



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión
Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

Evaluación de metales tóxicos en suelos de los lotes 56 y 88 del proyecto Camisea

Tesis

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor

Andrews Junior Jara Perea

Asesor

Mg. Sc. Eroncio Mendoza Nieto

Huacho – Perú

2024



Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Reconocimiento: Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales.

Sin Derivadas: Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

LICENCIADA

(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)

"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA, INDUSTRIAS ALIMENTARIAS Y AMBIENTAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

INFORMACIÓN DE METADATOS

DATOS DEL AUTOR (ES):		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
Jara Perea, Andrews Junior	76202661	20/06/2023
DATOS DEL ASESOR:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
Mendoza Nieto, Eroncio	06723932	0000-0002-4850-2777
DATOS DE LOS MIEMBROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CODIGO ORCID
Alvites Vigo, Segundo Rolando	26620605	0000-0002-6243-079X
Mendez Izquierdo, Tania Ivette	46925087	0000-0002-2473-4610
Huertas Pomasoncco, Hellen Yahaira	46741141	0000-0002-4204-7320

EVALUACIÓN DE METALES TÓXICOS EN SUELOS DE LOS LOTES 56 Y 88 DEL PROYECTO CAMISEA

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

11%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Palomares Palomares Carlos Iván. "Medición de impactos en los recursos naturales comunes del proyecto camisea-perú, a través de la evaluación de estudios individuales de impacto ambiental, utilizando datos panel", TESIUNAM, 2018 Publicación	1%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
3	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	researchspace.ukzn.ac.za Fuente de Internet	1%

“Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión”

“Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental”

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

" Evaluación de Metales Tóxicos en Suelo de los Lotes 56 y 88 del Proyecto Camisea"

Jurado evaluador:

.....

Dr. Segundo Rolando Alvites Vigo

Presidente

.....

M(o). Tania Mendez Izquierdo

Secretario

.....

Mg. Hellen Yahaira Huertasa Pomasoncco

Vocal

.....

Mg. Sc. Eroncio Mendoza Nieto

Asesor

Huacho - Perú

2024

DEDICATORIA

Yo **Andrews Junior, Jara Perea**; dedico este logro:

A mi padre el Sr. Andres Jara Haro y a mi madre la Sra. Edith Perea Arce, quienes me apoyaron y motivaron durante toda mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO

El culmino del trabajo fue a base de esfuerzo y sacrificio, sin embargo esto no hubiera sido posible sin el aporte de los siguientes personas: a mi familia que siempre está presente en cada uno de mis logros, a mis coordinadores por brindarme la información necesaria, al Ing. Mendoza Nieto, Eroncio, gracias a su experiencia y conocimiento que permitieron entregarme los mejores consejos para alcanzar los objetivos planteados y, a cada uno de los miembros de los jurados, por estar pendiente y prestos con su tiempo en la labor de revisar y por brindarnos los alcances necesarios.

Andrews Junior Jara Perea.

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA -----	vi
AGRADECIMIENTO-----	vii
ÍNDICE-----	viii
ÍNDICE DE TABLAS -----	xi
ÍNDICE DE FIGURAS -----	xii
ÍNDICE DE ANEXO-----	xiv
RESUMEN-----	xv
ABSTRACT -----	xvi
INTRODUCCIÓN -----	xvii
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA -----	19
1.1 Descripción de la realidad problemática-----	19
1.2.1. Problema general. -----	20
1.2.2. Problemas específicos.-----	20
1.3.1. Objetivo general. -----	20
1.3.2. Objetivo específico. -----	21
1.5. Delimitación del estudio -----	22
1.5.1. Delimitación Territorial.-----	22
1.5.2. Delimitación Tiempo y Espacio. -----	22
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO-----	23
2.1. Antecedentes de la investigación -----	23
2.1.1. Antecedentes Internacionales. -----	23
2.1.2. Antecedentes Nacionales. -----	26
2.2. Bases Teóricas.-----	28
2.2.1. Evaluación de Metales Tóxicos. -----	28
2.2.2. Metales Tóxicos o Pesados.-----	29
2.2.3. Decreto supremo N°011 (2017).-----	29
2.2.4. Clasificación de Metales Tóxicos. -----	30
2.2.5. Metales Tóxicos en Suelo y Soluciones de Suelo.-----	30

2.2.6.	Técnicas Analíticas para Identificación de Metales. -----	32
2.2.7.	Suelos -----	33
2.2.8.	Caracterización Física del Suelo. -----	33
2.2.9.	Caracterización Química del Suelo. -----	35
2.2.10.	Calidad los Suelos. -----	36
2.2.11.	Consecuencias de la Toxicidad en Suelos por Metales Pesados. -----	39
2.2.12.	Importancia de la Calidad los Suelos. -----	40
2.2.13.	Salud del suelo. -----	40
2.4.1.	Hipótesis General. -----	42
2.4.2.	Hipótesis Específicos. -----	42
2.5.	Operacionalización de Variables -----	43
CAPITULO III. METODOLOGÍA -----		45
3.1.	Diseño Metodológico. -----	45
3.2.	Población y Muestra -----	45
3.3.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos. -----	46
3.4.	Técnicas para el procesamiento de la información -----	46
CAPITULO IV. RESULTADOS -----		47
4.1.	Evaluación de Metales Tóxicos -----	47
4.1.1.	Hidrocarburos de Petróleo - D.S N°011 - (2017). -----	47
4.1.2.	Metales Tóxicos - D.S N°011 - (2017) -----	52
4.1.3.	Método Analítico. -----	60
4.2.	Suelos -----	62
4.2.1.	Caracterización Fisicoquímica para Suelos. -----	62
4.2.2.	Monitoreo de Suelos. -----	65
4.2.3.	Calidad de muestras -----	70
4.3.	Contrastación de Hipótesis. -----	74
4.3.1.	Hipótesis General. -----	74
4.3.2.	Hipótesis Específicas. -----	75

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN -----	77
5.1. Discusión de Resultados -----	77
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES-----	79
6.1. Conclusiones-----	79
6.2. Recomendaciones -----	80
CAPÍTULO VII. FUENTES DE INFORMACIÓN -----	81
7.1. Fuentes Bibliográficas-----	81
7.2. Fuentes Documentales -----	82
7.3. Fuentes Hemerográficas -----	84
ANEXOS-----	88

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Contenido de MO por tipo de suelo,-----	36
Tabla 2. Operacionalización de variables, dimensiones e indicadores. -----	43
Tabla 3. Parámetros de permisibilidad para suelo industrial extractivos - D. S.. N° 011 --	47
Tabla 4. Metales tóxicos registrados entre el 2019 y 2020 en suelos del Lote 56. -----	52
Tabla 5. Metales tóxicos registrados entre el 2019 y 2020 en suelos del Lote 56. -----	56
Tabla 6. Estación de control por número de monitoreo del-Lt 56 (2019) -----	65
Tabla 7. Estación de control por número de monitoreo del-Lt 56 (2020) -----	66
Tabla 8. Zonas de control vs monitoreo por pruebas de ensayos-Lt 88 (2019) -----	68
Tabla 9. Zonas de control vs monitoreo por pruebas de ensayos-Lt 88 (2020) -----	69
Tabla 10. % Recuperación (LT 56) 2019 y 2020 del Control Estándar de calidad. -----	71
Tabla 11. % Recuperación (LT 88) 2019 y 2020 del Control Estándar de calidad. -----	73
Tabla 12. Prueba de K-S para hipótesis general -----	74
Tabla 13. Prueba de K-S para hipótesis específicas.-----	75

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Fracción de hidrocarburo F1 (2019-2020) – Lt. 56-----	48
Figura 2. Fracción de hidrocarburo F2 (2019-2020) – Lt. 56-----	49
Figura 3. Fracción de hidrocarburo F3 (2019-2020) – Lt. 56-----	49
Figura 4. Fracción de hidrocarburo F1 (2019-2020) – Lt. 88-----	50
Figura 5. Fracción de hidrocarburo F2 (2019-2020) – Lt. 88-----	51
Figura 6. Fracción de hidrocarburo F3 (2019-2020) – Lt. 88-----	51
Figura 7. Medición de As – Lte. 56.-----	53
Figura 8. Medición de Ba – Lte. 56.-----	53
Figura 9. Medición de Cd – Lte. 56.-----	54
Figura 10. Medición de Cr – Lte. 56.-----	54
Figura 11. Medición de Hg – Lte. 56.-----	55
Figura 12. Medición de Pb – Lte. 56.-----	55
Figura 13. Medición de As – Lte. 88-----	57
Figura 14. Medición de Ba – Lte. 88-----	57
Figura 15. Medición de Cd – Lte. 88-----	58
Figura 16. Medición de Cr – Lte. 88-----	58
Figura 17. Medición de Hg – Lte. 88-----	59
Figura 18. Medición de Pb – Lte. 88-----	59
Figura 19. Método de análisis por Ensayos - lote 56 (2019)-----	60
Figura 20. Método de análisis por Ensayos - lote 56 (2020)-----	60
Figura 21. Método de análisis por Ensayos - lote 88 (2019)-----	61
Figura 22. Método de análisis por Ensayos - lote 88 (2020)-----	62
Figura 23. Resumen valorativo de la conductividad – lote 56.-----	63
Figura 24. Resumen valorativo del pH– lote 56.-----	63
Figura 25. Resumen valorativo de la conductividad – lote 88.-----	64
Figura 26. Resumen valorativo del pH– lote 56.-----	64
Figura 27. Puntos de Control LT 56 - 2019-----	66
Figura 28. Puntos de Control LT 56 - 2020-----	67
Figura 29. Puntos de Control LT 88 – 2019-----	68
Figura 30. Puntos de Control LT 88 – 2020.-----	69
Figura 31. Medición de parámetros CS vs LD – lote 56 (2019)-----	70

