedimentos a lo largo de la quebrada Numpatkain, ha permitido que el fluido viscoso del crudo descienda casi en su totalidad hacia el río Tunduzá, donde actualmente se observa grandes volúmenes de remantes de petróleo sobre todo en las partes sinuosas del río.
- Se determinó que ningún elemento químico propuesto en el ECA y NCA-E (para el caso de cromo total) de las cuatro estaciones de muestreo de suelos (10H-SLGQ24-001, 10H-SLGQ24-002, 10H-SLGQ24-003 y 10H-SLGQ24-004) superan los límites permisibles para uso de suelo agrícola.
- Se evidenció que, los parámetros fracción de hidrocarburos (F1, F2 y F3) e hidrocarburos totales contenidos en las muestras de suelos, no sobrepasaron los límites permisibles del ECA de suelos para uso agrícola.
- El valor de aceites y grasas la muestra de suelo 10H-SLGQ-006 sobrepasa los límites permisibles establecidos en la NCA-E, a diferencia de la muestra 10H-SLGQ-007, en la cual los niveles de aceites y grasas se encuentran por debajo del límite referido.
- Se determinó que, en la estación de muestreo de sedimentos fluviales (10H-SGQ24-001), los valores de hidrocarburos totales, aceites y grasas sobrepasan el límite permisible propuesto en el RBCA y la NCA-E, posiblemente debido a su cercanía al derrame de hidrocarburo.
- Respecto al análisis hidroquímico se observa un cambio de aguas sulfatadas cálcicas a cloruradas sódicas entre los puntos SW-24-001 (aguas arriba del derrame de hidrocarburos) y SW-24-002 (zona de derrame de hidrocarburos), aunque estas estaciones de muestreo se encuentran cercanas, es posible que los cambios químicos se deban al pasivo ambiental; el punto SW-24-004 (no contaminado en el río Tunduzá) presenta un comportamiento hidroquímico similar al del punto SW-24-001, mientras que el punto SW-24-003 se correlaciona con el punto de derrame (familias hidroquímicas similares).
- El análisis de procedencias químicas según Gibss son de dominancia de precipitación, esto se debe a que son flujos locales de corto recorrido.
- Del análisis de calidad, respecto a parámetros físico-químicos las estaciones de muestreo 49879-24-SW-001 y 49879-24-SW-002 se encuentra fuera de los límites establecidos por los ECAs, siendo aguas ácidas (pH~4.00), estos puntos están asociados a aportaciones de sulfatos y óxidos de Fe, el Fe presenta valores de concentración más alto en las aguas de la quebrada Numpatkain (aguas de color rojizo). Respecto a los parámetros inorgánicos, en ningún elemento se supera los estándares de calidad ambiental para agua, en físico-químicos relacionados a petróleo (aceites y grasas) se obtuvo en la zona de derrame (estación 49879-24-SW-002) el valor de 6.1 mg/l que supera el ECA en las Cat1 A2, Cat3 D1 y Cat E2 corroborando en datos químicos del agua la existencia del pasivo en cantidades consideradas tóxicas, lo cual es muy perjudicial para la población en la zona de estudio. Finalmente, aunque no se detectó cantidades superior al límite de detección de HTP en laboratorio, la existencia de aceites y grasas asociadas a las observaciones de campo corrobora la existencia de este pasivo ambiental peligroso que se mantiene después de un año de ocurrido el evento.

- Respecto a la calidad del agua para riego, en la zona de estudio por análisis multiparámetros (T, SH(EC), TDS, Na%, pH, SAR, RSC, TH, MH, PI, KR, PS, K & Ka) es clasificada como excelente en apta para riego, esto corrobora la buena calidad del agua en estado natural.
- Dentro de las técnicas de remediación para hidrocarburos, la más apropiadas para este contexto se consideran la bioestimulación y el landfarming o biorremediación, sin embargo, es necesario una caracterización biológica más detallada para su correcta aplicación.

RECOMENDACIONES

- La barrera colocada de sacos rellenos de arena y grava aparentemente resultó ser un control momentáneo para la fuga del crudo, puesto que los sacos tienen relleno permeable y dejan pasar remanentes de petróleo y contamina las aguas de la quebrada Numpatkain. Por ende, se sugiere cambiar las barreras colocadas en la zona de afectación consistentes en sacos de arena y grava por sacos rellenos de arcilla debido a que son más impermeables, este material de arcilla que además abunda en la zona ayudaría a controlar mejor la filtración de petróleo aún existente hacia las aguas de la quebrada Numpatkain.
- Es conveniente retirar las barreras colocadas en ciertos tramos de la quebrada Numpatkain. La función de estas barreras colocadas eran retener el remanente de petróleo, pero al ser una superficie impermeable el cauce de la quebrada resulta innecesaria retener más petróleo en esta quebrada, por el contrario, estos están impidiendo que se pueda limpiar naturalmente con la ayuda de la corriente de agua.
- Monitorear las partes sinuosas del río y si es posible retirar las arenas acumuladas por acreción, lugares en donde por su naturaleza altamente porosa, pueden acumular grandes volúmenes de petróleo.
- Se recomienda realizar un muestreo de suelos sistemático a escala local, para poder establecer valores anómalos, valores de fondo, posible migración de compuestos y elementos contaminantes.
- Se sugiere realizar el análisis físico – químico del suelo tales como: plasticidad, salinidad, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico, textura, materia orgánica. Los cuales aportan información para determinar una posible afectación del suelo.
- Realizar un muestreo sistemático de sedimentos fluviales a escala local en la quebrada Numpatkain y en el río Tunduzá, para delimitar una posible área afectada.
- Muestreo detallado en las zonas de pasivos por el derrame de hidrocarburo, zonas identificadas con presencia de petróleo o posible incidencia de estos.
- Estudio geofísico detallado de tomografía eléctrica u otro para verificar la real dimensión del petróleo en las zonas de acumulación.
- Realizar un vuelo de dron para reconocimiento de nacimiento de la quebrada Numpatkain para determinar su magnitud verdadera y encontrar posibles zonas de acumulación de petróleo, además de reconocimiento de zonas afectadas en el recorrido de la quebrada desde el punto de derrame hasta su desembocadura con el río Tunduzá.
- Para delimitar detalladamente la zona de afectación por el derrame de hidrocarburos ocurrido en el km 358+835 del Tramo II del Oleoducto Norperuano, habiéndose realizado esta inspección técnica donde se ha analizado el estado de agua superficial (sedimentos y suelos por parte de la DRME), se debe realizar un muestreo de detalle y sistemático en las zonas afectadas como pasivos ambientales por HTP, siguiendo protocolos establecidos para delimitar con alta precisión las áreas afectadas y determinar la magnitud de la contaminación en los suelos.
- En el caso de la delimitación de afectación en aguas superficiales, se sugiere realizar un monitoreo en diferentes puntos a lo largo del cauce de la Quebrada Numpatkain y Río Tunduzá que se identificaron como afectados, incluyendo puntos aguas arriba y aguas abajo del sitio del derrame. Este control deberá realizarse con el fin de monitorear la calidad del agua mediante la medición de parámetros físico-químicos (principalmente aceites y grasas) y la determinación de la concentración de hidrocarburos totales de petróleo (HTP), sumado a los parámetros convencionales.

- Se recomienda investigar a detalle el uso de posibles técnicas biológicas (bioestimulación y landfarming) que son las más idóneas según el contexto analizado, el landfarming aprovecha los recursos naturales del sitio, tiene un bajo costo y es altamente eficiente para la degradación de hidrocarburos. Adicionalmente, se sugiere estudiar las posibles interacciones con la vegetación local y su rizosfera, ya que la fitorremediación puede complementar los procesos de biorremediación, aprovechando la capacidad de las plantas para remover, transferir, estabilizar o degradar los contaminantes.

BIBLIOGRAFÍA

- Castro, W. (2010). Geología, informe temático. Proyecto Zonificación Ecológica y Económica del departamento de Amazonas, convenio entre el IIAP y el Gobierno Regional de Amazonas. Iquitos, Perú. Obtenido de http://terra.iiap.gob.pe/assets/files/macro/zee-amazonas/02_Geologia_2010.pdf
- Cerrón F., G. A. (1998). Geología de los cuadrángulos de Uracusa y Cachiyacu 10-g y 11-h – [Boletín A 117]. INGEMMET. Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional; n° 117, 213. INGEMMET. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12544/76>
- Cerrón, F.; Galloso, A. & Chumpitaz, M. (1998) - Geología de los cuadrángulos de Uracusa y Cachiyacu. Hojas: 10-g y 11. Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional 117, 213 p.
- Chacaltana, C., & Valdivia, V. &. (2011). Geología de los cuadrángulos de Teniente Pinglo (9-h), Santa María de Nieva (10-h) y Uracusa (10-g). Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 88. INGEMMET. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12544/103>
- Chacaltana, C.; Valdivia, W. & Peña, D. (2011) - Geología de los cuadrángulos de Aramango y Bagua Grande. Hojas 11-g y 12-g. Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional 142, 125 p.
- Medina L., V. M. (2009). Riesgo Geológico en la Región Amazonas. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, Boletín, 205. Lima, Perú: INGEMMET. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12544/244>
- Meza, P. (S.D. de S.M. de S.A.). EarthRights International. Obtenido de EarthRights International: https://earthrights.org/media_release/470-derrames-petroleros-amazonia-peruana-2000-2019/
- Quispesivana, L.; Sanchez, J. Et.al (1999) - Geología de los cuadrángulos de Cunambo, Mariscal Cáceres, Río Pucaruro, Vargas Guerra, Río Huitoyacu, Checherta, Andoas, Lamastipishca, San Antonio, Nuevo Soplín, Valencia, Pucaruro, Sungache, Puncuna, Villa Trompeteros, San Fernando, San Juan de Pavayacu, Río Urituyacu, Santa Martha, Barranca, San Isidro, Río Nucuray y Urarinas 5-k, 5-l, 5-m, 6-h, 6-i, 6-j, 6-k, 6-l, 6-m, 7-k, 7-l, 7-m, 8-k, 8-l, 8-m, 9-j, 9-k, 9-l, 9-m, 10-j, 10-k, 10-l, 10-m. INGEMMET. Boletín, Serie A 130.
- Quispesivana, L.; Zuloaga, A & Paz, M. (1998) - Geología de los cuadrángulos de Río Santiago, Huijín, Río Huasaga, Ayambis, Bagazán y Limoncocha. Hojas: 7-h, 7-i, 7-j, 8-h, 8-i y 8-j. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional 124, 157 p.
- Quispesivana, L.; Zuloaga, A. & Paz, M. (1997) - Geología de los cuadrángulos de Teniente Pinglo, Santa María de Nieva, Puerto Alegría y Puerto América. Hojas: 9-h, 10-h, 9-i y 10-i. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 99, 185 p.
- Romero, L. & Raymundo, T. (1999) - Geología de los cuadrángulos de Bolívar, Curaray, Santa Clotilde, Quebrada Aguablanca, Quebrada Sabaloyacu, San Lorenzo, Intuto, Río Pintoyacu, Río Mazán, Río Corrientes, Libertad, Río Nanay, Santa Rosa, Yacumama, Río Itaya, Yanayacu, Chapajilla y Nauta. Hojas: 5-n, 5-ñ, 5-o, 6-n, 6-ñ, 6-o, 7-n, 7-ñ, 7-o, 8-n, 8-ñ, 8-o, 9-n, 9-ñ, 9-o, 10-n, 10-ñ y 10-o. INGEMMET, Boletín, serie A: Carta Geológica Nacional 131, 383 p.
- Valencia, M., Oscco, S., & Santisteban, A. &. (2019). Prospección geológica-minera regional en la región Amazonas. (59), Boletín, Serie B: Geología Económica, 100. INGEMMET. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2113>
- Penn, D. (1976). Quantitative chemical analysis by ESCA. Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena, 9(1), 29-40.
- Custodio, E. y Llamas, M. (1983). Hidrología Subterránea. Omega, 2350 pp.
- Şen, Z. (2015). Practical and Applied Hydrogeology. Turkey, Istanbul: Elsevier.
- Martínez, P., Martínez, P. y Castaño, S. (2006). Fundamentos de hidrogeología. Madrid: Ediciones Mundi Prensa, 284 p.