Figura 32. Medición de parámetros CS vs LD – lote 56 (2020)-----	71
Figura 33. Medición de parámetros CS vs LD – lote 88 (2019)-----	72
Figura 34. Medición de parámetros CS vs LD – lote 88 (2020)-----	73

ÍNDICE DE ANEXO

	Pág.
Anexo 1. Modelo de informe de ensayo lote 56 (portada).-----	89
Anexo 2. Modelo de informe de ensayo lote 56 (Resultados).-----	90
Anexo 3. Modelo de informe de ensayo lote 56 (Descripción y ubicación de estaciones).90	
Anexo 4. Modelo de informe de ensayo lote 88 (portada).-----	92
Anexo 5. Modelo de informe de ensayo lote 88 (Resultados). -----	93
Anexo 6. Modelo de informe de ensayo lote 88 (controles de calidad). -----	94
Anexo 7. Modelo de informe de ensayo lote 88 (control estándar). -----	95
Anexo 8. Modelo de informe de ensayo lote 88 (descripción y ubicación de estaciones). 96	
Anexo 9. Modelo de formato de cadena de Custodia. -----	97
Anexo 10. Estaciones de Monitoreo – Lote 56 -----	98
Anexo 11. Estaciones de Monitoreo – Lote 88 -----	99
Anexo 12. Mapa de ubicación del Proyecto Gas de Camisea-----	100

RESUMEN

Objetivo: Explicar los resultados de la evaluación de los metales tóxicos del suelo de los lotes 56 y 88 del Proyecto Camisea. **Metodología:** De tipo básica, nivel descriptivo y explicativo, no experimental con un enfoque mixto, se empleó una población de resultados de ensayos de suelos, considerando una muestra finita de 309 realizadas en 2019 y 2020. **Resultados:** A través de un Test K-S se identificó como variables normales, empleando la Prueba $Z_{(X, Y)} \geq Z_{(\alpha/2)} = 0,098 \geq 0,229 \geq -1.96$, con intervalo de confianza de 95% y una significancia valor-p = $0.00 \leq 0.05$, por lo que se rechaza la hipótesis nula general. Del mismo modo para H_1 se obtuvo $Z = 0.422 \geq Z_{(\alpha/2)}$ indicando efectos significativos en los resultados de la caracterización fisicoquímica del suelo; en el caso de H_2 , el valor de $Z = 0.231 \geq Z_{(\alpha/2)}$ evidenciando el favor significativo en los resultados del monitoreo del suelo; para la última hipótesis H_3 , el valor de $Z = 0.422 \geq Z_{(\alpha/2)}$, confirmando significancia en los efectos en los resultados de calidad de suelo. **Conclusión:** La evaluación de los metales tóxicos favorece significativamente al suelo de los lotes 56 y 88 del proyecto de Camisea, ya que permite que este se conserve sus nutrientes y permita la existencia de la flora y fauna de donde se sitúa eh ahí la importancia del controlar que los metales pesados no lleguen a ser tóxicos.

Palabras Clave: Evaluación, metales tóxicos, hidrocarburos de petróleo, caracterización, monitoreo.

ABSTRACT

Objective: Explain the results of the evaluation of toxic metals in the soil of lots 56 and 88 of the Camisea Project. **Methodology:** Of a basic type, descriptive and explanatory level, non-experimental with a mixed approach, a population of soil test results was used, considering a finite sample of 309 carried out in 2019 and 2020. **Results:** Through a K-S Test, it was identified as normal variables, using the Test $Z(X,Y) \geq Z(\alpha/2) = 0.098 \geq 0.229 \geq -1.96$, with a 95% confidence interval and a significance $p\text{-value} = 0.00 \leq 0.05$, so that the general null hypothesis is rejected. In the same way, for H1, $Z = 0.422 \geq Z(\alpha/2)$ was obtained, indicating significant effects on the results of the physicochemical characterization of the soil; in the case of H2, the value of $Z = 0.231 \geq Z(\alpha/2)$ evidencing the significant favor in the results of soil monitoring; for the last hypothesis H3, the value of $Z = 0.422 \geq Z(\alpha/2)$, confirming significance in the effects on the soil quality results. **Conclusion:** The evaluation of toxic metals significantly favors the soil of lots 56 and 88 of the Camisea project, since it allows it to conserve its nutrients and allows the existence of the flora and fauna where it is located, hence the importance of the control that heavy metals do not become toxic.

Keywords: *Evaluation, toxic metals, petroleum hydrocarbons, characterization, monitor.*

INTRODUCCIÓN

El efecto ambiental que el hombre ejerce sobre el suelo, tiene como consecuencia su contaminación como por ejemplo los metales pesados, generando problemas en el medio ambiente, y en la salud de los seres vivos. A nivel mundial el índice de contaminación en suelos por materia tóxica se liga al crecimiento industrial y a la explotación de los recursos naturales; el Perú no es la excepción ya que el crecimiento en el PBI se debe principalmente a la explotación minera y/o mercado industrial, lo cual no deja de ser favorable para la economía, sin embargo, también tiene una incidencia desfavorable, debido a los efectos dañinos en la salud y a los ecosistemas, que dichos compuestos inorgánicos pueden quedarse de forma residual en los suelos y pueden adherirse a las plantas y/o vegetales y aguas que son consumibles por los seres vivos. Entonces emerge la necesidad de evaluar los suelos contaminados como riesgo directo para la salud. Brady & Weil (2008), mencionan que, los metales pesados que llegan a ser tóxicos son una amenaza ambiental latente para los ecosistemas. Armstrong (2020), refiere que, cualquier metal o metaloide de importancia ambiental es un metal pesado o tóxico; el término se originó en referencia.

Recientemente se han desarrollado programaciones de ensayos secuenciales para determinar la especiación de metales pesados en la matriz del suelo; estos procedimientos brindan más información sobre el origen, las disponibilidades fisicoquímicas, la movilización y el transporte de metales traza en entornos naturales. Sin embargo, el contenido total de metales traza no puede brindar suficiente información sobre sus diversas formas, movilidad, biodisponibilidad o riesgos potenciales para el medio ambiente. Por el contrario, el análisis de especiación de metales en el suelo puede dar un buen indicador de la salud del ecosistema. Los compuestos inorgánicos y los compuestos metálicos tienen características únicas que deben tenerse en cuenta al evaluar sus riesgos. Los metales no se crean ni se destruyen mediante procesos biológicos o químicos; se transforman de una forma química a otra. Los elementos nativos (valencia cero) de la mayoría de los metales y algunos compuestos metálicos no son fácilmente solubles y, como resultado, las pruebas de toxicidad basadas en sales solubles pueden sobreestimar la biodisponibilidad y toxicidad de estas sustancias.

La relevancia de la determinar de los riesgos toxicológicos, permitirá instaurar precedencias para establecer programas de control y monitoreo para prevenir efectos en la salud de los ecosistemas, poder dar pie a su conservación y remediación si fuera necesario de acuerdo a la intensidad de la extracción de los recursos minerales, en este caso de los

suelos del proyecto Camisea; investigación que pretende evaluar la concentración toxica en los suelos de los lotes 56 y 88, para establecer el nivel de impacto que tiene este cuerpo receptor, para ello se verificara el cumplimiento de los ECA que solicita el D.S. N°011 (2017).

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

Varios estudios han estimado el contenido total de metales en suelos contaminados y no contaminados (Abdallah , 2022; Abi R. , 2019; Ali, y otros, 2020; Armstrong, 2020; Beltrán, de la Rosa, Santos, & Gómez, 2010; Chapman & Wang, 2013). Sin embargo, el contenido total de metales traza no puede brindar suficiente información sobre sus diversas formas, movilidad, biodisponibilidad o riesgos potenciales para el medio ambiente. Por el contrario, el análisis de especiación de metales en el suelo puede dar un indicador de la calidad del ecosistema. Los elementos metálicos pueden estar presentes en el suelo en varias fases fisicoquímicas, incluidas las solubles o intercambiables, unidos a material amorfo (óxidos de Fe/Mn), unidos a materia orgánica, sulfuros y unidos a fracciones minerales (residuales) (Brady J. , 2015; Torres, 2018).

Brady (2015), manifiesta que, la medición de la contaminación por metales pesados en los sedimentos es una propuesta difícil, ya que existen numerosos métodos para determinar las concentraciones de metales y, por lo general, la concentración total de metales no se considera un buen indicador. Además, un enfoque holístico de la contaminación de sedimentos debe tratar de evaluar la movilidad de los metales (Beltrán, et al. 2010).

Pluspetrol Perú Corporación S.A., al igual que otras industrias del rubro cuenta con su Estudio de Impacto Ambiental Semi detallado del Proyecto Camisea, de acuerdo al D.S. N°015 (2006), que contempla a los Lotes 56 y 88, los cuales son materia de investigación.