- Poehls, D. & Smith, G. (Eds.). (2011). Encyclopedic dictionary of hydrogeology. Academic press.
- Li, P., Zhang, Y., Yang, N., Jing, L., & Yu, P. (2016). Major ion chemistry and quality assessment of groundwater in and around a mountainous tourist town of China. *Exposure and Health*, 8, 239-252.
- Doneen, L.D. Notes on Water Quality in Agriculture; Department of Water Science and Engineering, University of California: Oakland, CA, USA, 1964.
- Ecuador. Ministerio del Ambiente (2003) - Decreto N° 3.516-MINAM. Norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados. Libro VI Anexo 2. República del Ecuador. 31 marzo del 2003, 22 p.
- Canadá. Manual de usuario del Atlantic RBCA para sitios impactados con petróleo en el Atlántico canadiense (2015) – Guía de Calidad Ambiental de Canadá, Enero 2015, 102 p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2014) – base referencial mundial del recurso suelo, diciembre 2015, p. 13-34.
- Perú. Ministerio del Ambiente (2017) - Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo. *El Peruano*, Normas Legales, 2 diciembre 2017, p. 12-15.
- Perú. Ministerio del Ambiente (2016) - *Manual de buenas prácticas en la investigación de sitios contaminados*. Proyecto fortalecimiento del sistema de gestión integral de sitios contaminados cooperación triangular México – Perú – Alemania, setiembre 2016, 22 p.
- Perú. Ministerio del Ambiente (2014) - Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo. *El Peruano*, Normas Legales, noviembre 2014, 72 p.
- Perú. Oficina Nacional de Evaluación de los Recursos Naturales (2009) - Decreto Supremo 017-2009_AG. Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor, mayo 2009, 18 p.
- Rivera, H. (2007): Introducción a la geoquímica general y aplicada. Auspicio Académico de FIGMMG-UNMSM-Perú. Gráfica Retal SAC, 2da edición, p. 401-422.
- Santos, J. (2007) - Caracterización de suelos contaminados por hidrocarburos en una empresa minera y desarrollo de un método biológico para su remediación. Tesis Doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México, 191 p.


 Ing. MARY CARMEN CARRASCO PEREZ
 Jefe de Proyecto: Estudios de Línea
 Base Geoambiental
 INGEMMET


 ING. JERSY MARIÑO SALAZAR
 Director (e)
 Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
 INGEMMET

ANEXOS

ANEXO I: BASE DE DATOS DE MUESTRAS DE AGUA Y RESULTADOS DE LABORATORIO

ANEXO II: RESULTADOS DE LABORATORIO DE METALES TOTALES (SUELOS Y SEDIMENTOS)

ANEXO III: RESULTADO DE LABORATORIO DE HIDROCARBUROS F1, TOTALES DE PETRÓLEO Y MATERIAL EXTRAÍBLE AL HEXANO.

Base de Datos Matriz Agua

| Codigo | Existe petróleo | Proyecto | Año | Fecha | Hora | Monitoreo | Este | Norte | Cota | Sistema | Zona | Localidad | Tipo_fuente | Vertiente | Cuenca | Aspecto Geológico 1 |
|-----------------|-----------------|----------|------|-----------|-------|-----------|--------|---------|------|---------|------|-------------------------------|-------------|-----------|-------------------|---------------------|
| 49879-SW-24-001 | No | GA47F | 2024 | 4/17/2024 | 7:49 | Si | 182231 | 9471337 | 256 | WGS84 | 18S | Tundunza/Santa María de Nieva | Quebrada | Atlántico | Intercuenca 49879 | Sedimentario |
| 49879-SW-24-002 | Si | GA47F | 2024 | 4/17/2024 | 8:31 | Si | 182192 | 9471331 | 254 | WGS84 | 18S | Tundunza/Santa María de Nieva | Quebrada | Atlántico | Intercuenca 49879 | Sedimentario |
| 49879-SW-24-003 | Si | GA47F | 2024 | 4/16/2024 | 14:01 | Si | 180438 | 9471131 | 197 | WGS84 | 18S | Tundunza/Santa María de Nieva | Rio | Atlántico | Intercuenca 49879 | Sedimentario |
| 49879-SW-24-004 | No | GA47F | 204 | 4/16/2024 | 13:06 | Si | 180775 | 9469734 | 200 | WGS84 | 18S | Tundunza/Santa María de Nieva | Rio | Atlántico | Intercuenca 49879 | Sedimentario |

Base de Datos Matriz Agua

| Aspecto Geológico 2 | Caudal | Uso | Temperatura | ph | ph_mv | Eh | ORP | CE | TDS | Salinidad | Resistividad | Pendiente | color | olor | turbidez | Observación |
|---------------------|--------|----------------|-------------|------|-------|----|-------|-------|-------|-----------|--------------|-----------|------------|----------|----------|---|
| Dep. Superficial | 25 | Consumo humano | 24.8 | 4.1 | 120 | | 349.6 | 50.64 | 25.31 | 0.08 | 19.75 | baja | rojizo | Inoloro | 0.56 | La muestra se tomó a 40m aguas arriba del punto Cero (donde ocurrió el evento de HC) |
| Dep. Superficial | | Consumo humano | 24.8 | 4.11 | 119.2 | | 375.7 | 123.4 | 60.98 | 0.112 | 8.102 | baja | rojizo | petróleo | 6.67 | La muestra se tomó a la altura del punto Cero (donde ocurrió el derrame de petróleo) |
| Dep. Superficial | | Agropecuario | 26 | 7.03 | 258.8 | | 258.8 | 44.42 | 22.21 | 0.078 | 22.57 | baja | gris claro | | 37.8 | La muestra se tomó en el río Tunduzá antes de la confluencia con el río Nieva. |
| Dep. Superficial | | Agropecuario | 24.8 | 7.13 | -51.8 | | 137.1 | 26.45 | 13.4 | 0.07 | 37.97 | muy baja | gris claro | | 15.95 | La muestra se tomó en el río Tunduzá, aguas arriba antes de la confluencia con la quebrada Numpatkain |

Base de Datos Matriz Agua

| Bicarbonato | Carbonato | Alcalinidad | Aceites_Grasas | Bromuro | Cloruro | Fluoruro | Nitrito_n | Nitrato_n | Nitrito | Nitratos_Nitritos | Nitrato | Fosfato | Sulfato | Ag_tot | Al_tot | As_tot | B_tot | Ba_tot | Be_tot | Bi_tpt | Ca_tot | Cd_tot |
|-------------|-----------|-------------|----------------|---------|---------|----------|-----------|-----------|---------|-------------------|---------|---------|---------|-----------|--------|----------|--------|--------|----------|----------|--------|---------|
| <0.6 | <0.3 | <0.5 | | <0.013 | 0.249 | 0.008 | <0.001 | 0.095 | <0.003 | 0.095 | 0.421 | <0.019 | 0.90 | <0.000010 | 0.276 | 0.00008 | <0.002 | 0.0030 | <0.00002 | <0.00001 | 0.743 | 0.00005 |
| <0.6 | <0.3 | <0.5 | <0.4 | <0.013 | 4.925 | 0.004 | <0.001 | 0.104 | <0.003 | 0.104 | 0.460 | <0.019 | 0.20 | <0.000010 | 0.553 | <0.00003 | <0.002 | 0.0046 | <0.00002 | <0.00001 | 5.262 | 0.00010 |
| 5.1 | <0.3 | 2.1 | <0.4 | <0.013 | 4.928 | 0.008 | <0.001 | 0.335 | <0.003 | 0.335 | 1.484 | <0.019 | 1.92 | <0.000010 | 1.114 | 0.00064 | <0.002 | 0.0259 | 0.00004 | <0.00001 | 2.885 | 0.00007 |
| 5.0 | <0.3 | 1.9 | | <0.013 | 1.778 | 0.009 | 0.012 | 0.294 | 0.041 | 0.307 | 1.302 | <0.019 | 1.02 | 0.000521 | 0.519 | 0.00005 | 0.003 | 0.0235 | <0.00002 | <0.00001 | 2.512 | 0.00002 |

Base de Datos Matriz Agua

| Ce_tot | Co_tot | Cr_tot | Cs_tot | Cu_tot | Fe_tot | Ga_tot | Ge_tot | Hf_tot | Hg_tot | K_tot | La_tot | Li_tot | Lu_tot | Mg_tot | Mn_tot | Mo_tot | Na_tot | Nb_tot | Ni_tot | P_tot | Pb_tot | Rb_tot | Sb_tot | Se_tot | Si_tot |
|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|----------|----------|-------|---------|--------|----------|--------|---------|----------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|----------|---------|--------|
| 0.00020 | 0.00006 | <0.0001 | <0.0001 | 0.00042 | 0.1842 | 0.00030 | <0.0002 | <0.00005 | <0.00003 | 0.07 | <0.0005 | 0.0001 | <0.00002 | 0.148 | 0.00555 | <0.00002 | 0.212 | <0.0005 | 0.0004 | <0.015 | 0.0002 | <0.0003 | <0.00004 | <0.0004 | 1.17 |
| 0.00037 | 0.00015 | 0.0001 | <0.0001 | 0.00099 | 0.3161 | 0.00030 | <0.0002 | <0.00005 | <0.00003 | 5.89 | <0.0005 | 0.0002 | <0.00002 | 0.184 | 0.00669 | <0.00002 | 1.194 | <0.0005 | 0.0003 | 0.025 | 0.0003 | 0.0006 | 0.00004 | <0.0004 | 1.74 |
| 0.00142 | 0.00042 | 0.0007 | <0.0001 | 0.00370 | 0.6499 | 0.00042 | <0.0002 | <0.00005 | <0.00003 | 6.38 | 0.0006 | 0.0007 | <0.00002 | 0.698 | 0.02957 | <0.00002 | 1.457 | <0.0005 | 0.0013 | 0.026 | 0.0002 | 0.0021 | <0.00004 | <0.0004 | 4.93 |
| 0.00077 | 0.00018 | 0.0004 | <0.0001 | 0.00148 | 0.3347 | 0.00026 | <0.0002 | <0.00005 | <0.00003 | 2.99 | <0.0005 | 0.0005 | <0.00002 | 0.670 | 0.01331 | <0.00002 | 1.344 | <0.0005 | <0.0002 | 0.020 | <0.0002 | 0.0014 | <0.00004 | <0.0004 | 4.14 |

Base de Datos Matriz Agua

| SiO2_tot | Sn_tot | Sr_tot | Ta_tot | Te_tot | Th_tot | Ti_tot | Tl_tot | U_tot | V_tot | W_tot | Y_tot | Zn_tot | Zr_tot | Ag_dis | Al_dis | As_dis | B_dis | Ba_dis | Be_dis | Bi_dis | Ca_dis | Cd_dis | Ce_dis | Co_dis |
|----------|----------|--------|---------|--------|----------|--------|----------|-----------|--------|---------|----------|---------|----------|-----------|--------|----------|--------|--------|----------|----------|--------|----------|---------|---------|
| 2.50 | <0.00003 | 0.0018 | <0.0007 | <0.001 | <0.00006 | 0.0023 | <0.00002 | <0.000003 | 0.0003 | <0.0002 | <0.00002 | <0.0008 | <0.00015 | <0.000003 | 0.226 | <0.00003 | <0.002 | 0.0027 | <0.00002 | <0.00001 | 0.704 | 0.00004 | 0.00018 | 0.00006 |
| 3.72 | <0.00003 | 0.0045 | <0.0007 | <0.001 | <0.00006 | 0.0040 | <0.00002 | <0.000003 | 0.0004 | <0.0002 | <0.00002 | 0.0438 | 0.00040 | <0.000003 | 0.269 | <0.00003 | <0.002 | 0.0044 | <0.00002 | <0.00001 | 0.907 | <0.00001 | 0.00024 | 0.00008 |
| 10.55 | <0.00003 | 0.0086 | <0.0007 | <0.001 | <0.00006 | 0.0102 | <0.00002 | 0.000017 | 0.0033 | <0.0002 | 0.00004 | 0.0023 | 0.00032 | <0.000003 | 0.095 | <0.00003 | <0.002 | 0.0191 | <0.00002 | <0.00001 | 2.717 | 0.00004 | 0.00052 | 0.00010 |
| 8.85 | 0.00008 | 0.0086 | <0.0007 | <0.001 | <0.00006 | 0.0041 | <0.00002 | <0.000003 | 0.0019 | <0.0002 | 0.00002 | <0.0008 | <0.00015 | 0.000271 | 0.062 | <0.00003 | 0.002 | 0.0186 | <0.00002 | <0.00001 | 2.442 | <0.00001 | 0.00031 | 0.00004 |