Según refiere dicho estudio presentado al ministerio de energía y minas y el de medio ambiente, el proyecto no afecta las Áreas Naturales Protegidas y Zonas de Amortiguamiento, el recorrido de su traza es de forma paralela al río Urubamba, superponiéndose a las comunidades nativas de Shivankoreni y Camisea.

Sin embargo al igual como ocurre en este tipo de proyecto siempre habrá daño colateral, y bueno de condiciones aceptables para la norma, y si sobrepasará los límites permisibles se ejecutaría las sanciones reglamentarias, aun así la comunidad, flora y fauna siempre recibirá el impacto ambiental en niveles diferentes; como refiere la literatura medio ambiental, toma años y décadas la recuperación parcial y total, de cualquier daño al ecosistema, los patrones y nichos ecológicos, pueden variar drásticamente ocasionando un daño permanente o irremediable de forma inmediata.

Los metales inorgánicos y los compuestos metálicos tienen características únicas que deben tenerse en cuenta al evaluar sus riesgos. Los metales no se crean ni se destruyen mediante procesos biológicos o químicos; se transforman de una forma química a otra. Los elementos

nativos (valencia cero) de la mayoría de los metales y algunos compuestos metálicos no son fácilmente solubles y, como resultado, las pruebas de toxicidad basadas en sales solubles pueden sobreestimar la biodisponibilidad y toxicidad de estas sustancias. Algunos metales (p. ej., cobre, selenio y zinc) son elementos nutricionalmente esenciales en niveles bajos pero tóxicos en niveles más altos, y otros (p. ej., plomo, arsénico y mercurio) no tienen funciones biológicas conocidas.

La investigación pretende evaluar la concentración toxica en los suelos de los lotes 56 y 88 del proyecto Camisea, para determinar el nivel de impacto que tiene este cuerpo receptor, para ello se verificara el cumplimiento de los ECA que solicita el D.S. N°011 (2017) del MINAM

En la investigación se cuantifica las concentraciones de metales pesados en el suelo en base a metodologías desarrolladas en otras universidades y el marco legal nacional vigente, que serviría como diagnóstico para evaluar el comportamiento de estos metales y la gestión ambiental de Pluspetrol Corporation S.A.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general.

¿Cuáles son los resultados de la evaluación de metales tóxicos del suelo de los lotes 56 y 88 del Proyecto Camisea?

1.2.2. Problemas específicos.

¿Qué efectos produce la evaluación de metales tóxicos en los resultados de la caracterización fisicoquímica del suelo de los lotes 56 y 88 del Proyecto Camisea?

¿En qué medida favorece la evaluación de metales tóxicos en los resultados del monitoreo del suelo de los lotes 56 y 88 del Proyecto Camisea?

¿Qué efectos produce la evaluación de metales tóxicos en los resultados de la de la calidad del suelo de los lotes 56 y 88 del Proyecto Camisea?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo general.

Explicar los resultados de la evaluación de los metales tóxicos del suelo de los lotes 56 y 88 del Proyecto Camisea.

1.3.2. Objetivo específico.

Describir los efectos de la evaluación de los metales tóxicos en los resultados de la caracterización fisicoquímica del suelo de los lotes 56 y 88 del Proyecto Camisea.

Determinar en qué medida la evaluación de los metales tóxicos favorecerá los resultados del monitoreo del suelo de los lotes 56 y 88 del Proyecto Camisea.

Describir los efectos de la evaluación de los metales tóxicos en los resultados de la calidad del suelo de los lotes 56 y 88 del Proyecto Camisea.

1.4. Justificación de la investigación

La investigación refuerza los conocimientos previos sobre el tema en el aspecto de la *evaluación de metales tóxicos en suelos*, señalando así que el término “evaluar” se rige bajo el grado de permisibilidad de los compuestos tóxicos orgánico e inorgánico mediante el uso de un método analítico según la especie o parámetro a determinar, dicho sea de paso, los “suelos”, son considerados como un cuerpo de origen natural que puede estar compuesto de materia orgánica e inorgánica dividida en capas de acuerdo a su estructura y contenido, puede variar la calidad según su uso y ubicación geográfica. Brady & Weil (2008), mencionan que, los metales pesados que llegan a ser tóxicos son una amenaza ambiental. Armstrong (2020), refiere que, cualquier metal o metaloide de importancia ambiental es un metal pesado o toxico; el término se originó en referencia a los efectos adversos, todos más densos que el hierro, el cadmio, el Hg y Pb. Desde entonces, se ha extendido a algún otro metal o metaloide igualmente tóxico, independientemente de su densidad, como As, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Se, Ag, Cd, Sb, Hg, Ta y Pb.

De acuerdo a lo expuesto, es necesario considerar de qué manera afectan el exceso de compuestos orgánicos e inorgánicos en los suelos, y la posibilidad de que puedan ser remediados o minimizar el grado de afectación pudiendo pasar de un suelo de tipo industrial a un suelo apto para la agricultura o acondicionado para la flora y fauna.

En el aspecto metodológico la tesis proporcionará información descriptiva, de acuerdo a su tipo y nivel de investigación. Así mismo dará la explicación interpretativa de la evaluación de los informes y reportes analíticos concerniente a los lotes 56 y 88 del proyecto Camisea, empleando un diseño no experimental. Por otra parte, la investigación propondrá un enfoque mixto para dar pie al uso de técnicas cuantitativas y cualitativas para la determinación de la valoración de la Data empleado en el consolidado, y de esta manera servir el antecedente científico respecto a la evaluación de metales tóxicos suelos de nuestro país.

1.5. Delimitación del estudio

1.5.1. Delimitación Territorial.

Geográficamente está ubicado en la Cuenca del Ucayali en la región del Cusco, provincia de la Convención, la jurisdicción de investigación es específicamente de los lotes 56 y 88 del yacimiento Camisea (anexo 7).

1.5.2. Delimitación Tiempo y Espacio.

El desarrollo del estudio fue durante el 2021 y 2022, ya que, debido a la pandemia del COVID, no se pudo terminar de recopilar eficientemente toda la información de los registros del lote 56 y 88.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales.

Galyas (2019), en su investigación evaluó la concentración de los metales pesados en los suelos de los bosques cercanos anterior y actual al sitio de referencia, en Halland – Suecia, para ver su persistencia ya que nos biodegradables, para ellos empleo una investigación cualitativa, empleando un muestreo de los suelos seleccionados, fueron 3 zonas, de las cuales se tomaron 6 muestras; sus resultados no expusieron una discrepancia significativa entre las concentraciones de los metales pesados analizados Cu, Pb y Zn entre las zonas industriales y el área de la reserva natural, también se concluyó correlación positiva entre la cantidad de materia orgánica en las muestras y las concentraciones de metales para Pb y Cu pero no para Zn, lo que demuestra que las concentraciones de metales también pueden depender de la masa de materia orgánica. Los resultados muestran concentraciones más altas en varias muestras con alta cantidad de material orgánico, pero varían entre las muestras y los sitios de muestreo.

Armstrong (2020), en su estudio evaluó los niveles de contaminación de As, Cd, Cu, Cr, Pb, Hg, Ni y Zn en suelos del área minera de Krugersdorp en Sudáfrica, y compararlos con los estándares sudafricanos e internacionales. Se calculó el índice de geoacumulación (Igeo), el factor único de riesgo ecológico (Er) y el índice de riesgo potencial para evaluar el grado de contaminación por estos metales en los suelos. Se recolectaron treinta y una muestras de suelo de once sitios diferentes, alrededor del área de Krugersdorp. Se recogieron veintitrés de la reserva de caza Krugersdorp, cuatro de tierras agrícolas privadas, dos de la mina de oro Mintails y dos de la mina de uranio Rand. Todas las muestras recolectadas fueron debidamente marcadas e identificadas por sus ubicaciones de muestreo usando un Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Las muestras se digirieron con ácido utilizando un horno de microondas de acuerdo con los protocolos 3052B de la EPA de EE. UU., y se analizaron para detectar As, Cd, Cu, Cr, Pb, Hg, Ni y Zn con plasma acoplado inductivamente - técnica de espectrometría de emisión óptica (ICP-OES). Los niveles de concentración de metales pesados en los suelos estuvieron en el rango de 4.1-155.5 mg/kg para As, 0.1-0.7 mg/kg para Cd, 13.4-119.1 mg/kg para Cu, 54.0-147.0 mg/kg para Cr, 0.02 -1,36 mg/kg para Hg, 24,1-168,9 mg/kg para Ni, 5,5-82,5 mg/kg para Pb y 12,5-641,0 mg/kg para Zn. Tres sitios muestreados (KS7, KS8 y KS10) registraron altos niveles de contaminación por metales pesados en comparación con el estándar sudafricano relevante

y otros estándares internacionales. La evaluación del índice de geoacumulación reveló que los suelos varían entre la categoría de suelo no contaminado y la de contaminación extrema. Los valores medios del factor de riesgo ecológico (Er) de As, Cd, Cr, Pb y Zn revelaron un riesgo ecológico bajo para los suelos, mientras que los valores de Cu y Hg indicaron un riesgo ecológico moderado. Los valores de Ni indican un riesgo ecológico considerable. Los valores del índice de riesgo ecológico potencial (RI) de tres sitios (KS1, KS5 y KS9) indicaron un riesgo ecológico bajo. Los valores de RI para KS3, KS6 y KS11 mostraron que estos sitios presentaban un riesgo ecológico moderado. Los sitios KS2, KS4 y KS8 mostraron un riesgo ecológico considerable, mientras que los valores de RI de los sitios KS7 y 10 mostraron un riesgo ecológico muy alto. Estos resultados indican que las actividades mineras antropogénicas han contaminado la zona con metales pesados.

Abi (2019), investigó los niveles de metales pesados en muestras de suelo vegetal y agrícola, en Nicosia, Chipre; determinando así qué plantas son bioacumuladoras mediante el cálculo del factor de bioconcentración para cada metal. Las muestras de vegetales y muestras de suelo se recolectaron de Gemikonagi y Dipkarpaz. Gemikonagi es una antigua ciudad minera y un puerto marítimo, pero las minas han sido abandonadas con desechos. Dipkarpaz se utilizó como área de control y el área no tiene antecedentes de actividades mineras. Las muestras se analizaron utilizando espectrometría de masas de plasma acoplado inductivamente y se determinaron las concentraciones de metales pesados. El orden de acumulación de metales pesados por las verduras en Gemikonagi fue malva > apio > repollo > repollo morado > brócoli > alcachofa > lechuga > coliflor > cebolleta mientras que en Dipkarpaz fueron malva > lechuga > apio > alcachofa > repollo > repollo morado > cebolleta. Las muestras de vegetales de Gemikonagi tenían la concentración media más alta de metales pesados en comparación con Dipkarpaz y el nivel en Gemikonagi (Malva 718,53 ppm) casi el triple que en Dipkarpaz (Malva 240,47 ppm). Hubo 10 metales pesados que se analizaron en las muestras de suelo y estos son los metales en orden creciente de concentración media en Gemikonagi Hg < Cd < Pb < Cu < As < Cr < Ni < Mg < Al < Fe y en Dipkarpaz Cu < As < Mg < Cr < Ni < Fe < Al. Entre los metales detectados en los especímenes de suelo, la concentración de Fe fue la más alta y la menor concentración fue de Hg en las muestras de suelo de Gemikonagi, mientras que en Dipkarpaz la más alta fue de Al y la más baja de Cu, ninguno de los vegetales fue bioacumulador ya que los valores más altos fueron 0.2923 de Cu en Apio de Dipkarpaz y 0.2162 de Cd en alcachofa de Gemikonagi. La mayoría de los metales pesados analizados

estuvieron por encima del límite aceptable de la OMS y TSPCR, lo que indicó que una gran cantidad de metales pesados se ingiere a través de los alimentos.

Azuka et al (2021), en su investigación, se evaluó la concentración de metales pesados, como plomo (Pb), cadmio (Cd), cromo (Cr), hierro (Fe), níquel (Ni) y plata (Ag), en arbustos de *Vernonia amygdalina* Delile y suelos agrícolas de tres granjas universitarias ubicadas en Port Harcourt, Nigeria. Los suelos y las plantas se tomaron al azar para formar muestras compuestas y se analizaron en busca de metales pesados mediante el uso de espectroscopia de absorción atómica (EAA) y fluorescencia de rayos X (FRX). Las estaciones de estudio fueron Universidad de Educación Ignatius Ajuru (I), la Universidad Estatal de River (R) y la Universidad de Port Harcourt (U). Las muestras de suelo registraron rangos de concentración media de Fe de $-19,71 \pm 1,77$ (I); $-27,24 \pm 3,56$ mg/kg (R) en suelos; $-18,18 \pm 2,02$ mg/kg (U). El rango medio para la concentración en suelos fue de 0,87–6,80 mg/kg (Pb); 0,28–1,42 mg/kg (Cd); 1,14–8,77 mg/kg (Cr); 3,38–10,26 mg/kg (Ni). Los niveles de metales pesados en suelos y en los arbustos siguieron el orden Fe > Cr > Pb > Ni > Cd y Fe > Cr > Ni > Pb > Cd. El factor de riesgo ecológico fue comparativamente más bajo en los suelos que en la planta, mientras que el índice de carga de contaminación mostró una elevada retención de metales pesados en *Vernonia amygdalina* debido a influencias más antropogénicas. Las actividades antropogénicas deben ser reguladas y monitoreadas por las agencias gubernamentales relevantes para reducir los aportes de metales pesados a los suelos y evitar acumulaciones excesivas en la cadena alimentaria.

Zaakour et al., (2022), en su estudio en el que determinó las características fisicoquímicas y las concentraciones de metales pesados de los suelos agrícolas a forma de objetivo general, en Marruecos al norte de África. El contenido de materia orgánica (MO) varió de 0,6% a 2,93%. El grado de nitrógeno total fue mayor en las parcelas de trigo que en las de vid en las regiones de Mohammedia y Benslimane. Las tasas promedio de nitrógeno total variaron de 0,04 a 0,5% y de 0,07 a 0,8% en las parcelas de vid y trigo. Estos resultados implican que el suelo era arcillo limoso y de textura arcillosa, de neutral a ligeramente ácido en todas las estaciones. Las concentraciones de P₂O₅ fueron de 11,15 ppm y 68,14 ppm bajo las parcelas de vid y trigo, respectivamente, mientras que la concentración de potasio varió de 33,1 a 287,9 ppm y de 26,9 a 184,75 ppm bajo las parcelas de vid y trigo, respectivamente. Además, las concentraciones de Cd en algunas estaciones superaron el valor estándar (2 ppm), alcanzando 10.375 ppm. Las concentraciones de Pb y Zn fueron superiores en las parcelas de viñedo que en las de trigo.

Las concentraciones de Pb y Zn fueron de 20,22 ppm y 148,60 ppm, respectivamente. Este estudio reporta información actualizada sobre los estados de ocho estaciones en Mohammedia y Benslimane.

Abdallah (2022), en su investigación desarrolló una metodología dirigida a la cuantificación simultánea de 16 elementos pesados en suelos de 3 regiones diferentes de Arabia Saudita. Se cuantificó la concentración de 16 metales pesados del suelo (Se, Cd, V, Be, As, Mn, Co, Zn, Fe, Cr, Pb, Ni, Cu, Mo, Hg y Ti) en 11 muestreos a lo largo de Riyadh, Qassim y Medina, suelos tratados con aguas residuales. Estos elementos se identificaron en las muestras utilizando un espectrómetro ICPE-9000. Este estudio reveló que el suelo está predominantemente contaminado por Cd, As y Mo de Riyadh y Medina y As, Mo y Cd de la región de Qassim en el sitio B y el sitio C, respectivamente. Según lo registrado, el valor de concentración más alto de 5000 mg/kg para Fe en el sitio (B) seguido por Cu. El valor Igeo de Cd es 1.1520 en la región de Medina. El valor Igeo de Se es 3,2395 en la región de Medina, mientras que su índice geográfico acumulado disminuyó en las regiones de Riyadh y Qassim, que ascendieron a 2,6114 y 2,1699, respectivamente. Los valores de Igeo del resto de los minerales en las tres regiones estudiadas indicaron que el suelo no está contaminado, mientras que estaba ligeramente o moderadamente contaminado tanto para Mo como para Hg en la mayoría de las regiones. La cuantificación de concentración de los elementos en los suelos estuvo por debajo promedio general. Con excepción del Hg, Mo, As, Cd y Se, cuya concentración superó los límites permisibles y recomendados. El orden creciente de concentración de minerales fue $Be < V < Hg < Mo < Zn < Pb < Cr < Se < Ni < Ti < Mn < Cu < Fe$ en todos los sitios, respectivamente.

2.1.2. Antecedentes Nacionales.

Torres (2018), en su tesis, cuyo propósito fue determinar la concentración de los metales pesados como el As, Cd, Cu, Pb y el Hg, en los suelos próximos al botadero de Cancharani, en Puno. Tomo 9 registros de suelo con 40cm de profundidad, empleando el modelo Kriging para la distribución. Los resultados de las cuantías de Pb, Cd y Cu superaron los límites legales mientras que los de As y Hg estuvieron dentro de los parámetros de control para suelos agrícolas. El autor concluye que a mayor distancia del botadero la cuantía de Pb, Cd y Cu es menor a diferencia del As y Hg donde su concentración es independiente a la ubicación del muestreo.

Acharte (2018), en su investigación que tuvo como objetivo determinar la concentración de cadmio y plomo en agua y suelo y su acumulación en pastos naturales en

las bocaminas San Antonio y Tangana en Huancavelica. Cuantificó Cd y Pb a través del espectrofotómetro de absorción atómica de flama. Se analizó para BSA el contenido en agua de los metales, obteniendo 0,0786 mg/L de Cd, 0,2340 mg/L de Pb, mientras que para muestras de BT fueron de 0,0455 mg/L para Cd y 0,0583 mg/L para Pb, excediendo los ECA. Respecto a contenido en suelo para BSA fue de 1,4067 mg/Kg para Cd y 4,3973 mg/Kg de Pb y de BT fue 0,0269 mg/Kg de Cd y 3,9003 mg/L de Pb, a diferencia de las muestras en agua estas estuvieron por debajo de los ECA; también se analizó los pastos naturales de BSA donde se encontró para pasto estrella 0,4274 mg/Kg de Cd y 0,3101 mg/Kg de Pb y crespillo 5,3495 mg/Kg de Cd y 7,7008 mg/Kg de Pb y en la BT: mullaca fue de 0,2287 mg/Kg de Cd y 0,2274 mg/Kg Pb, y huacchor 0,1578 mg/Kg de Cd y 0,0565 mg/Kg Pb. En conclusión, la cuantía de Cd y Pb en agua es significativa, mientras que en los pastos cercanos a las bocaminas de estudio tienen un p-valor y significancia $\alpha = 5\%$, sin embargo, en las muestras de suelo de las bocaminas no fue significativa en relación a Cd y Pb.