Base de Datos Matriz Agua

| Cr_dis | Cs_dis | Cu_dis | Fe_dis | Ga_dis | Ge_dis | Hf_dis | Hg_dis | K_dis | Ln_dis | Li_dis | Lu_dis | Mg_dis | Mn_dis | Mo_dis | Na_dis | Nb_dis | Ni_dis | P_dis | Pb_dis | Rb_dis | Sb_dis | Se_dis | Si_dis | SiO2_dis | Sn_dis |
|---------|---------|---------|--------|---------|---------|----------|----------|-------|---------|--------|----------|--------|---------|----------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|----------|---------|--------|----------|----------|
| <0.0001 | <0.0001 | 0.00036 | 0.1752 | 0.00029 | <0.0002 | <0.00005 | <0.00003 | 0.06 | <0.0005 | 0.0001 | <0.00002 | 0.056 | 0.00519 | <0.00002 | 0.187 | <0.0005 | 0.0004 | <0.015 | <0.0002 | <0.0003 | <0.00004 | <0.0004 | 1.06 | 2.27 | <0.00003 |
| <0.0001 | <0.0001 | 0.00051 | 0.1733 | 0.00027 | <0.0002 | <0.00005 | <0.00003 | 5.14 | <0.0005 | 0.0002 | <0.00002 | 0.082 | 0.00548 | <0.00002 | 0.687 | <0.0005 | 0.0002 | <0.015 | <0.0002 | 0.0004 | <0.00004 | <0.0004 | 1.04 | 2.23 | <0.00003 |
| <0.0001 | <0.0001 | 0.00156 | 0.0785 | 0.00020 | <0.0002 | <0.00005 | <0.00003 | 5.96 | <0.0005 | 0.0003 | <0.00002 | 0.445 | 0.01545 | <0.00002 | 1.403 | <0.0005 | <0.0002 | <0.015 | <0.0002 | 0.0010 | <0.00004 | <0.0004 | 3.12 | 6.67 | <0.00003 |
| <0.0001 | <0.0001 | 0.00054 | 0.0535 | 0.00021 | <0.0002 | <0.00005 | <0.00003 | 2.95 | <0.0005 | 0.0003 | <0.00002 | 0.529 | 0.00563 | <0.00002 | 1.276 | <0.0005 | <0.0002 | <0.015 | <0.0002 | 0.0009 | <0.00004 | <0.0004 | 3.41 | 7.30 | <0.00003 |

Base de Datos Matriz Agua

| Sr_dis | Ta_dis | Te_dis | Th_dis | Ti_dis | Tl_dis | U_dis | V_dis | W_dis | Y_dis | Zn_dis | Zr_dis | C8_C40 |
|--------|---------|--------|----------|--------|----------|-----------|---------|---------|----------|---------|----------|--------|
| 0.0016 | <0.0007 | <0.001 | <0.00006 | 0.0020 | <0.00002 | <0.000003 | <0.0001 | <0.0002 | <0.00002 | <0.0008 | <0.00015 | |
| 0.0023 | <0.0007 | <0.001 | <0.00006 | 0.0022 | <0.00002 | <0.000003 | <0.0001 | <0.0002 | <0.00002 | 0.0061 | <0.00015 | <0.009 |
| 0.0079 | <0.0007 | <0.001 | <0.00006 | 0.0010 | <0.00002 | 0.000007 | 0.0004 | <0.0002 | 0.00002 | 0.0020 | <0.00015 | <0.009 |
| 0.0073 | <0.0007 | <0.001 | <0.00006 | 0.0007 | <0.00002 | <0.000003 | 0.0005 | <0.0002 | <0.00002 | <0.0008 | <0.00015 | |

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA2412252 Rev. 1**

INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO

AV. CANADA 1470 - SAN BORJA

ENV / LB-353761-006

PROCEDENCIA : COMUNIDAD NATIVA TUNDUZA - AMAZONAS

Fecha de Recepción SGS : 19-04-2024

Fecha de Ejecución : Del 19-04-2024 al 06-05-2024

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Observación : Rev. 1: Se actualizan los límites de LC y LD para los parámetros aceites y grasas y TPH. Adicionalmente por error en el etiquetado del cliente se corrigen los resultados de las estaciones 49879-24-SW-002 y 49879-24-SW-005 para los parámetros de aceites y grasas y TPH.

"Este informe cancela y reemplaza al Informe No. MA2412252 con fecha 25-04-24 emitida por SGS del Perú"

| Estación de Muestreo |
|----------------------|
| 49879-24-SW-001 |
| 49879-24-SW-002 |
| 49879-24-SW-003 |
| 49879-24-SW-004 |
| 49879-24-SW-005 |

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 06/05/2024



Frank M. Julcamoro Quispe

C.Q.P. 1033

Supervisor de Laboratorio

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 1 de 9

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA2412252 Rev. 1**

| IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA | | | | | 49879-24-SW-001 | 49879-24-SW-002 |
|---|-----------------|-----------|----------|----------|--|--|
| FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA | | | | | 17/04/2024 07:49:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL | 17/04/2024 08:31:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL |
| Parámetro | Referencia | Unidad | LC | LD | Resultado ± Incertidumbre | Resultado ± Incertidumbre |
| Análisis Generales | | | | | | |
| Alcalinidad Total | EW APHA2320B | mgCaCO3/L | 1.0 | 0.5 | <0.5 | <0.5 |
| Bicarbonatos | EW APHA2320B | mg HCO3/L | 1.2 | 0.6 | <0.6 | <0.6 |
| Carbonatos | EW APHA2320B | mg CO3/L | 0.6 | 0.3 | <0.3 | <0.3 |
| Aceites y Grasas | EW ASTM3921 | mg/L | 0.4 | 0.2 | | 6.1 ± 1.30 |
| Aniones | | | | | | |
| Bromuro | EW EPA300 0 | mg/L | 0.042 | 0.013 | <0.013 | <0.013 |
| Cloruro | EW EPA300 0 | mg/L | 0.050 | 0.025 | 0.249 ± 0.037 | 4.925 ± 0.74 |
| Fluoruro | EW EPA300 0 | mg/L | 0.004 | 0.002 | 0.008 ± 0.0010 | 0.004 ± 0.0010 |
| Fosfato | EW EPA300 0 | mg/L | 0.038 | 0.019 | <0.019 (**) | <0.019 (**) |
| Nitrato | EW EPA300 0 | mg/L | 0.062 | 0.031 | 0.421 (**) | 0.460 (**) |
| Nitrato (como N) | EW EPA300 0 | mg/L | 0.014 | 0.007 | 0.095 (**) | 0.104 (**) |
| Nitratos(NO3-N)+Nitritos (NO2-N) | EW EPA300 0 | mg/L | 0.052 | 0.016 | 0.095 ± 0.028 | 0.104 ± 0.030 |
| Nitrito | EW EPA300 0 | mg/L | 0.006 | 0.003 | <0.003 (**) | <0.003 (**) |
| Nitrito (como N) | EW EPA300 0 | mg/L | 0.002 | 0.001 | <0.001 (**) | <0.001 (**) |
| Sulfato | EW EPA300 0 | mg/L | 0.03 | 0.01 | 0.90 ± 0.11 | 0.20 ± 0.020 |
| Metales Disueltos | | | | | | |
| Aluminio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.003 | 0.001 | 0.226 ± 0.020 | 0.269 ± 0.024 |
| Antimonio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.00013 | 0.00004 | <0.00004 | <0.00004 |
| Arsénico Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.00010 | 0.00003 | <0.00003 | <0.00003 |
| Bario Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.0003 | 0.0001 | 0.0027 ± 0.00020 | 0.0044 ± 0.00040 |
| Berilio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.00006 | 0.00002 | <0.00002 | <0.00002 |
| Bismuto Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.00003 | 0.00001 | <0.00001 | <0.00001 |
| Boro Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.006 | 0.002 | <0.002 | <0.002 |
| Cadmio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.00003 | 0.00001 | 0.00004 ± 0.000010 | <0.00001 |
| Calcio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.009 | 0.003 | 0.704 ± 0.052 | 0.907 ± 0.070 |
| Cerio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.00024 | 0.00008 | 0.00018 ± 0.000010 | 0.00024 ± 0.000020 |
| Cesio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.0003 | 0.0001 | <0.0001 | <0.0001 |
| Cobalto Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.00003 | 0.00001 | 0.00006 ± 0.000010 | 0.00008 ± 0.000010 |
| Cobre Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.00009 | 0.00003 | 0.00036 ± 0.000090 | 0.00051 ± 0.00013 |
| Cromo Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.0003 | 0.0001 | <0.0001 | <0.0001 |
| Estaño Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.00010 | 0.00003 | <0.00003 | <0.00003 |
| Estroncio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.0006 | 0.0002 | 0.0016 ± 0.00010 | 0.0023 ± 0.00020 |
| Fósforo Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.047 | 0.015 | <0.015 | <0.015 |
| Galio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.00012 | 0.00004 | 0.00029 ± 0.000020 | 0.00027 ± 0.000020 |
| Alemanio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.0006 | 0.0002 | <0.0002 | <0.0002 |
| Hafnio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.00015 | 0.00005 | <0.00005 | <0.00005 |
| Hierro Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.0013 | 0.0004 | 0.1752 ± 0.018 | 0.1733 ± 0.018 |
| Lantano Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.0015 | 0.0005 | <0.0005 | <0.0005 |
| Litio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.0003 | 0.0001 | 0.0001 ± 0.0000 | 0.0002 ± 0.0000 |
| Lutecio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.00006 | 0.00002 | <0.00002 | <0.00002 |
| Magnesio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.003 | 0.001 | 0.056 ± 0.0070 | 0.082 ± 0.010 |
| Manganeso Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.00010 | 0.00003 | 0.00519 ± 0.00036 | 0.00548 ± 0.00038 |
| Mercurio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.00009 | 0.00003 | <0.00003 | <0.00003 |
| Molibdeno Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.00006 | 0.00002 | <0.00002 | <0.00002 |
| Niobio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.0015 | 0.0005 | <0.0005 | <0.0005 |
| Niquel Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.0006 | 0.0002 | 0.0004 ± 0.00010 | 0.0002 ± 0.0000 |
| Plata Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.000010 | 0.000003 | <0.000003 | <0.000003 |
| Plomo Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.0006 | 0.0002 | <0.0002 | <0.0002 |
| Potasio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.13 | 0.04 | 0.06 ± 0 | 5.14 ± 0.41 |
| Rubidio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.0009 | 0.0003 | <0.0003 | 0.0004 ± 0.0000 |
| Selenio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.0013 | 0.0004 | <0.0004 | <0.0004 |
| Silice Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.27 | 0.09 | 2.27 * ± 0.22 | 2.23 * ± 0.22 |
| Silicio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.13 | 0.04 | 1.06 ± 0.13 | 1.04 ± 0.12 |
| Sodio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.019 | 0.006 | 0.187 ± 0.021 | 0.687 ± 0.076 |
| Talio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.00006 | 0.00002 | <0.00002 | <0.00002 |
| Tantalio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.0021 | 0.0007 | <0.0007 | <0.0007 |
| Teluro Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.003 | 0.001 | <0.001 | <0.001 |
| Thorio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.00019 | 0.00006 | <0.00006 | <0.00006 |
| Titanio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.0006 | 0.0002 | 0.0020 ± 0.00030 | 0.0022 ± 0.00030 |
| Uranio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.000010 | 0.000003 | <0.000003 | <0.000003 |
| Vanadio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.0003 | 0.0001 | <0.0001 | <0.0001 |
| Wolframio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.0006 | 0.0002 | <0.0002 | <0.0002 |
| Yterbio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.00006 | 0.00002 | <0.00002 | <0.00002 |
| Zinc Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.0026 | 0.0008 | <0.0008 | 0.0061 ± 0.00060 |
| Zirconio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.00045 | 0.00015 | <0.00015 | <0.00015 |
| Metales Totales | | | | | | |
| Aluminio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.003 | 0.001 | 0.276 ± 0.025 | 0.553 ± 0.050 |
| Antimonio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00013 | 0.00004 | <0.00004 | 0.00004 ± 0.000010 |
| Arsénico Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00010 | 0.00003 | 0.00008 ± 0.000010 | <0.00003 |
| Bario Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0003 | 0.0001 | 0.0030 ± 0.00030 | 0.0046 ± 0.00040 |

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA2412252 Rev. 1**

| IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA | | | | | 49879-24-SW-001 | 49879-24-SW-002 |
|--|-----------------|--------|----------|----------|---------------------------|---------------------------|
| FECHA DE MUESTREO | | | | | 17/04/2024 | 17/04/2024 |
| HORA DE MUESTREO | | | | | 07:49:00 | 08:31:00 |
| CATEGORIA | | | | | AGUA NATURAL | AGUA NATURAL |
| SUB CATEGORIA | | | | | AGUA SUPERFICIAL | AGUA SUPERFICIAL |
| Parámetro | Referencia | Unidad | LC | LD | Resultado ± Incertidumbre | Resultado ± Incertidumbre |
| Metales Totales | | | | | | |
| Berilio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00006 | 0.00002 | <0.00002 | <0.00002 |
| Bismuto Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00003 | 0.00001 | <0.00001 | <0.00001 |
| Boro Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.006 | 0.002 | <0.002 | <0.002 |
| Cadmio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00003 | 0.00001 | 0.00005 ± 0.000010 | 0.00010 ± 0.000020 |
| Calcio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.009 | 0.003 | 0.743 ± 0.074 | 5.262 ± 0.53 |
| Cerio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00024 | 0.00008 | 0.00020 ± 0.000020 | 0.00037 ± 0.000030 |
| Cesio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0003 | 0.0001 | <0.0001 | <0.0001 |
| Cobalto Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00003 | 0.00001 | 0.00006 ± 0.000010 | 0.00015 ± 0.000010 |
| Cobre Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00009 | 0.00003 | 0.00042 ± 0.00011 | 0.00099 ± 0.00025 |
| Cromo Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0003 | 0.0001 | <0.0001 | 0.0001 ± 0.0000 |
| Estaño Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00010 | 0.00003 | <0.00003 | <0.00003 |
| Estroncio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0006 | 0.0002 | 0.0018 ± 0.00020 | 0.0045 ± 0.00040 |
| Fósforo Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.047 | 0.015 | <0.015 | 0.025 ± 0.0070 |
| Galio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00012 | 0.00004 | 0.00030 ± 0.000020 | 0.00030 ± 0.000020 |
| Germanio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0006 | 0.0002 | <0.0002 | <0.0002 |
| Hafnio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00015 | 0.00005 | <0.00005 | <0.00005 |
| Hierro Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0013 | 0.0004 | 0.1842 ± 0.015 | 0.3161 ± 0.025 |
| Lantano Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0015 | 0.0005 | <0.0005 | <0.0005 |
| Litio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0003 | 0.0001 | 0.0001 ± 0.0000 | 0.0002 ± 0.0000 |
| Lutecio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00006 | 0.00002 | <0.00002 | <0.00002 |
| Magnesio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.003 | 0.001 | 0.148 ± 0.018 | 0.184 ± 0.022 |
| Manganeso Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00010 | 0.00003 | 0.00555 ± 0.00039 | 0.00669 ± 0.00047 |
| Mercurio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00009 | 0.00003 | <0.00003 | <0.00003 |
| Molibdeno Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00006 | 0.00002 | <0.00002 | <0.00002 |
| Niobio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0015 | 0.0005 | <0.0005 | <0.0005 |
| Niquel Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0006 | 0.0002 | 0.0004 ± 0.00010 | 0.0003 ± 0.00010 |
| Plata Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.000003 | 0.000010 | <0.000010 | <0.000010 |
| Plomo Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0006 | 0.0002 | 0.0002 ± 0.0000 | 0.0003 ± 0.0000 |
| Potasio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.13 | 0.04 | 0.07 ± 0.010 | 5.89 ± 0.47 |
| Rubidio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0009 | 0.0003 | <0.0003 | 0.0006 ± 0.00010 |
| Selenio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0013 | 0.0004 | <0.0004 | <0.0004 |
| Silice Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.27 | 0.09 | 2.50 * ± 0.30 | 3.72 * ± 0.45 |
| Silicio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.13 | 0.04 | 1.17 ± 0.14 | 1.74 ± 0.21 |
| Sodio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.019 | 0.006 | 0.212 ± 0.023 | 1.194 ± 0.13 |
| Talio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00006 | 0.00002 | <0.00002 | <0.00002 |
| Tantalio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0021 | 0.0007 | <0.0007 | <0.0007 |
| Teluro Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.003 | 0.001 | <0.001 | <0.001 |
| Thorio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00019 | 0.00006 | <0.00006 | <0.00006 |
| Titanio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0006 | 0.0002 | 0.0023 ± 0.00030 | 0.0040 ± 0.00050 |
| Uranio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.000010 | 0.000003 | <0.000003 | <0.000003 |
| Vanadio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0003 | 0.0001 | 0.0003 ± 0.0000 | 0.0004 ± 0.00010 |
| Wolframio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0006 | 0.0002 | <0.0002 | <0.0002 |
| Yterbio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00006 | 0.00002 | <0.00002 | <0.00002 |
| Zinc Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0026 | 0.0008 | <0.0008 | 0.0438 ± 0.0044 |
| Zirconio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00045 | 0.00015 | <0.00015 | 0.00040 ± 0.000090 |
| Hidrocarburos Totales de Petróleo (C8-C40) | | | | | | |
| Hidrocarburos Totales de Petróleo (C8-C40) | EW_EPA8015_TPH2 | mg/L | 0.009 | 0.003 | | <0.003 |

| IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA | | | | | 49879-24-SW-003 | 49879-24-SW-004 |
|---------------------------|--------------|-----------|-------|-------|---------------------------|---------------------------|
| FECHA DE MUESTREO | | | | | 16/04/2024 | 16/04/2024 |
| HORA DE MUESTREO | | | | | 14:01:00 | 13:06:00 |
| CATEGORIA | | | | | AGUA NATURAL | AGUA NATURAL |
| SUB CATEGORIA | | | | | AGUA SUPERFICIAL | AGUA SUPERFICIAL |
| Parámetro | Referencia | Unidad | LC | LD | Resultado ± Incertidumbre | Resultado ± Incertidumbre |
| Análisis Generales | | | | | | |
| Alcalinidad Total | EW APHA2320B | mgCaCO3/L | 1.0 | 0.5 | 2.1 ± 0.30 | 1.9 ± 0.20 |
| Bicarbonatos | EW APHA2320B | mg HCO3/L | 1.2 | 0.6 | 5.1 ± 0.70 | 5.0 ± 0.70 |
| Carbonatos | EW APHA2320B | mg CO3/L | 0.6 | 0.3 | <0.3 | <0.3 |
| Aceites y Grasas | EW ASTMD3921 | mg/L | 0.4 | 0.2 | <0.2 | <0.2 |
| Aniones | | | | | | |
| Bromuro | EW EPA300 0 | mg/L | 0.042 | 0.013 | <0.013 | <0.013 |
| Cloruro | EW EPA300 0 | mg/L | 0.050 | 0.025 | 4.928 ± 0.74 | 1.778 ± 0.27 |
| Fluoruro | EW EPA300 0 | mg/L | 0.004 | 0.002 | 0.008 ± 0.0010 | 0.009 ± 0.0010 |
| Fosfato | EW EPA300 0 | mg/L | 0.038 | 0.019 | <0.019 (**) | <0.019 (**) |

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 3 de 9

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA2412252 Rev. 1**

| IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA | | | | | 49879-24-SW-003 | 49879-24-SW-004 |
|---|-----------------|--------|----------|----------|--|--|
| FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA | | | | | 16/04/2024 14:01:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL | 16/04/2024 13:06:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL |
| Parámetro | Referencia | Unidad | LC | LD | Resultado ± Incertidumbre | Resultado ± Incertidumbre |
| Aniones | | | | | | |
| Nitrato | EW EPA300 0 | mg/L | 0.062 | 0.031 | 1.484 (**) ± 0.21 | 1.302 (**) ± 0.19 |
| Nitrato (como N) | EW EPA300 0 | mg/L | 0.014 | 0.007 | 0.335 (**) ± 0.074 | 0.294 (**) ± 0.065 |
| Nitratos(NO3-N)+Nitritos (NO2-N) | EW EPA300 0 | mg/L | 0.052 | 0.016 | 0.335 ± 0.097 | 0.307 ± 0.089 |
| Nitrito | EW EPA300 0 | mg/L | 0.006 | 0.003 | <0.003 (**) | 0.041 (**) ± 0.010 |
| Nitrito (como N) | EW EPA300 0 | mg/L | 0.002 | 0.001 | <0.001 (**) | 0.012 (**) ± 0.0030 |
| Sulfato | EW EPA300 0 | mg/L | 0.03 | 0.01 | 1.92 ± 0.23 | 1.02 ± 0.12 |
| Metales Disueltos | | | | | | |
| Aluminio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.003 | 0.001 | 0.095 ± 0.0090 | 0.062 ± 0.0060 |
| Antimonio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.00013 | 0.00004 | <0.00004 | <0.00004 |
| Arsénico Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.00010 | 0.00003 | <0.00003 | <0.00003 |
| Bario Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.0003 | 0.0001 | 0.0191 ± 0.0017 | 0.0186 ± 0.0017 |
| Berilio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.00006 | 0.00002 | <0.00002 | <0.00002 |
| Bismuto Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.00003 | 0.00001 | <0.00001 | <0.00001 |
| Boro Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.006 | 0.002 | <0.002 | 0.002 ± 0.000 |
| Cadmio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.00003 | 0.00001 | 0.00004 ± 0.000010 | <0.00001 |
| Calcio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.009 | 0.003 | 2.717 ± 0.28 | 2.442 ± 0.25 |
| Cerio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.00024 | 0.00008 | 0.00052 ± 0.000040 | 0.00031 ± 0.000030 |
| Cesio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.0003 | 0.0001 | <0.0001 | <0.0001 |
| Cobalto Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.00003 | 0.00001 | 0.00010 ± 0.000010 | 0.00004 ± 0.00000 |
| Cobre Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.00009 | 0.00003 | 0.00156 ± 0.00039 | 0.00054 ± 0.00014 |
| Cromo Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.0003 | 0.0001 | <0.0001 | <0.0001 |
| Estaño Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.00010 | 0.00003 | <0.00003 | <0.00003 |
| Estroncio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.0006 | 0.0002 | 0.0079 ± 0.00070 | 0.0073 ± 0.00070 |
| Fósforo Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.047 | 0.015 | <0.015 | <0.015 |
| Galio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.00012 | 0.00004 | 0.00020 ± 0.000020 | 0.00021 ± 0.000020 |
| Germanio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.0006 | 0.0002 | <0.0002 | <0.0002 |
| Hafnio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.00015 | 0.00005 | <0.00005 | <0.00005 |
| Hierro Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.0013 | 0.0004 | 0.0785 ± 0.0079 | 0.0535 ± 0.0054 |
| Lantano Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.0015 | 0.0005 | <0.0005 | <0.0005 |
| Litio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.0003 | 0.0001 | 0.0003 ± 0.0000 | 0.0003 ± 0.0000 |
| Lutecio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.00006 | 0.00002 | <0.00002 | <0.00002 |
| Magnesio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.003 | 0.001 | 0.445 ± 0.053 | 0.529 ± 0.063 |
| Manganeso Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.00010 | 0.00003 | 0.01545 ± 0.0011 | 0.00563 ± 0.00039 |
| Mercurio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.00009 | 0.00003 | <0.00003 | <0.00003 |
| Molibdeno Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.00006 | 0.00002 | <0.00002 | <0.00002 |
| Niobio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.0015 | 0.0005 | <0.0005 | <0.0005 |
| Niquel Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.0006 | 0.0002 | <0.0002 | <0.0002 |
| Plata Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.000010 | 0.000003 | <0.000003 | 0.000271 ± 0.000041 |
| Plomo Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.0006 | 0.0002 | <0.0002 | <0.0002 |
| Potasio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.13 | 0.04 | 5.96 ± 0.48 | 2.95 ± 0.24 |
| Rubidio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.0009 | 0.0003 | 0.0010 ± 0.00010 | 0.0009 ± 0.00010 |
| Selenio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.0013 | 0.0004 | <0.0004 | <0.0004 |
| Silice Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.27 | 0.09 | 6.67 * ± 0.30 | 7.30 * ± 0.31 |
| Silicio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.13 | 0.04 | 3.12 ± 0.37 | 3.41 ± 0.41 |
| Sodio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.019 | 0.006 | 1.403 ± 0.15 | 1.276 ± 0.14 |
| Talio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.00006 | 0.00002 | <0.00002 | <0.00002 |
| Tantalio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.0021 | 0.0007 | <0.0007 | <0.0007 |
| Teluro Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.003 | 0.001 | <0.001 | <0.001 |
| Thorio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.00019 | 0.00006 | <0.00006 | <0.00006 |
| Titanio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.0006 | 0.0002 | 0.0010 ± 0.00010 | 0.0007 ± 0.00010 |
| Uranio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.000010 | 0.000003 | 0.000007 ± 0.0000010 | <0.000003 |
| Vanadio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.0003 | 0.0001 | 0.0004 ± 0.00010 | 0.0005 ± 0.00010 |
| Wolframio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.0006 | 0.0002 | <0.0002 | <0.0002 |
| Yterbio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.00006 | 0.00002 | 0.00002 ± 0.00000 | <0.00002 |
| Zinc Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.0026 | 0.0008 | 0.0020 ± 0.00020 | <0.0008 |
| Zirconio Disuelto | EW EPA200 8 DIS | mg/L | 0.00045 | 0.00015 | <0.00015 | <0.00015 |
| Metales Totales | | | | | | |
| Aluminio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.003 | 0.001 | 1.114 ± 0.10 | 0.519 ± 0.047 |
| Antimonio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00013 | 0.00004 | <0.00004 | <0.00004 |
| Arsénico Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00010 | 0.00003 | 0.00064 ± 0.000070 | 0.00005 ± 0.000010 |
| Bario Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0003 | 0.0001 | 0.0259 ± 0.0023 | 0.0235 ± 0.0021 |
| Berilio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00006 | 0.00002 | 0.00004 ± 0.000010 | <0.00002 |
| Bismuto Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00003 | 0.00001 | <0.00001 | <0.00001 |
| Boro Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.006 | 0.002 | <0.002 | 0.003 ± 0.000 |
| Cadmio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00003 | 0.00001 | 0.00007 ± 0.000020 | 0.00002 ± 0.00000 |
| Calcio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.009 | 0.003 | 2.885 ± 0.29 | 2.512 ± 0.25 |
| Cerio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00024 | 0.00008 | 0.00142 ± 0.00012 | 0.00077 ± 0.000060 |
| Cesio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0003 | 0.0001 | <0.0001 | <0.0001 |
| Cobalto Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00003 | 0.00001 | 0.00042 ± 0.000040 | 0.00018 ± 0.000020 |
| Cobre Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00009 | 0.00003 | 0.00370 ± 0.00093 | 0.00148 ± 0.00037 |