Perales (2020), mediante el objetivo general de determinar los niveles de plomo en el suelo de áreas de recreación infantil afectados por el parque automotor y riesgos en la salud de los niños de la ciudad de Cajamarca en el año 2019; utilizo tres zonas de recreación: Amauta, Ramón Castilla y Santa Rosa de Lima, de estos suelos se procesaron 6 muestras a solicitud de la Guía de Muestreo de Suelos del año 2014 del MINAM y al método EPA 3050-B-1996. Los resultados indicaron mayor concentración de Pb en la zona de recreación Amauta con 47,46 mg kg⁻¹, Ramón Castilla con 39,49 mg kg⁻¹ y Santa Rosa de Lima con 20,92 mg kg⁻¹ de Pb. El registro estuvo por debajo del estándar de calidad ambiental (140 mg kg⁻¹) conforme el D.S. N° 011- 2017-MINAM. De acuerdo a su metodología del CEPIS/OPS las zonas de estudio no representar peligro de exposición latente de Pb en los suelos.

Rosales (2020), determinó la concentración de metales pesados y la influencia del pH en suelos de Matahuasi y el Mantaro en Junín, el trabajo fue explicativo y aplicativo, uso método experimental al azar a un grupo de control y post prueba, necesitó de 10 plantas de Cucurbita pepo para la aplicación del método zig-zag. Los resultados de los suelos fueron los siguientes, Matahuasi tuvo pH 8,00 en análisis inicial: As 28,270, Cd 4,099 y Pb 40,910 mg/kg), y en el final: As 22,200, Cd 2,062 y Pb 20,820 mg/kg. En el contenido de la raíz se tuvo: As 2,81, Cd 0,30, y Pb 1,39 mg/kg, en el tallo: Cd 0,04 mg/kg, en las hojas As 1,20, Cd 0,08 y Pb 0,50 mg/kg y en el fruto no hubo detección. En el suelo del Mantaro el pH fue de 7,62, en el análisis inicial se tuvo: As 24,270, Cd 2,902 y Pb 40,470 mg/k, y en

final: As 13,600, Cd 1,051 y Pb 32,320 mg/kg. En el contenido de la raíz se tuvo: As 1,79, Cd 0,10 y Pb 0,92 mg/kg, en el tallo no hubo detección, en hojas As 0,98, Cd 0,10, y Pb 0,40 mg/kg y en el fruto no hubo detección. Las conclusiones del estudio fueron que en Matahuasi el suelo agrícola es básico y en el Mantaro moderadamente básico, la metodología lo atribuye al cultivo de Cucurbita pepo que actúa de forma remediadora para los suelos, extrayendo los metales pesados a través de sus raíces y hojas, brindando un fruto libre de elementos no deseados.

2.2. Bases Teóricas.

2.2.1. Evaluación de Metales Tóxicos.

Brady (2015), manifiesta que, al medir la contaminación por metales pesados en los sedimentos es una propuesta difícil, ya que existen numerosos métodos para medir las cuantías de metales y, por lo general, la concentración total de metales no se considera un buen indicador. Además, Beltrán, et al (2010), da enfoque holístico de la contaminación de sedimentos debe tratar de valorar la movilidad de los metales. Según Jury y Horton (2004) debido a las preocupaciones sobre el movimiento y la biodisponibilidad de los metales, el modo de ocurrencia de un metal y la forma en que ese metal está presente es esencial para comprender los posibles impactos ecológicos de la contaminación sobre un sedimento y su cuerpo de agua asociado. Concordando con Zhong, et al (2011), hay mucho debate sobre el mejor método para medir la movilidad de los metales en los sedimentos. Según Ho, Swennen, y Damme (2010) los métodos van desde la estimación con ácido clorhídrico diluido (~1 M) hasta la elaboración de métodos de extracción secuencial como el método propuesto por Tessier, et al (1979, pág. 848) que buscan examinar múltiples fracciones de suelo y sedimentos en las que se pueden secuestrar metales. Se ha expuesto que no hay un consenso y adopción generalizada de un método único para la estimación de contaminantes metálicos en sedimentos (Chapman & Wang, 2013, págs. 75-80).

Hadush, (2013); Brady, (2015) y Torres, (2018), concuerdan que los metales pueden estar presentes en el suelo en varias fases fisicoquímicas, incluidas las solubles o intercambiables, unidos a material amorfo (óxidos de Fe/Mn) y a la materia orgánica, sulfuros y unidos a fracciones minerales (residuales). El movimiento y la biodisponibilidad de los metales traza dependen en gran medida de sus formas químicas específicas o del comportamiento de unión a cada fase del suelo. Recientemente se han desarrollado procedimientos de ensayos secuenciales para cuantificar la especiación de metales pesados en la matriz del suelo; estos procedimientos brindan más información sobre el origen, las

disponibilidades fisicoquímicas, la movilización y el transporte de metales traza en entornos naturales (Abi R. , 2019; Armstrong, 2020; Asmoay, Salman, El-Gohary, & Sabet, 2019).

2.2.2. Metales Tóxicos o Pesados.

Ali, et al (2020), definen que, los metales pesados se clasifican como “metales que se producen de forma natural y tienen un número atómico superior a 20”. Son una clase significativa de contaminantes que afecta el medio ambiente. Un grave problema con consecuencias culturales, ecológicas y económicas es la contaminación por metales pesados. Debido a la toxicidad, persistencia y naturaleza bioacumulativa de estos materiales, la investigación sobre metales pesados en la atmósfera es una parte importante de la investigación ambiental.

Armstrong (2020), refiere que, cualquier metal o metaloide de importancia ambiental es un metal pesado o toxico; el término se originó en referencia a los efectos adversos, todos más densos que el hierro, el cadmio, el mercurio y el plomo. Desde entonces, se ha extendido a algún otro metal o metaloide igualmente tóxico, independientemente de su densidad, como arsénico, cromo, cobalto, níquel, cobre, zinc, arsénico, entre otros.

Los metales pesados se encontraban de forma ubicua en el medio ambiente, generalmente en cantidades traza (ppb a ppm) en diferentes matrices y su distribución se ve facilitada por actividades naturales y antropogénicas.

Brady y Weil (2008), mencionan que los metales pesados que llegan a ser tóxicos son una amenaza ambiental latente para todos los ecosistemas. La rápida industrialización y urbanización ha causado que los metales pesados contaminen la atmósfera y es un problema para la salud humana. Los metales pesados son una amenaza para los organismos vivos y los hábitats, debido a sus características de no biodegradabilidad, bioacumulación, estabilidad ambiental, persistencia y biotoxicidad. Para prevenir las actividades microbianas, pueden influir directamente en las propiedades físicas y químicas de los sedimentos, los suelos y el agua.

2.2.3. Decreto supremo N°011 (2017).

El presente decreto en sus tres artículos iniciales recalca la aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental, llamado ECA para los suelos, en su anexo se detalla el grado de permisibilidad de los metales pesados contenido suelo, se observan los parámetros de mg/Kg PS de suelo agrícola, residencial y comercial. Asimismo, como sus métodos de ensayos correspondientes La medición está establecida en orgánicos e inorgánicos, dentro de los primeros tenemos a los hidrocarburos aromáticos volátiles, poliaromáticos, de

petróleo y compuestos organoclorados; en el segundo están los conocidos como metales pesados como: Arsénico, bario, cadmio, cromo total, cromo IV, mercurio, plomo, y cianuro libre. El decreto también contiene la fracción limitante para estos compuestos orgánicos e inorgánicos, así como la concepción o definición ideal de cada uno de ellos. A través de esta normatividad se permite asignar los límites permisibles de contaminación por metales pesados en suelos, determinando así, hasta dónde puede ser permitido la presencia de estos metales en los suelos del país, lo cual obliga a las diferentes empresas e instituciones a cumplir con la ley y de no hacerlo a sufrir las sanciones correspondientes.

2.2.4. Clasificación de Metales Tóxicos.

Jyothi (2020), refiere que, los metales que se consideran como metales pesados son el cromo, plomo, cadmio, hierro arsénico, cobalto, mercurio, cobre y zinc son los metales pesados. Estos metales se consideran pesados por ser altamente tóxicos y perjudiciales para los organismos vivos llegando a causar daños irreparables y consistentes los cuales pueden ser difíciles de remediar. Según Galyas (2019), sostiene que, los estudios de metales pesados se han clasificado en dos tipos como esenciales y no esenciales. Los metales pesados esenciales son menos tóxicos a bajas concentraciones y actúan como coenzimas en procesos biológicos. Los metales pesados no esenciales son altamente tóxicos incluso en concentraciones muy bajas, no son biodegradables y provocan graves efectos tóxicos en los organismos vivos.

De acuerdo con Abi (2019) los metales pesados se hallan de forma diseminada en el medio ambiente, generalmente en cantidades traza (ppb a ppm) en diferentes matrices y su distribución se ve facilitada por actividades naturales y antropogénicas.

2.2.5. Metales Tóxicos en Suelo y Soluciones de Suelo.

El destino y desplazamiento de los metales tóxicos en el suelo están muy influenciados por su comportamiento químico (Kamari, 2011; Brady, 2015; Abi, 2019; Armstrong, 2020) así como por sus propiedades químicas y físicas del mismo. La solubilidad, disponibilidad y movilidad de los metales pesados en los suelos normalmente se rigen por varias reacciones químicas, tal como lo analiza McBride (1994, págs. 35-36). Sin embargo, Evans (1989); Bradl (2004), las reacciones de adsorción producidas por la formación de complejos con las superficies de materia orgánica, óxidos y arcillas, y las reacciones de precipitación que conducen a la precipitación de insolubles; son los dos principales mecanismos implicados en la adherencia de metales pesados por suelos. Ambas reacciones mantendrán la movilidad de los metales pesados al mínimo y, como consecuencia, esto

proporcionará una fuente a largo plazo de contaminantes metálicos en los ambientes del suelo.

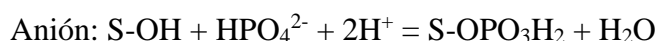
McBride (1994); Tack y Verloo (1995), concuerdan que el término “*especiación*” se refiere a las formas o fases químicas en las que se presenta un metal pesado en suelos o *soluciones de suelo*.

Sposito (1989) definió la “*solución del suelo*” como la fase líquida acuosa del suelo, conformada por una mezcla de agua líquida y sustancias disueltas como cloruro de sodio y dióxido de carbono. Para Arshad y Coen (1992), la cantidad y composición de las especies de metales en la solución del suelo se rigen por varios factores, como la interacción con una fase sólida muy diversa y la absorción por las raíces de las plantas. Además, el pH del suelo, la materia orgánica, los minerales arcillosos, los óxidos metálicos, son importantes para controlar el comportamiento de los contaminantes metálicos en el suelo y la solución de este.

La información sobre la especiación y el estado de oxidación de los metales pesados en el suelo es vital para investigar el nivel de fitotoxicidad afectado por el suelo contaminado con metales, especialmente cuando las diferentes formas químicas de metales pesados difieren en toxicidad.

Como discutieron Evans (1989) y Sposito (1989), las reacciones de adsorción entre los iones metálicos y las superficies cargadas de las partículas del suelo pueden implicar la aparición de complejos de esfera externa o interna. Un complejo de esfera externa generalmente se produce por reacciones de intercambio de cationes (Evans, 1989, pág. 1048), mientras que un complejo de esfera interna se considera más estable que un complejo de esfera externa porque el ion metálico se une directamente con el grupo funcional de la superficie (Sposito, 1989, pág. 116).

Según McBride (1994) y Hansen (2001), tanto los cationes como los aniones pueden formar complejos con superficies de O^{2-} u OH^- , y el pH influye mucho en estos procesos de compleción. Las reacciones químicas del catión metálico (M^{2+}) y el anión fosfato (HPO_4^{2-}) se describen a continuación como ejemplos:



Donde S-OH representa un grupo OH en la superficie del sólido

De estas observaciones, es obvio que el comportamiento de sorción-desorción de los iones metálicos en las soluciones del suelo es muy complejo y no depende de un solo factor. Aunque el pH de la solución del suelo es un factor importante, el punto de carga cero (pzc)

de los óxidos metálicos es otro factor que influye. De acuerdo con Evans (1989), las superficies de los óxidos están (netas) cargadas positivamente a pH por debajo de pzc, mientras que por encima de pzc las superficies se cargan (netamente) negativamente.

2.2.6. Técnicas Analíticas para Identificación de Metales.

Soodan et al. (2014) y Abi (2019), señalan que las técnicas analíticas utilizadas en la determinación de metales pesados incluyen; espectroscopia de absorción atómica (EAS), espectrometría de fluorescencia de rayos X (EFRX), espectrometría de masas/plasma acoplado inductivamente (ICP-MS), espectrometría de fluorescencia atómica (EFA), análisis de activación de neutrones (NAA), espectroscopia de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente (ICP -OES), espectrometría de emisión atómica multielemento de plasma de argón de c.d. (DCP-MAES), espectroscopia de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente (ICP-AES). AAS es la técnica analítica más utilizada para determinar la concentración de metales pesados en el suelo.

- ***Espectroscopia de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente:*** tiene la capacidad para el análisis de trazas de metales y es ampliamente utilizado. Las ventajas de ICP-OES incluyen; volumen limitado de muestras, análisis multielemento, medidas a nivel de nanogramos. Greenfield y sus asociados fueron los primeros en utilizar ICP como fuente de excitación para identificar la traza metálica en 1965, según refiere Soodan et al. (2014).
- ***Espectroscopia de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente:*** fue utilizado por primera vez por Govindaraju y Mevelle para el análisis de muestras de rocas. Es una técnica analítica multielemental, empleada ampliamente en la cuantificación de metales en suelos de diferentes áreas geográficas, según refiere Soodan et al. (2014).
- ***Espectroscopia de fluorescencia de rayos X:*** se fundamenta en la interacción átomo-radiación y es muy sensible. En este método la excitación de rayos X es una fuente primaria radiactiva donde en un tubo de rayos X se golpea la muestra, los átomos de la muestra absorben los rayos X a medida que los rayos X transfieren su energía a un electrón más interno, los rayos X se dispersan a través de la muestra. Los átomos son inestables y necesitan volver a su estado normal (estable). En el proceso de retorno de los átomos a su estado normal, los electrones de la capa externa se transfieren a las capas internas y esto produce una característica de rayos X debido a la pérdida de energía. Las capas K y L más internas están involucradas

en XRF la mayor parte del tiempo. Jignesh et al. (2012), manifiestan que cada metal emite rayos X con características específicas.

- Hay **tres tipos de espectrofotómetros de rayos X**; la fluorescencia de rayos X de dispersión de longitud de onda (WDXRF), la espectroscopia de fluorescencia de rayos X de reflexión total (TXRF) y la fluorescencia de rayos X de dispersión de energía (EDXRF). Los métodos XRF se utilizan para el análisis no destructivo de muestras. Son técnicas cómodas y rápidas.

Al respecto Jignesh et al. (2012), refiere que los metales en concentración de ppm pueden detectarse mediante métodos WDXRF y EDXRF. TXRF puede medir metales en concentraciones de ppb debido a su mayor sensibilidad.

2.2.7. Suelos

Maral (2010) menciona que el suelo es un cuerpo natural conformado de sólidos, líquidos y gases que se localizan en la superficie terrestre, implica tiempo de formación para sus horizontes o capas, las cuales se caracterizan por el tipo de material originario como producto de aditamentos, detrimentos, transferencias y transformaciones de energía y materia, o la capacidad de sostener el ecosistema.

Pidwirny (2006) refiere que los suelos tienden a tener distintas variaciones de color tanto horizontal como verticalmente. La coloración de los suelos ocurre debido a una variedad de factores. Los suelos de los trópicos húmedos son generalmente rojos o amarillos debido a la oxidación del hierro o el aluminio, respectivamente. En los pastizales templados, las grandes adiciones de humus hacen que los suelos se ennegrezcan. La fuerte lixiviación de hierro hace que los suelos de los bosques de coníferas se vuelvan grises. Los niveles freáticos altos en los suelos provocan la reducción del hierro, y estos suelos tienden a tener tonalidades verdosas y azules grisáceas.

2.2.8. Caracterización Física del Suelo.

Textura del suelo.

Shekunyenge (2015), refiere que, la textura está definida por la proporción de tres partículas minerales (arena, limo y arcilla) en el suelo. De acuerdo con Coleman y Crossley (2004), las partículas de arcilla que se hallan en el suelo son cruciales, ya que imparten propiedades físicas específicas a los suelos, a las comunidades microbianas y a las plantas a través de los nutrientes disponibles. Además, las propiedades de la textura se ven alterada por la materia orgánica del suelo. Según Whitford (2002), la textura, la posición del paisaje y el contenido de materia orgánica en los ecosistemas áridos tienen un efecto notable sobre

las densidades de población, la riqueza de especies y la biomasa de la biota del suelo, como plantas, bacterias y hongos.

Para Foth (1990), la textura del suelo define la velocidad a la que se infiltrará el agua y la cantidad utilizable para las plantas. Según Wild (1993), la descomposición de rocas y minerales, ya sea por meteorización física o química, da como resultado una textura particular. Un estudio de campo realizado por Wassenaar (2010) indicó que hay varios factores que influyen en la conductividad hidráulica del suelo, como la textura del suelo. La textura del suelo tiene una mayor influencia en la infiltración de agua porque determina el tamaño básico de los poros. También mencionó que las raíces de las plantas y la materia orgánica causan la diferencia en los tamaños de macro y microporos e influyen en el agua.

Estructura del suelo.