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA2412252 Rev. 1**

| IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA | | | | | 49879-24-SW-003 | 49879-24-SW-004 |
|---|-----------------|--------|----------|----------|--|--|
| FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA | | | | | 16/04/2024 14:01:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL | 16/04/2024 13:06:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL |
| Parámetro | Referencia | Unidad | LC | LD | Resultado ± Incertidumbre | Resultado ± Incertidumbre |
| Metales Totales | | | | | | |
| Cromo Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0003 | 0.0001 | 0.0007 ± 0.00020 | 0.0004 ± 0.00010 |
| Estaño Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00010 | 0.00003 | <0.00003 | 0.00008 ± 0.000020 |
| Estroncio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0006 | 0.0002 | 0.0086 ± 0.00080 | 0.0086 ± 0.00080 |
| Fósforo Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.047 | 0.015 | 0.026 ± 0.0070 | 0.020 ± 0.0060 |
| Galio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00012 | 0.00004 | 0.00042 ± 0.000030 | 0.00026 ± 0.000020 |
| Germanio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0006 | 0.0002 | <0.0002 | <0.0002 |
| Hafnio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00015 | 0.00005 | <0.00005 | <0.00005 |
| Hierro Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0013 | 0.0004 | 0.6499 ± 0.052 | 0.3347 ± 0.027 |
| Lantano Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0015 | 0.0005 | 0.0006 ± 0.00020 | <0.0005 |
| Litio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0003 | 0.0001 | 0.0007 ± 0.00010 | 0.0005 ± 0.0000 |
| Lutecio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00006 | 0.00002 | <0.00002 | <0.00002 |
| Magnesio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.003 | 0.001 | 0.698 ± 0.084 | 0.670 ± 0.080 |
| Manganeso Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00010 | 0.00003 | 0.02957 ± 0.0021 | 0.01331 ± 0.00093 |
| Mercurio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00009 | 0.00003 | <0.00003 | <0.00003 |
| Molibdeno Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00006 | 0.00002 | <0.00002 | <0.00002 |
| Niobio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0015 | 0.0005 | <0.0005 | <0.0005 |
| Niquel Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0006 | 0.0002 | 0.0013 ± 0.00030 | <0.0002 |
| Plata Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.000003 | 0.000010 | <0.000010 | 0.000521 ± 0.000078 |
| Plomo Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0006 | 0.0002 | 0.0002 ± 0.0000 | <0.0002 |
| Potasio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.13 | 0.04 | 6.38 ± 0.51 | 2.99 ± 0.24 |
| Rubidio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0009 | 0.0003 | 0.0021 ± 0.00020 | 0.0014 ± 0.00010 |
| Selenio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0013 | 0.0004 | <0.0004 | <0.0004 |
| Silice Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.27 | 0.09 | 10.55 * ± 1.27 | 8.85 * ± 1.060 |
| Silicio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.13 | 0.04 | 4.93 ± 0.59 | 4.14 ± 0.50 |
| Sodio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.019 | 0.006 | 1.457 ± 0.16 | 1.344 ± 0.15 |
| Talio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00006 | 0.00002 | <0.00002 | <0.00002 |
| Tantalio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0021 | 0.0007 | <0.0007 | <0.0007 |
| Teluro Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.003 | 0.001 | <0.001 | <0.001 |
| Thorio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00019 | 0.00006 | <0.00006 | <0.00006 |
| Titanio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0006 | 0.0002 | 0.0102 ± 0.0013 | 0.0041 ± 0.00050 |
| Uranio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.000010 | 0.000003 | 0.000017 ± 0.0000040 | <0.000003 |
| Vanadio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0003 | 0.0001 | 0.0033 ± 0.00050 | 0.0019 ± 0.00030 |
| Wolframio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0006 | 0.0002 | <0.0002 | <0.0002 |
| Yterbio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00006 | 0.00002 | 0.00004 ± 0.000010 | 0.00002 ± 0.00000 |
| Zinc Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0026 | 0.0008 | 0.0023 ± 0.00020 | <0.0008 |
| Zirconio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00045 | 0.00015 | 0.00032 ± 0.000070 | <0.00015 |
| Hidrocarburos Totales de Petróleo (C8-C40) | | | | | | |
| Hidrocarburos Totales de Petróleo (C8-C40) | EW_EPA8015_TPH2 | mg/L | 0.009 | 0.003 | <0.003 | |

| IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA | | | | | 49879-24-SW-005 |
|---|-----------------|--------|-------|-------|--|
| FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA | | | | | 18/04/2024 07:31:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL |
| Parámetro | Referencia | Unidad | LC | LD | Resultado ± Incertidumbre |
| Análisis Generales | | | | | |
| Aceites y Grasas | EW_ASTMD3921 | mg/L | 0.4 | 0.2 | <0.2 |
| Hidrocarburos Totales de Petróleo (C8-C40) | | | | | |
| Hidrocarburos Totales de Petróleo (C8-C40) | EW_EPA8015_TPH2 | mg/L | 0.009 | 0.003 | <0.003 |

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA2412252 Rev. 1**

CONTROL DE CALIDAD

LC: Limite de cuantificación
MB: Blanco del proceso.
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

| Parámetro | Unidad | LC | MB | DUP %RPD | LCS %Recovery | MS %Recovery | MSD %RPD |
|--|--------|----------|-----------|----------|---------------|--------------|----------|
| Hidrocarburos Totales de Petróleo (C8-C40) | mg/L | 0.009 | <0.009 | 0% | 83% | 85% | |
| Aceites y Grasas | mg/L | 0.4 | <0.4 | 0% | 96% | 99% | |
| Aluminio Disuelto | mg/L | 0.003 | <0.003 | 0% | 100% | 102 - 105% | 7% |
| Antimonio Disuelto | mg/L | 0.00013 | <0.00013 | 0% | 91 - 100% | 96% | 3% |
| Arsénico Disuelto | mg/L | 0.00010 | <0.00010 | 0% | 92 - 107% | 94 - 96% | 5% |
| Bario Disuelto | mg/L | 0.0003 | <0.0003 | 1% | 96 - 104% | 100 - 105% | 4% |
| Berilio Disuelto | mg/L | 0.00006 | <0.00006 | 0% | 98 - 100% | 92 - 103% | 1% |
| Bismuto Disuelto | mg/L | 0.00003 | <0.00003 | 0% | 94 - 106% | 97 - 109% | 12% |
| Boro Disuelto | mg/L | 0.006 | <0.006 | 1% | 96 - 100% | 97 - 98% | 0% |
| Cadmio Disuelto | mg/L | 0.00003 | <0.00003 | 0% | 95 - 108% | 93 - 106% | 11% |
| Calcio Disuelto | mg/L | 0.009 | <0.009 | 1% | 97 - 100% | 106 - 108% | 7% |
| Cerio Disuelto | mg/L | 0.00024 | <0.00024 | 3% | 96 - 101% | 104 - 109% | 9% |
| Cesio Disuelto | mg/L | 0.0003 | <0.0003 | 0% | 93 - 98% | 100 - 106% | 1% |
| Cobalto Disuelto | mg/L | 0.00003 | <0.00003 | 0% | 91 - 93% | 91 - 108% | 11% |
| Cobre Disuelto | mg/L | 0.00009 | <0.00009 | 1% | 93 - 97% | 91 - 93% | 3% |
| Cromo Disuelto | mg/L | 0.0003 | <0.0003 | 0% | 99 - 107% | 96 - 104% | 2% |
| Estaño Disuelto | mg/L | 0.00010 | <0.00010 | 0% | 95 - 102% | 91 - 106% | 2% |
| Estroncio Disuelto | mg/L | 0.0006 | <0.0006 | 1% | 91 - 99% | 99 - 102% | 0% |
| Fósforo Disuelto | mg/L | 0.047 | <0.047 | 0% | 91 - 95% | 94 - 104% | 7% |
| Galio Disuelto | mg/L | 0.00012 | <0.00012 | 0% | 102 - 108% | 98 - 102% | 1% |
| Germanio Disuelto | mg/L | 0.0006 | <0.0006 | 0% | 92 - 95% | 91 - 93% | 11% |
| Hafnio Disuelto | mg/L | 0.00015 | <0.00015 | 0% | 92 - 93% | 100 - 106% | 9% |
| Hierro Disuelto | mg/L | 0.0013 | <0.0013 | 1% | 93 - 107% | 94 - 95% | 4% |
| Lantano Disuelto | mg/L | 0.0015 | <0.0015 | 0% | 93 - 107% | 95 - 100% | 1% |
| Litio Disuelto | mg/L | 0.0003 | <0.0003 | 8% | 100 - 107% | 95 - 100% | 8% |
| Lutecio Disuelto | mg/L | 0.00006 | <0.00006 | 0% | 92 - 107% | 92 - 93% | 13% |
| Magnesio Disuelto | mg/L | 0.003 | <0.003 | 0% | 92 - 108% | 96 - 97% | 1% |
| Manganeso Disuelto | mg/L | 0.00010 | <0.00010 | 7% | 93 - 94% | 93 - 96% | 2% |
| Mercurio Disuelto | mg/L | 0.00009 | <0.00009 | 0% | 94 - 100% | 94 - 97% | 5% |
| Molibdeno Disuelto | mg/L | 0.00006 | <0.00006 | 0% | 91 - 95% | 91 - 94% | 1% |
| Niobio Disuelto | mg/L | 0.0015 | <0.0015 | 0% | 92 - 103% | 93 - 100% | 1% |
| Niquel Disuelto | mg/L | 0.0006 | <0.0006 | 0% | 94 - 95% | 99 - 100% | 0% |
| Plata Disuelto | mg/L | 0.000010 | <0.000010 | 0% | 95 - 103% | 91 - 93% | 13% |
| Plomo Disuelto | mg/L | 0.0006 | <0.0006 | 0% | 92 - 100% | 91 - 100% | 0% |
| Potasio Disuelto | mg/L | 0.13 | <0.13 | 0% | 95 - 99% | 102 - 106% | 1% |
| Rubidio Disuelto | mg/L | 0.0009 | <0.0009 | 4% | 100 - 104% | 98 - 99% | 1% |
| Selenio Disuelto | mg/L | 0.0013 | <0.0013 | 0% | 101 - 103% | 92 - 93% | 10% |
| Silice Disuelto | mg/L | 0.27 | <0.27 | 3% | 96 - 103% | 97 - 106% | 9% |
| Silicio Disuelto | mg/L | 0.128 | <0.128 | 3% | 95 - 103% | 97 - 106% | 9% |
| Sodio Disuelto | mg/L | 0.019 | <0.019 | 0% | 96 - 107% | 92 - 109% | 0% |
| Talio Disuelto | mg/L | 0.00006 | <0.00006 | 0% | 99 - 102% | 94 - 105% | 3% |
| Tantalio Disuelto | mg/L | 0.0021 | <0.0021 | 0% | 98 - 102% | 96 - 108% | 0% |
| Teluro Disuelto | mg/L | 0.003 | <0.003 | 0% | 97 - 101% | 100 - 107% | 7% |
| Thorio Disuelto | mg/L | 0.00019 | <0.00019 | 0% | 107 - 109% | 94 - 98% | 0% |
| Titanio Disuelto | mg/L | 0.0006 | <0.0006 | 0% | 101 - 103% | 91 - 109% | 6% |
| Uranio Disuelto | mg/L | 0.000010 | <0.000010 | 0% | 104% | 99 - 109% | 9% |
| Vanadio Disuelto | mg/L | 0.0003 | <0.0003 | 5% | 95 - 99% | 91 - 97% | 4% |
| Wolframio Disuelto | mg/L | 0.0006 | <0.0006 | 0% | 96 - 99% | 93 - 98% | 0% |
| Yterbio Disuelto | mg/L | 0.00006 | <0.00006 | 0% | 97 - 105% | 92 - 97% | 8% |
| Zinc Disuelto | mg/L | 0.0026 | <0.0026 | 0% | 101 - 109% | 106 - 107% | 6% |
| Zirconio Disuelto | mg/L | 0.00045 | <0.00045 | 0% | 95 - 97% | 91 - 94% | 1% |
| Aluminio Total | mg/L | 0.003 | <0.003 | 0% | 104% | 98 - 105% | 0% |
| Antimonio Total | mg/L | 0.00013 | <0.00013 | 0% | 96 - 104% | 94 - 109% | 5% |
| Arsénico Total | mg/L | 0.00010 | <0.00010 | 0% | 101 - 108% | 94 - 98% | 3% |
| Bario Total | mg/L | 0.0003 | <0.0003 | 8% | 98 - 108% | 93 - 94% | 4% |
| Berilio Total | mg/L | 0.00006 | <0.00006 | 0% | 100 - 105% | 102 - 105% | 1% |
| Bismuto Total | mg/L | 0.00003 | <0.00003 | 0% | 98 - 103% | 92 - 97% | 5% |
| Boro Total | mg/L | 0.006 | <0.006 | 1% | 96 - 104% | 100% | 7% |
| Cadmio Total | mg/L | 0.00003 | <0.00003 | 2% | 97 - 105% | 104 - 107% | 2% |
| Calcio Total | mg/L | 0.009 | <0.009 | 2% | 91 - 100% | 98 - 102% | 8% |
| Cerio Total | mg/L | 0.00024 | <0.00024 | 3% | 99 - 102% | 98 - 100% | 6% |
| Cesio Total | mg/L | 0.0003 | <0.0003 | 0% | 99 - 102% | 105 - 107% | 0% |
| Cobalto Total | mg/L | 0.00003 | <0.00003 | 0% | 94 - 108% | 99% | 4% |
| Cobre Total | mg/L | 0.00009 | <0.00009 | 0% | 94% | 94 - 106% | 3% |
| Cromo Total | mg/L | 0.0003 | <0.0003 | 0% | 95% | 92 - 102% | 8% |