Brady y Weil (2002), señalan que la estructura se determina por la manera en que se organizan las partículas de arena, limo y arcilla. De acuerdo con Plaster (2009), los científicos del suelo actualmente dividen los suelos en doce (12) órdenes de suelos, tales como alfisoles, andisoles, aridisoles, entisoles, gelisoles, histosoles, inceptisoles, mollisoles, oxisoles, espodosoles, ultisoles y vertisoles. Los suelos áridos se clasifican como aridisoles, que a menudo se asocian con horizontes alcalinos, bajos en materia orgánica y salada. Para Wild (1993), el contenido de materia orgánica influye en su estructura. Mientras que para Eash, et al (2008), la presencia de materia orgánica conduce a una buena o mejorada estructura del suelo; una buena estructura permite que el suelo retenga el agua adecuada para el desarrollo de las plantas y drene el exceso de agua.

Jury y Horton (2004), manifiestan que la estructura del suelo y su estabilidad son necesarios para la prevención de inundaciones y erosión, la penetración de agua y de raíces. Así mismo Eash, et al (2008) refieren que la estructura del suelo también tiene un efecto sobre la movilización del aire y el agua en el suelo. El espaciado de las partículas de suelo individuales (agregados) son microporos y los que se encuentran entre los grupos de partículas de suelo (agregados) son macroporos. Los macroporos permiten el desplazamiento del agua y el aire a través la estructura del suelo, mientras que los microporos actúan como esponjas y retienen agua para uso de las plantas. Según Coleman y Crossley (2004), los poros del suelo existen entre y dentro de los agregados y son ocupados por agua y aire. Los macroporos son grandes poros del suelo, generalmente entre agregados, que suelen tener más de 0,08 mm de diámetro. Mientras

que los microporos son pequeños poros del suelo, generalmente se encuentran dentro de los agregados estructurales (USDA, 2006). Según Bradshaw (2000), una buena estructura del suelo es crucial para la sostenibilidad de los ecosistemas terrestres.

2.2.9. Caracterización Química del Suelo.

La MO y el contenido de arcilla son determinantes en la interacción de las propiedades químicas de una muestra de suelo, al igual que el pH y la capacidad de intercambio catiónico (CIC), que gobiernan la variación espacial de los distintos minerales que se encuentran en suelo.

pH del suelo.

Hadush (2013) sostiene que el pH del suelo interviene en el desplazamiento de la variedad de contaminantes en el suelo al influir en la velocidad de su descomposición bioquímica, su solubilidad y su adsorción a los coloides. El ácido carbónico es un ácido débil, que produce iones de hidrógeno en el suelo, cuando el gas de dióxido de carbono del suelo generado por la respiración de las raíces y la descomposición de la materia orgánica lábil se disuelve en agua. Appelo y Postma (2005) mencionan que los suelos ricos en minerales carbonatados tienen un pH alto, lo que significa que son algo alcalino. Por otro lado, los suelos ricos en MO suelen ser ácidos con un pH bajo. La acidez es en gran parte generada por grupos funcionales ácidos débiles en el material húmico orgánico del suelo. Este material se deriva de la desintegración microbiana de la materia orgánica. Brady y Well (2008) refieren que los suelos con material original poco resistente a la intemperie son más ácidos que los suelos que contienen minerales de carbonato, ya que no pueden neutralizar la acidez de la materia húmica. La vegetación (particularmente las coníferas que producen ácidos orgánicos) y el clima junto con la lluvia ácida son factores importantes que afectan el pH del suelo.

Los suelos ácidos tienen un predominio de aluminio y hierro adsorbidos en su intercambiador de cationes. De acuerdo con Vanloon y Duffy (2005), los cambios en el estado redox afectan el pH del suelo, por lo tanto, los suelos inundados exhiben valores de pH más altos que sus contrapartes de tierras altas. Al gobernar y reflejar la solubilidad y, por lo tanto, las concentraciones de Al, Fe y Ca, el pH del suelo es una variable explicativa clave para la disponibilidad de nutrientes.

Materia orgánica (MO).

El material inorgánico constituye la fracción principal del perfil del suelo mineral, pero la fracción menor de MO juega un papel desproporcionado en el control de la capacidad del suelo para absorber metales.

Para Vanloon y Duffy (2005), la MO consiste principalmente de material biológico muerto y en descomposición, así como biomasa de tejido vegetal vivo, bacterias, hongos, actinomicetos y protozoos. La suma de MO en el suelo depende del clima, espécimen de vegetación que crece en el área, uso del suelo, paisaje y la composición inorgánica del suelo. La hojarasca y sus productos de descomposición constituyen principalmente la principal fuente de MO. Jørgensen (2020), afirma que el producto del proceso de descomposición parcial es la materia húmica que es un compuesto estable química y microbianamente. Las características de la materia húmica son importantes para la CIC del suelo debido a sus débiles grupos de ácidos orgánicos que generan una carga superficial negativa neta dependiente del pH en las partículas del suelo.

Tabla 1

Contenido de MO por tipo de suelo

Tipo de suelo	Contenido de MO (%)
Suelos agrícolas templados	1-5
Suelos agrícolas tropicales	0.1-2
Suelos forestales (horizontes superficiales)	>10
Suelos de turba	>20

2.2.10. Calidad los Suelos.

En este aspecto De la Rosa y Sobral (2008) menciona que la capacidad de funcionamiento del suelo depende de su calidad, coincidiendo con Science Society of America (1997), que la define como especificación de funcionamiento del suelo, en la sostenibilidad de los ecosistemas naturales y manejables para la conservación de flora y fauna y calidad de agua y aire que son parte de la biomasa, favoreciendo así a la salud humana y su supervivencia.

Entonces la capacidad del suelo para cumplir funciones en el ecosistema está establecida por la calidad de este, las cuales están determinadas por las acciones integradas de diferentes propiedades del suelo. Con respecto a la agricultura, la calidad del suelo determina un cultivo exitoso, ya que sus nutrientes aportan en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Según Warkentin (1995) la cantidad de cultivos producidos está relacionada con la calidad y nutrientes del suelo, sin embargo, otros han enfatizado la importancia de demostrar cómo la calidad del suelo afecta la calidad de los alimentos, o el hábitat proporcionado para una amplia gama de biota. Si se considera la definición de calidad del

suelo en relación con sus diferentes usos, se encontrarán muchos otros aspectos asociados con la naturaleza viva y dinámica del suelo: ecosistemas forestales y de pastizales, suelo urbano e industrial, usos recreativos, etc. usos potenciales de la tierra, el concepto de calidad del suelo debe verse como relativo en lugar de absoluto. Por lo tanto, cada suelo tiene una capacidad natural para realizar una función específica. Según el Soil Quality Institute (2006), la definición de calidad del suelo está sujeto a los conceptos de sostenibilidad del uso y su manejo, aunque en algunos casos el enfoque ha estado predominantemente en tierras contaminadas. Para ello, la noción de calidad del suelo debe incluir su productividad del cultivo, la fertilidad, la degradación y la calidad ambiental. En este sentido Doran y Jones (1996), la actividad principal se dedica a la evaluación de sistemas de gestión sostenible del suelo junto con el desarrollo de evaluaciones asociadas de la calidad.

Factores que influyen en la calidad del suelo.

Kheyrodin (2014) afirma que las interacciones inherentes entre los cinco factores básicos de formación del suelo, [macro y microorganismos, topografía y tiempo] identificados por Jenny (1941) crean una calidad del suelo relativamente estable. Que tiene distintas características físicas, químicas y biológicas en respuesta a factores naturales o no antropogénicos prevaecientes. Sin embargo, Soil Science Society of America (1987), la humanidad, la fuerza antropogénica descrita como un sexto factor formador del suelo en el modelo básico para describir un suelo, interactúa con los factores no antropogénicos e influye en la calidad del suelo tanto negativa como positivamente. Las formas de uso de suelos y cultivos impuestas a los recursos terrestres por la humanidad determinan si la calidad inherente del suelo se reducirá, mantendrá o mejorará en intervalos de tiempo relativamente cortos. La importancia relativa de los factores antropogénicos o de manejo en comparación con los factores físicos, químicos o biológicos no antropogénicos generalmente estará determinada por la función o aplicación para la cual se emplea un diagnóstico evaluativo de la calidad del suelo.

Doran, Mielke y Power (1990) menciona que varios atributos biológicos, incluida la biomasa microbiana, la respiración, los aminoácidos, las enzimas del suelo y la acción de las lombrices de tierra, se han sugerido como determinantes que influyen en la calidad del suelo. El espacio poroso lleno de agua, una condición física que influye en la actividad biológica, también se ha identificado como un factor que incide en la calidad del suelo. El espacio poroso lleno de agua y muchos de los indicadores biológicos dependen mucho más en el tiempo, y quizás en el espacio, que las características físicas o químicas de la calidad

del suelo, como la densidad aparente o la capacidad de intercambio catiónico (CIC). Sin embargo, Foth (1990), manifiesta que esos factores pueden ser muy sensibles a las prácticas de manejo de suelos y cultivos. Arshad y Coen (1992), señalan que la permanencia de los agregados y la distribución del tamaño son dos medidas físicas que se han sugerido como indicadores de la calidad del suelo, especialmente para medir los efectos de las formas de manejo del suelo y de los cultivos, como la labranza cero.

Para Luk (1979), estas medidas fueron sugeridas porque reflejan la resistencia a la erosión. Se ha propuesto que el porcentaje de carbono en el suelo es un indicador de la calidad porque las disminuciones en este parámetro pueden estar directamente relacionadas con la disminución de la estabilidad del agua tanto de los macroagregados como de los microagregados.

Tipos de calidad.