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 6 de 9

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA2412252 Rev. 1**

CONTROL DE CALIDAD

LC: Límite de cuantificación
MB: Blanco del proceso.
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

| Parámetro | Unidad | LC | MB | DUP %RPD | LCS %Recovery | MS %Recovery | MSD %RPD |
|----------------------------------|------------|----------|-----------|----------|---------------|--------------|----------|
| Estaño Total | mg/L | 0.00010 | <0.00010 | 0% | 96 - 107% | 100 - 108% | 10% |
| Estroncio Total | mg/L | 0.0006 | <0.0006 | 6% | 91 - 92% | 91 - 92% | 8% |
| Fósforo Total | mg/L | 0.047 | <0.047 | 0% | 100 - 106% | 93 - 94% | 9% |
| Galio Total | mg/L | 0.00012 | <0.00012 | 0% | 98 - 100% | 97 - 102% | 4% |
| Germanio Total | mg/L | 0.0006 | <0.0006 | 0% | 91 - 93% | 98 - 105% | 2% |
| Hafnio Total | mg/L | 0.00015 | <0.00015 | 0% | 92 - 109% | 93 - 100% | 1% |
| Hierro Total | mg/L | 0.0013 | <0.0013 | 2% | 92 - 100% | 97 - 100% | 3% |
| Lantano Total | mg/L | 0.0015 | <0.0015 | 0% | 95 - 98% | 95 - 106% | 10% |
| Litio Total | mg/L | 0.0003 | <0.0003 | 1% | 93 - 101% | 96 - 107% | 5% |
| Lutecio Total | mg/L | 0.00006 | <0.00006 | 0% | 92 - 93% | 91 - 100% | 12% |
| Magnesio Total | mg/L | 0.003 | <0.003 | 0% | 100 - 103% | 99% | 0% |
| Manganeso Total | mg/L | 0.00010 | <0.00010 | 0% | 93 - 95% | 92 - 98% | 3% |
| Mercurio Total | mg/L | 0.00009 | <0.00009 | 0% | 101 - 102% | 91% | 10% |
| Molibdeno Total | mg/L | 0.00006 | <0.00006 | 0% | 95 - 96% | 92 - 98% | 11% |
| Niobio Total | mg/L | 0.0015 | <0.0015 | 0% | 93 - 104% | 95 - 99% | 12% |
| Niquel Total | mg/L | 0.0006 | <0.0006 | 0% | 98 - 101% | 94 - 104% | 8% |
| Plata Total | mg/L | 0.000010 | <0.000010 | 0% | 94 - 99% | 91 - 97% | 8% |
| Plomo Total | mg/L | 0.0006 | <0.0006 | 0% | 106 - 108% | 96 - 110% | 6% |
| Potasio Total | mg/L | 0.13 | <0.13 | 5% | 97 - 101% | 100 - 104% | 0% |
| Rubidio Total | mg/L | 0.0009 | <0.0009 | 0% | 101 - 104% | 95 - 105% | 5% |
| Selenio Total | mg/L | 0.0013 | <0.0013 | 0% | 103 - 106% | 91 - 106% | 1% |
| Silice Total | mg/L | 0.27 | <0.27 | 0% | 101 - 107% | 101 - 108% | 0% |
| Silicio Total | mg/L | 0.128 | <0.128 | 0% | 100 - 107% | 101 - 108% | 0% |
| Sodio Total | mg/L | 0.019 | <0.019 | 8% | 100 - 108% | 95 - 101% | 10% |
| Talio Total | mg/L | 0.00006 | <0.00006 | 0% | 92 - 100% | 97 - 105% | 1% |
| Tantalio Total | mg/L | 0.0021 | <0.0021 | 0% | 99 - 102% | 99 - 102% | 1% |
| Teluro Total | mg/L | 0.003 | <0.003 | 0% | 106% | 102 - 106% | 1% |
| Thorio Total | mg/L | 0.00019 | <0.00019 | 0% | 99 - 108% | 95 - 101% | 5% |
| Titanio Total | mg/L | 0.0006 | <0.0006 | 6% | 91 - 107% | 92 - 97% | 11% |
| Uranio Total | mg/L | 0.000010 | <0.000010 | 0% | 92 - 105% | 95 - 101% | 0% |
| Vanadio Total | mg/L | 0.0003 | <0.0003 | 4% | 91 - 102% | 90 - 92% | 5% |
| Wolframio Total | mg/L | 0.0006 | <0.0006 | 0% | 97 - 99% | 95 - 98% | 2% |
| Yterbio Total | mg/L | 0.00006 | <0.00006 | 3% | 105 - 106% | 100 - 102% | 7% |
| Zinc Total | mg/L | 0.0026 | <0.0026 | 0% | 100 - 103% | 91 - 100% | 9% |
| Zirconio Total | mg/L | 0.00045 | <0.00045 | 0% | 96 - 97% | 95 - 98% | 5% |
| Alcalinidad Total | mg CaCO3/L | 1.0 | <1.0 | 1% | 101% | | |
| Bicarbonatos | mg HCO3/L | 1.2 | <1.2 | 0 - 1% | 97% | | |
| Carbonatos | mg CO3/L | 0.6 | <0.6 | 0% | 101% | | |
| Bromuro | mg/L | 0.042 | <0.042 | | 100 - 101% | 100 - 101% | 0 - 1% |
| Cloruro | mg/L | 0.050 | <0.050 | | 100% | 100 - 101% | 0% |
| Fluoruro | mg/L | 0.004 | <0.004 | | 99 - 100% | 98 - 100% | 0 - 6% |
| Fosfato | mg/L | 0.038 | <0.038 | | 99 - 100% | 100% | 0% |
| Nitrato | mg/L | 0.062 | <0.062 | | 99 - 100% | 99 - 100% | 0 - 1% |
| Nitrato (como N) | mg/L | 0.014 | <0.014 | | 99 - 100% | 100 - 101% | 0 - 1% |
| Nitratos(NO3-N)+Nitritos (NO2-N) | mg/L | 0.052 | <0.052 | | 99 - 100% | 100% | 0 - 1% |
| Nitrito | mg/L | 0.006 | <0.006 | | 99 - 100% | 100% | 0% |
| Nitrito (como N) | mg/L | 0.002 | <0.002 | | 99 - 100% | 100% | 0% |
| Sulfato | mg/L | 0.03 | <0.03 | | 100% | 100 - 101% | 0 - 1% |

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA2412252 Rev. 1**

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

| Referencia | Sede | Parámetro | Método de Ensayo |
|-----------------|--------|--|---|
| EW_APHA2320B | Callao | Bicarbonatos | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 24th Ed., 2023. Alkalinity Titration Method. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2019 |
| EW_APHA2320B | Callao | Carbonatos | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 24th Ed., 2023. Alkalinity Titration Method. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2019 |
| EW_APHA2320B | Callao | Alcalinidad Total | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 24th Ed., 2023. Alkalinity Titration Method. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2019 |
| EW_EPA200_8 | Callao | Metales Totales | EPA- Method 200.8 Rev. 5.4, 1994. Determination of trace elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass spectrometry. 2015 (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) |
| EW_EPA200_8_DIS | Callao | Metales Disueltos | EPA- Method 200.8 Rev. 5.4, 1994. Determination of trace elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass spectrometry. 2015 (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) |
| EW_EPA300_0 | Callao | Bromuro | EPA 300.0. Rev. 2.1:1993. Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2016 |
| EW_EPA300_0 | Callao | Cloruro | EPA 300.0. Rev. 2.1:1993. Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2016 |
| EW_EPA300_0 | Callao | Fluoruro | EPA 300.0. Rev. 2.1:1993. Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2016 |
| EW_EPA300_0 | Callao | Nitrato (como N) | EPA 300.0. Rev. 2.1:1993. Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2016 |
| EW_EPA300_0 | Callao | Nitrato | EPA 300.0. Rev. 2.1:1993. Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2016 |
| EW_EPA300_0 | Callao | Nitrito (como N) | EPA 300.0. Rev. 2.1:1993. Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2016 |
| EW_EPA300_0 | Callao | Nitrito | EPA 300.0. Rev. 2.1:1993. Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2016 |
| EW_EPA300_0 | Callao | Nitratos(NO3-N)+Nitritos (NO2-N) | EPA 300.0. Rev. 2.1:1993. Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2016 |
| EW_EPA300_0 | Callao | Fosfato | EPA 300.0. Rev. 2.1:1993. Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2016 |
| EW_EPA300_0 | Callao | Sulfato | EPA 300.0. Rev. 2.1:1993. Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2016 |
| EW_ASTMD3921 | Callao | Aceites y Grasas | ASTM D3921 - 96 (Reapproved 2011). Standard Test Method for Oil and Grease and Petroleum Hydrocarbons in Water. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2015 |
| EW_EPA8015_TPH2 | Callao | Hidrocarburos Totales de Petróleo (C8-C40) | EPA METHOD 8015C Rev. 03:2007. Validado (Aplicado fuera del alcance) 2019 |



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA2412252 Rev. 1**

NOTAS

Notas:

- El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.
- (***) Los resultados del ensayo no se encuentran dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL - DA debido a que la muestra no es idónea para el ensayo solicitado. Los resultados se emiten a solicitud del cliente.

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

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.

Última Revisión Enero 2022

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 9 de 9



**INFORME DE ENSAYO
MA2412251 Rev. 0**

INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO

AV. CANADA 1470 - SAN BORJA

ENV / LB-353761-005

PROCEDENCIA : **TUNDUSA, AMAZONAS**

Fecha de Recepción SGS : 19-04-2024
Fecha de Ejecución : Del 19-04-2024 al 25-04-2024
Muestreo Realizado Por : CLIENTE
Observación : ACT11: Servicio de asistencia técnica de Peligros Geológicos a Nivel Nacional

| Estación de Muestreo |
|----------------------|
| 10h-SLGQ24-001T |
| 10h-SLGQ24-001D |
| 10h-SLGQ24-002T |
| 10h-SLGQ24-002D |
| 10h-SLGQ24-003T |
| 10h-SLGQ24-003D |
| 10h-SLGQ24-004T |
| 10h-SLGQ24-004D |

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 25/04/2024

Frank M. Julcamoro Quispe
C.Q.P. 1033
Supervisor de Laboratorio

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 1 de 9

**INFORME DE ENSAYO
MA2412251 Rev. 0**

| IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA | | | | | 10h-SLGQ24-001T | 10h-SLGQ24-001D | 10h-SLGQ24-002T |
|---------------------------|-----------------|--------|--------|---------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | | | | 9471344N / 182206E | 9471344N / 182206E | 9471211N / 182086E |
| PROFUNDIDAD (m) | | | | | | | |
| FECHA DE MUESTREO | | | | | 04/04/2024 | 04/04/2024 | 04/04/2024 |
| HORA DE MUESTREO | | | | | 09:00:00 | 10:00:00 | 10:00:00 |
| MATRIZ | | | | | SUELOS | SUELOS | SUELOS |
| PRODUCTO DESCRITO COMO | | | | | SUELOS | SUELOS | SUELOS |
| Parámetro | Referencia | Unidad | LD | LC | Resultado | Resultado | Resultado |
| Metales Totales | | | | | | | |
| Aluminio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 2.701 | 8.602 | 12,991.673 | 16,649.311 | 10,100.159 |
| Antimonio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.041 | 0.131 | <0.131 | <0.131 | <0.131 |
| Arsénico Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.897 | 2.857 | <2.857 | <2.857 | <2.857 |
| Bario Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.138 | 0.440 | 25.490 | 15.689 | 35.285 |
| Berilio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.054 | 0.173 | 0.196 | <0.173 | 0.237 |
| Bismuto Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.032 | 0.103 | 0.141 | 0.128 | 0.111 |
| Boro Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 5.399 | 17.195 | <17.195 | <17.195 | <17.195 |
| Cadmio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.045 | 0.144 | <0.144 | <0.144 | <0.144 |
| Calcio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 65.382 | 208.223 | 889.322 | <208.223 | 1,182.698 |
| Circonio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.046 | 0.147 | 8.991 | 9.657 | 4.445 |
| Cobalto Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.040 | 0.128 | 2.086 | 1.778 | 3.768 |
| Cobre Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.357 | 1.136 | 12.934 | 5.301 | 8.145 |
| Cromo Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.314 | 1.001 | 5.841 | 7.688 | 5.390 |
| Escandio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.099 | 0.317 | 4.513 | 3.980 | 3.197 |
| Estaño Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.295 | 0.940 | <0.940 | <0.940 | <0.940 |
| Estroncio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.258 | 0.822 | 4.839 | 1.481 | 5.967 |
| Fosforo Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 4.759 | 15.157 | 56.684 | 17.537 | 102.034 |
| Hierro Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 9.201 | 29.302 | 7,354.675 | 7,739.176 | 11,740.174 |
| Lantano Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.032 | 0.103 | 9.017 | 7.316 | 7.617 |
| Litio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 1.0 | 3.0 | 3.0 | 4.8 | 4.4 |
| Magnesio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 5.509 | 17.545 | 824.192 | 837.578 | 1,043.103 |
| Manganeso Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.202 | 0.643 | 25.574 | 23.203 | 112.869 |
| Mercurio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.082 | 0.262 | <0.262 | <0.262 | <0.262 |
| Molibdeno Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.057 | 0.182 | <0.182 | <0.182 | <0.182 |
| Níquel Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.156 | 0.498 | 2.750 | 2.811 | 4.856 |
| Plata Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.084 | 0.268 | <0.268 | <0.268 | <0.268 |
| Plomo Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.109 | 0.346 | 8.173 | 8.195 | 6.422 |
| Potasio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 13.500 | 42.993 | 838.239 | 877.539 | 743.578 |
| Selenio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 1.132 | 3.605 | <3.605 | <3.605 | <3.605 |
| Sodio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 7.579 | 24.136 | <24.136 | <24.136 | <24.136 |
| Talio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.029 | 0.093 | 0.129 | 0.122 | 0.098 |
| Thorio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.035 | 0.112 | 4.253 | 4.047 | 2.883 |

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 2 de 9

**INFORME DE ENSAYO
MA2412251 Rev. 0**

| IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA | | | | | 10h-SLGQ24-001T | 10h-SLGQ24-001D | 10h-SLGQ24-002T |
|---------------------------|-----------------|--------|-------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|
| PROFUNDIDAD (m) | | | | | 9471344N / 182206E | 9471344N / 182206E | 9471211N / 182086E |
| FECHA DE MUESTREO | | | | | 04/04/2024 | 04/04/2024 | 04/04/2024 |
| HORA DE MUESTREO | | | | | 09:00:00 | 10:00:00 | 10:00:00 |
| MATRIZ | | | | | SUELOS | SUELOS | SUELOS |
| PRODUCTO DESCRITO COMO | | | | | SUELOS | SUELOS | SUELOS |
| Parámetro | Referencia | Unidad | LD | LC | Resultado | Resultado | Resultado |
| Metales Totales | | | | | | | |
| Titanio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.079 | 0.251 | 5.603 | 5.558 | 14.797 |
| Uranio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.032 | 0.102 | 0.459 | 0.273 | 0.275 |
| Vanadio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 1.488 | 4.737 | 25.596 | 19.776 | 24.711 |
| Wolframio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.072 | 0.231 | <0.231 | <0.231 | <0.231 |
| Ytrio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.030 | 0.096 | 5.302 | 2.706 | 5.381 |
| Zinc Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.607 | 1.934 | 8.495 | 9.077 | 12.804 |

| IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA | | | | | 10h-SLGQ24-002D | 10h-SLGQ24-003T | 10h-SLGQ24-003D |
|---------------------------|-----------------|--------|--------|---------|--------------------|--------------------|--------------------|
| PROFUNDIDAD (m) | | | | | 9471211N / 182086E | 9471611N / 181985E | 9471611N / 181985E |
| FECHA DE MUESTREO | | | | | 04/04/2024 | 10/04/2024 | 10/04/2024 |
| HORA DE MUESTREO | | | | | 10:00:00 | 11:00:00 | 11:00:00 |
| MATRIZ | | | | | SUELOS | SUELOS | SUELOS |
| PRODUCTO DESCRITO COMO | | | | | SUELOS | SUELOS | SUELOS |
| Parámetro | Referencia | Unidad | LD | LC | Resultado | Resultado | Resultado |
| Metales Totales | | | | | | | |
| Aluminio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 2.701 | 8.602 | 9,665.675 | 15,036.762 | 18,521.310 |
| Antimonio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.041 | 0.131 | <0.131 | <0.131 | 0.167 |
| Arsénico Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.897 | 2.857 | <2.857 | 4.111 | 4.979 |
| Bario Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.138 | 0.440 | 28.896 | 30.036 | 35.495 |
| Berilio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.054 | 0.173 | 0.196 | 0.259 | 0.356 |
| Bismuto Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.032 | 0.103 | 0.124 | 0.156 | 0.175 |
| Boro Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 5.399 | 17.195 | <17.195 | <17.195 | <17.195 |
| Cadmio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.045 | 0.144 | <0.144 | <0.144 | <0.144 |
| Calcio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 65.382 | 208.223 | 948.278 | 1,085.169 | 420.389 |
| Circonio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.046 | 0.147 | 4.458 | 3.826 | 7.362 |
| Cobalto Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.040 | 0.128 | 3.259 | 6.469 | 8.061 |
| Cobre Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.357 | 1.136 | 6.529 | 9.915 | 11.434 |
| Cromo Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.314 | 1.001 | 6.138 | 7.062 | 8.171 |

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 3 de 9

**INFORME DE ENSAYO
MA2412251 Rev. 0**

| IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA | | | | | 10h-SLGQ24-002D 9471211N / 182086E | 10h-SLGQ24-003T 9471611N / 181985E | 10h-SLGQ24-003D 9471611N / 181985E |
|---------------------------|-----------------|--------|--------|--------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| PROFUNDIDAD (m) | | | | | | | |
| FECHA DE MUESTREO | | | | | 04/04/2024 | 10/04/2024 | 10/04/2024 |
| HORA DE MUESTREO | | | | | 10:00:00 | 11:00:00 | 11:00:00 |
| MATRIZ | | | | | SUELOS | SUELOS | SUELOS |
| PRODUCTO DESCRITO COMO | | | | | SUELOS | SUELOS | SUELOS |
| Parámetro | Referencia | Unidad | LD | LC | Resultado | Resultado | Resultado |
| Metales Totales | | | | | | | |
| Escandio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.099 | 0.317 | 3.038 | 3.752 | 5.965 |
| Estaño Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.295 | 0.940 | <0.940 | <0.940 | <0.940 |
| Estroncio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.258 | 0.822 | 4.721 | 4.997 | 4.301 |
| Fosforo Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 4.759 | 15.157 | 79.592 | 223.664 | 105.536 |
| Hierro Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 9.201 | 29.302 | 11,872.158 | 16,144.323 | 19,287.713 |
| Lantano Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.032 | 0.103 | 7.316 | 5.860 | 10.274 |
| Litio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 1.0 | 3.0 | 4.5 | 6.2 | 7.9 |
| Magnesio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 5.509 | 17.545 | 918.826 | 1,580.156 | 1,817.016 |
| Manganeso Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.202 | 0.643 | 82.295 | 378.104 | 481.895 |
| Mercurio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.082 | 0.262 | <0.262 | <0.262 | <0.262 |
| Molibdeno Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.057 | 0.182 | 0.184 | 0.479 | 0.612 |
| Níquel Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.156 | 0.498 | 4.357 | 5.043 | 7.198 |
| Plata Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.084 | 0.268 | <0.268 | <0.268 | <0.268 |
| Plomo Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.109 | 0.346 | 7.912 | 12.070 | 14.370 |
| Potasio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 13.500 | 42.993 | 596.652 | 1,102.164 | 1,240.071 |
| Selenio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 1.132 | 3.605 | <3.605 | <3.605 | <3.605 |
| Sodio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 7.579 | 24.136 | <24.136 | <24.136 | <24.136 |
| Talio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.029 | 0.093 | 0.106 | 0.217 | 0.225 |
| Thorio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.035 | 0.112 | 2.927 | 3.852 | 5.001 |
| Titanio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.079 | 0.251 | 18.892 | 10.324 | 13.855 |
| Uranio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.032 | 0.102 | 0.372 | 0.522 | 0.605 |
| Vanadio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 1.488 | 4.737 | 25.460 | 29.498 | 34.545 |
| Wolframio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.072 | 0.231 | <0.231 | <0.231 | <0.231 |
| Ytrio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.030 | 0.096 | 4.294 | 2.276 | 6.019 |
| Zinc Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.607 | 1.934 | 13.950 | 20.542 | 23.379 |

**INFORME DE ENSAYO
MA2412251 Rev. 0**

| IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA | | | | | 10h-SLGQ24-004T | 10h-SLGQ24-004D |
|---------------------------|-----------------|--------|--------|---------|--------------------|--------------------|
| PROFUNDIDAD (m) | | | | | 9470919N / 181901E | 9470919N / 181901E |
| FECHA DE MUESTREO | | | | | 12/04/2024 | 12/04/2024 |
| HORA DE MUESTREO | | | | | 10:00:00 | 11:00:00 |
| MATRIZ | | | | | SUELOS | SUELOS |
| PRODUCTO DESCRITO COMO | | | | | SUELOS | SUELOS |
| Parámetro | Referencia | Unidad | LD | LC | Resultado | Resultado |
| Metales Totales | | | | | | |
| Aluminio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 2.701 | 8.602 | 8,499.087 | 12,395.040 |
| Antimonio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.041 | 0.131 | <0.131 | <0.131 |
| Arsénico Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.897 | 2.857 | <2.857 | <2.857 |
| Bario Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.138 | 0.440 | 26.410 | 38.097 |
| Berilio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.054 | 0.173 | <0.173 | 0.203 |
| Bismuto Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.032 | 0.103 | <0.103 | 0.108 |
| Boro Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 5.399 | 17.195 | <17.195 | <17.195 |
| Cadmio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.045 | 0.144 | <0.144 | <0.144 |
| Calcio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 65.382 | 208.223 | 428.186 | 795.545 |
| Circonio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.046 | 0.147 | 2.321 | 2.210 |
| Cobalto Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.040 | 0.128 | 2.640 | 3.309 |
| Cobre Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.357 | 1.136 | 5.799 | 7.634 |
| Cromo Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.314 | 1.001 | 4.351 | 6.992 |
| Escandio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.099 | 0.317 | 2.047 | 2.983 |
| Estaño Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.295 | 0.940 | <0.940 | <0.940 |
| Estroncio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.258 | 0.822 | 3.289 | 6.036 |
| Fosforo Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 4.759 | 15.157 | 135.690 | 151.724 |
| Hierro Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 9.201 | 29.302 | 9,369.653 | 13,496.610 |
| Lantano Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.032 | 0.103 | 5.611 | 7.072 |
| Litio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 1.0 | 3.0 | 3.3 | 4.6 |
| Magnesio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 5.509 | 17.545 | 807.489 | 1,100.131 |
| Manganeso Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.202 | 0.643 | 64.418 | 63.138 |
| Mercurio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.082 | 0.262 | <0.262 | <0.262 |
| Molibdeno Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.057 | 0.182 | <0.182 | 0.202 |
| Níquel Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.156 | 0.498 | 3.791 | 3.223 |
| Plata Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.084 | 0.268 | <0.268 | <0.268 |
| Plomo Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.109 | 0.346 | 5.564 | 7.896 |
| Potasio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 13.500 | 42.993 | 512.574 | 743.156 |
| Selenio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 1.132 | 3.605 | <3.605 | <3.605 |
| Sodio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 7.579 | 24.136 | <24.136 | <24.136 |

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 5 de 9

**INFORME DE ENSAYO
MA2412251 Rev. 0**

| IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA | | | | | 10h-SLGQ24-004T | 10h-SLGQ24-004D |
|---------------------------|-----------------|--------|-------|-------|--------------------|--------------------|
| PROFUNDIDAD (m) | | | | | 9470919N / 181901E | 9470919N / 181901E |
| FECHA DE MUESTREO | | | | | 12/04/2024 | 12/04/2024 |
| HORA DE MUESTREO | | | | | 10:00:00 | 11:00:00 |
| MATRIZ | | | | | SUELOS | SUELOS |
| PRODUCTO DESCRITO COMO | | | | | SUELOS | SUELOS |
| Parámetro | Referencia | Unidad | LD | LC | Resultado | Resultado |
| Metales Totales | | | | | | |
| Talio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.029 | 0.093 | <0.093 | 0.127 |
| Thorio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.035 | 0.112 | 2.271 | 2.639 |
| Titanio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.079 | 0.251 | 14.981 | 14.277 |
| Uranio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.032 | 0.102 | 0.225 | 0.324 |
| Vanadio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 1.488 | 4.737 | 20.657 | 27.959 |
| Wolframio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.072 | 0.231 | <0.231 | <0.231 |
| Ytrio Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.030 | 0.096 | 2.633 | 3.319 |
| Zinc Total (2) | ES_EPA3051_6020 | mg/kg | 0.607 | 1.934 | 10.981 | 13.614 |

**INFORME DE ENSAYO
MA2412251 Rev. 0**

CONTROL DE CALIDAD

LC: Limite de cuantificación
MB: Blanco del proceso.
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

| Parámetro | Unidad | LC | MB | DUP %RPD | LCS %Recovery | MS %Recovery | MSD %RPD |
|-----------------|--------|---------|----------|----------|---------------|--------------|----------|
| Aluminio Total | mg/kg | 8.602 | <8.602 | 0 - 9% | 94% | 94% | 0% |
| Antimonio Total | mg/kg | 0.131 | <0.131 | 0 - 7% | 88% | 88% | 0% |
| Arsénico Total | mg/kg | 2.857 | <2.857 | 1 - 7% | 95% | 93% | 1% |
| Bario Total | mg/kg | 0.440 | <0.440 | 4 - 8% | 96% | 96% | 0% |
| Berilio Total | mg/kg | 0.173 | <0.173 | 0 - 8% | 93% | 107% | 10% |
| Bismuto Total | mg/kg | 0.103 | <0.103 | 0 - 5% | 101% | 104% | 9% |
| Boro Total | mg/kg | 17.195 | <17.195 | 0% | 100% | 100% | 0% |
| Cadmio Total | mg/kg | 0.144 | <0.144 | 0 - 9% | 104% | 101% | 1% |
| Calcio Total | mg/kg | 208.223 | <208.223 | 1 - 8% | 102% | 99% | 8% |
| Circonio Total | mg/kg | 0.147 | <0.147 | 0 - 6% | 99% | 110% | 7% |
| Cobalto Total | mg/kg | 0.128 | <0.128 | 0 - 9% | 93% | 93% | 1% |
| Cobre Total | mg/kg | 1.136 | <1.136 | 3 - 8% | 91% | 92% | 3% |
| Cromo Total | mg/kg | 1.001 | <1.001 | 1 - 9% | 98% | 98% | 0% |
| Escandio Total | mg/kg | 0.317 | <0.317 | 2 - 6% | 94% | 107% | 9% |
| Estaño Total | mg/kg | 0.940 | <0.940 | 1 - 4% | 98% | 90% | 15% |
| Estroncio Total | mg/kg | 0.822 | <0.822 | 6 - 10% | 88% | 89% | 0% |
| Fosforo Total | mg/kg | 15.157 | <15.157 | 1 - 6% | 91% | 94% | 5% |
| Hierro Total | mg/kg | 29.302 | <29.302 | 0 - 7% | 93% | 97% | 1% |
| Lantano Total | mg/kg | 0.103 | <0.103 | 1 - 6% | 99% | 101% | 8% |
| Litio Total | mg/kg | 3.0 | <3.0 | 0 - 6% | 102% | 104% | 10% |
| Magnesio Total | mg/kg | 17.545 | <17.545 | 1 - 9% | 104% | 91% | 3% |
| Manganeso Total | mg/kg | 0.643 | <0.643 | 0 - 8% | 104% | 104% | 0% |
| Mercurio Total | mg/kg | 0.262 | <0.262 | 1 - 3% | 88% | 88% | 0% |
| Molibdeno Total | mg/kg | 0.182 | <0.182 | 0 - 5% | 88% | 90% | 1% |
| Níquel Total | mg/kg | 0.498 | <0.498 | 0 - 2% | 90% | 97% | 3% |
| Plata Total | mg/kg | 0.268 | <0.268 | 0% | 102% | 103% | 0% |
| Plomo Total | mg/kg | 0.346 | <0.346 | 1 - 6% | 100% | 91% | 2% |
| Potasio Total | mg/kg | 42.993 | <42.993 | 3 - 5% | 91% | 91% | 0% |
| Selenio Total | mg/kg | 3.605 | <3.605 | 0% | 102% | 107% | 0% |
| Sodio Total | mg/kg | 24.136 | <24.136 | 1 - 7% | 96% | 96% | 0% |
| Talio Total | mg/kg | 0.093 | <0.093 | 4 - 12% | 93% | 99% | 9% |
| Thorio Total | mg/kg | 0.112 | <0.112 | 1 - 5% | 102% | 101% | 0% |
| Titanio Total | mg/kg | 0.251 | <0.251 | 1 - 6% | 108% | 108% | 0% |
| Uranio Total | mg/kg | 0.102 | <0.102 | 1 - 6% | 88% | 88% | 0% |
| Vanadio Total | mg/kg | 4.737 | <4.737 | 0 - 5% | 90% | 90% | 1% |
| Wolframio Total | mg/kg | 0.231 | <0.231 | 0% | 102% | 102% | 1% |
| Ytrio Total | mg/kg | 0.096 | <0.096 | 7 - 10% | 100% | 99% | 1% |
| Zinc Total | mg/kg | 1.934 | <1.934 | 0 - 3% | 102% | 102% | 0% |



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2412251 Rev. 0**

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

| Referencia | Sede | Parámetro | Método de Ensayo |
|-----------------|--------|-----------------|--|
| ES_EPA3051_6020 | Callao | Metales Totales | EPA METHOD 3051A-2007//EPA METHOD 6020B:2014. Microwave Assisted Acid Digestion of Sediments, Sludges, Soils and Oils//Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance). 2017. |



**INFORME DE ENSAYO
MA2412251 Rev. 0**

NOTAS

Notas:

- El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
- Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.
- Los resultados de las muestras expresados en mg/Kg se calculan sobre base seca (2).

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

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.

Última Revisión Enero 2022

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 9 de 9



**INFORME DE ENSAYO
MA2416829 Rev. 0**

INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO

AV. CANADA 1470 - SAN BORJA

ENV / LB-355014-004

PROCEDENCIA : **TUNDUSA, AMAZONAS**

Fecha de Recepción SGS : 27-05-2024
Fecha de Ejecución : Del 27-05-2024 al 10-06-2024
Muestreo Realizado Por : CLIENTE

| Estación de Muestreo |
|----------------------|
| 10h-SLGQ24-007 |
| 10h-SLGQ24-006 |
| 10h-SLGQ24-005 |
| 10h-SGQ24-001 |

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 10/06/2024

Frank M. Julcamoro Quispe
C.Q.P. 1033
Supervisor de Laboratorio

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 1 de 5

**INFORME DE ENSAYO
MA2416829 Rev. 0**

| IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA | | | | | 10h-SLGQ24-007 | 10h-SLGQ24-006 | 10h-SLGQ24-005 |
|---|---------------------|--------|------|------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | | | | 9469874N / 181114E | 9470446N / 181629E | 9470919N / 181901E |
| PROFUNDIDAD (m) | | | | | | | |
| FECHA DE MUESTREO | | | | | 23/05/2024 | 23/05/2024 | 23/05/2024 |
| HORA DE MUESTREO | | | | | 10:06:00 | 11:29:00 | 02:43:00 |
| MATRIZ | | | | | SUELOS | SUELOS | SUELOS |
| PRODUCTO DESCRITO COMO | | | | | SUELOS | SUELOS | SUELOS |
| Parámetro | Referencia | Unidad | LD | LC | Resultado | Resultado | Resultado |
| Análisis Generales | | | | | | | |
| Material extraíble al hexano (1) | ES_EPA9071 | mg/kg | 25 | 75 | 494 | 15,593 | 233 |
| Fracción de Hidrocarburos | | | | | | | |
| Fracción de Hidrocarburos F1 (C6-C10) (2) | ES_EPA8015_F1_MG_KG | mg/kg | 0.08 | 0.24 | <0.24 | <0.24 | <0.24 |
| Hidrocarburos Totales de Petróleo (C10-C40) | | | | | | | |
| Fracción de Hidrocarburos F2 (>C10-C28) (2) | ES_EPA8015_TPH | mg/kg | 5 | 15 | 180 | 310 | <15 |
| Fracción de Hidrocarburos F3 (>C28-C40) (2) | ES_EPA8015_TPH | mg/kg | 5 | 15 | 118 | 180 | 31 |

| IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA | | | | | 10h-SGQ24-001 |
|--|--------------------|--------|-----|-----|--------------------|
| | | | | | 9471333N / 182213E |
| PROFUNDIDAD (m) | | | | | |
| FECHA DE MUESTREO | | | | | 24/05/2024 |
| HORA DE MUESTREO | | | | | 11:00:00 |
| MATRIZ | | | | | SEDIMENTOS |
| PRODUCTO DESCRITO COMO | | | | | SEDIMENTOS |
| Parámetro | Referencia | Unidad | LD | LC | Resultado |
| Análisis Generales | | | | | |
| Material extraíble al hexano (1) | ES_EPA9071 | mg/kg | 25 | 75 | 2,388 |
| Hidrocarburos Totales de Petróleo (C6-C40) | | | | | |
| Hidrocarburos Totales de Petróleo (C6-C40) (2) | ES_EPA8015_TPH_P5K | mg/kg | 0.1 | 0.3 | 1,088.9 |

**INFORME DE ENSAYO
MA2416829 Rev. 0**

CONTROL DE CALIDAD

LC: Limite de cuantificación
MB: Blanco del proceso.
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

| Parámetro | Unidad | LC | MB | DUP %RPD | LCS %Recovery | MS %Recovery |
|--|--------|------|------|----------|---------------|--------------|
| Hidrocarburos Totales de Petróleo (C6-C40) | mg/kg | 0.3 | <0.3 | 2% | 96% | 90% |
| Material extraíble al hexano | mg/kg | 75 | <75 | 5% | 98% | 98% |
| Fracción de Hidrocarburos F1 (C6-C10) | mg/kg | 0.24 | Pend | 0% | 101 - 111% | 83 - 104% |
| Fracción de Hidrocarburos F2 (>C10-C28) | mg/kg | 15 | <15 | 3% | 100% | 92% |
| Fracción de Hidrocarburos F3 (>C28-C40) | mg/kg | 15 | <15 | 0% | 103% | 110% |



**INFORME DE ENSAYO
MA2416829 Rev. 0**

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

| Referencia | Sede | Parámetro | Método de Ensayo |
|---------------------|--------|---|---|
| ES_EPA8015_F1_MG_KG | Callao | Fracción de Hidrocarburos F1 (C6-C10) | EPA Method 8015C. Rev.3: 2007. Nonhalogenated Organics by Gas Chromatography. |
| ES_EPA8015_TPH | Callao | Hidrocarburos Totales de Petróleo (C10-C40) | EPA Method 8015C. Rev. 3 Nonhalogenated Organics by Gas Chromatography. 2007 |
| ES_EPA9071 | Callao | Material extraíble al hexano | EPA 9071B; Rev.2: 1998. n-Hexane Extractable Material (HEM) for Sluge, Sediment, and Solid Samples. |
| ES_EPA8015_TPH_P5K | Callao | Hidrocarburos Totales de Petróleo (C6-C40) | EPA Method 8015C. Rev.3: 2007. Nonhalogenated Organics by Gas Chromatography. |



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



INFORME DE ENSAYO
MA2416829 Rev. 0

NOTAS

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

- Los resultados de las muestras se encuentran expresados a condiciones iniciales de la muestra (1).
- Los resultados de las muestras expresados en mg/Kg se calculan sobre base seca (2).

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

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.

Última Revisión Enero 2022

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 5 de 5