La calidad del suelo es depende del nivel de funcionamiento que tenga su composición y geografía, los cuales deben estar dentro de los límites permisibles para la conservación de un ecosistema natural o tratar de sostener el mismo. De acuerdo con Natural Resources Conservation Services (USDA, 2006), el suelo tiene calidades inherentes y dinámicas.

- **Calidad inherente**, es la reacción natural del suelo para funcionar. Por ejemplo, un suelo arenoso drena más rápido que uno arcilloso. El suelo profundo tiene más espacio para las raíces que los suelos con lecho rocoso cerca de la superficie. Estas características son permanentes y no cambian fácilmente. La calidad inherente de los suelos se utiliza a menudo para comparar las capacidades de un suelo con otro y para evaluar el valor o la idoneidad de los suelos para usos específicos. Los estudios tradicionales de tasación de tierras se han centrado básicamente en la interpretación práctica de las propiedades inherentes del suelo (idoneidad del suelo) como las que se inventarían en los levantamientos de suelos.
- **Calidad dinámica del suelo**, es cómo cambia el suelo dependiendo de cómo se maneje. Las opciones de manejo inciden en la cantidad de MO, la estructura y la capacidad de retención de agua y nutrientes. Uno de los objetivos de la investigación de la calidad del suelo es aprender a manejar el suelo de una manera que mejore sus funciones. Este aspecto dinámico de la calidad del suelo es el punto central de la medición y el sustento de recursos de suelos saludables.

De acuerdo con Ball y De la Rosa (2006), los factores del suelo considerados en la calidad del suelo pueden ser física, química o biológica. La mayoría de los factores fisicoquímicos están vinculados con la calidad inherente del suelo, y los factores

biológicos y algunos físicos con la calidad dinámica del suelo. Aunque la calidad a menudo se centra en los aspectos biológicos, esto no debe disminuir la importancia de los factores físicos y químicos del suelo.

2.2.11. Consecuencias de la Toxicidad en Suelos por Metales Pesados.

Hay dos rutas principales de exposición de los humanos a los metales pesados; inhalación e ingestión. La ingestión a través de la dieta es la principal vía de exposición como hemos visto a lo largo de los años. Para Jørgensen (2020), la exposición crónica a metales pesados en los alimentos puede provocar la interferencia de muchos procesos biológicos y bioquímicos en el cuerpo humano. Los metales pesados son tóxicos para los humanos y tienen la capacidad de almacenarse en el cuerpo durante un período largo de tiempo. Los diferentes metales tóxicos ejercen diferentes efectos tóxicos: el arsénico causa angiosarcoma y cáncer de piel; la exposición prolongada al cadmio causa toxicidad aguda en el hígado y los pulmones, deteriora la función del sistema inmunitario, induce osteotoxicidad y nefrotoxicidad. Por otro lado, Zhou et al, (2017), señala que el plomo, provoca un bajo coeficiente intelectual en los niños, nefropatía, hipertensión y enfermedades cardiovasculares.

Se han llevado a cabo niveles bajos de exposición a metales pesados en animales y se han observado sus efectos tóxicos, siendo los primeros efectos la interrupción del metabolismo de los elementos traza. Por ejemplo, Angelova et al (2010), manifiesta que el cadmio reemplaza al calcio y causa osteodistrofia en el sistema esquelético; en el sistema nervioso, el plomo reemplaza al calcio y perjudica el desarrollo cognitivo. Los metales pesados pueden causar daños en los pulmones, los riñones, los tejidos nerviosos y el sistema óseo.

Las enfermedades asociadas a la exposición a metales pesados, tanto a corto como a largo plazo, son la enfermedad coronaria, el cáncer (renal, de vejiga y de piel), los síntomas gastrointestinales, la capacidad intelectual reducida y, en algunos casos, la muerte. Pequeñas cantidades de metilmercurio pueden causar muerte fetal o aborto espontáneo, según refiere Yu et al., (2018). La contaminación del suelo con metales pesados se debe especialmente a actividades antropogénicas como la fundición, la minería, el uso de fertilizantes, pesticidas y herbicidas y el riego con agua contaminada. Por lo tanto, las actividades antropogénicas contribuyen más a la movilización de metales pesados que es un problema global.

2.2.12. Importancia de la Calidad los Suelos.

Bünemann et al (2018) refieren que la calidad del suelo, es uno de los tres componentes de la calidad ambiental, además de la calidad del agua y del aire. En la misma línea Carter, et al (1997), definen a la calidad del agua y del aire según su grado de impacto en la contaminación en la salud humana y animal, o en los ecosistemas naturales.

Por el contrario, Doran y Parkin (1994), afirman que esta no solo está limitada por el nivel de contaminación, sino que se debe considerar otros aspectos como la capacidad de funcionamiento del ecosistema, sus limitaciones de acuerdo al uso de la tierra y su fertilidad biológica para los cultivos y preservación de la vida animal y vegetal. Así mismo Doran y Parkin (1994), afirman explícitamente que la salud animal incluye la salud humana.

Esta definición refleja la complejidad y la especificidad del sitio de la parte subterránea de los ecosistemas terrestres, así como los numerosos vínculos entre las funciones del suelo y los servicios ecosistémicos.

Sin embargo, para Nortcliff (2002), la calidad del suelo es más compleja que la calidad del aire y el agua, no solo porque el suelo se compone de fases sólidas, líquidas y gaseosas, sino también porque se pueden utilizar para una gran variedad de fines. Esta multifuncionalidad de los suelos también se aborda cuando la calidad de este, se define desde una perspectiva ambiental como “promover el desarrollo de las plantas, resguardar las cuencas hidrográficas regularizando la infiltración y distribución de las precipitaciones, y prevenir la contaminación de agua y aire amortiguando contaminantes procedentes de los productos químicos agrícolas y los desechos orgánicos” (Sims, Cunningham, & Sunmer, 1997, pág. 23).

Hoy en día, la calidad del suelo incluye una variedad de funciones y servicios que realiza. Los científicos del suelo han propuesto una variedad de definiciones para el término calidad del suelo en las últimas décadas, que van desde un punto de vista puramente agrícola hasta una perspectiva más ambiental. La sociedad de Karlen et al. (1997), había propuesto una definición, que presenta una integración del conocimiento científico con un enfoque práctico. Gregorich (1994), concluye que la calidad del suelo se puede definir brevemente como la sostenibilidad de un suelo para un uso específico.

2.2.13. Salud del suelo.

Mursec (2011) menciona que la salud del suelo afecta a los caracteres ecológicos del suelo que tienen alcances, más allá de su calidad, sobre su capacidad para producir cultivos particulares. Estos caracteres son principalmente los asociados con la biota del suelo: diversidad, estructura de la red alimentaria y actividad para una variedad de funciones.

Pankhurst y Gupta (1997) sostienen que la biodiversidad del suelo per se puede no ser una propiedad del suelo que sea crítica para la producción de un cultivo dado, pero es una propiedad que puede ser vital para la capacidad continua del suelo para sustentar ese cultivo. Las tecnologías actuales para aumentar la producción agrícola han ignorado en gran medida este componente vital de gestión.

La salud del suelo se enfoca más en los componentes bióticos de un suelo, reflejando el mantenimiento de los organismos del suelo y su correcto funcionamiento como reguladores del ciclo de nutrientes y la fertilidad del suelo. Blume et al (2002) relaciona ambos términos y considera que la calidad del suelo engloba la salud del suelo. Para Degens et al (2000), la biota del suelo puede aumentar o reducir la productividad agrícola, según su composición y los objetivos de sus diferentes actividades. Por el contrario, las prácticas agrícolas modifican la vida del suelo, incluido el número total de organismos, la diversidad de especies y la actividad de estos organismos, incluida la formación de agregados por la biota del suelo. Estos cambios pueden ser beneficiosos o perjudiciales para la biota del suelo y sus funciones y su capacidad regenerativa. La gestión mejorada de la biota del suelo podría desempeñar un papel fundamental en el sostenimiento de la calidad (o salud) del suelo y en el logro de los objetivos de producción agrícola y seguridad alimentaria mediante el uso sostenible de la tierra y la gestión de los recursos de la tierra (Luk, 1979, pág. 244).

2.3. Definiciones conceptuales

- **Metales Tóxicos**, término utilizado para describir los elementos metálicos que tienen una densidad superior a 5 g/cm^3 y un peso atómico relativo alto, muy estables y no biodegradables en el medio ambiente y son perjudiciales en altas concentraciones para los organismos vivos (Abdallah , 2022).
- **Suelo**, es un cuerpo natural que requiere tiempo para su formación y está conformado por elementos que se encuentran en la superficie terrestre en estado sólidos, líquidos y gaseoso (Arshad & Coen, 1992).
- **Calidad del suelo**, se define como la salud del suelo para dar sostenibilidad a los ecosistemas y nichos ecológicos (Carter, y otros, 1997).
- **Caracterización del suelo**, es el fraccionamiento de la zona terrestre en porciones pequeñas de mismas condiciones (Arshad & Coen, 1992).
- **Grado de permisividad**, nivel de 'tolerancia excesiva' o 'condición permisiva' (Doran & Parkin, 1994)

- **Muestra de suelos**, porción representativa de suelo que es empleada para análisis o caracterización fisicoquímica de zona de muestreo (Doran & Jones, 1996).
- **Ensayos de suelo**, procesos analíticos en situ o en un laboratorio que pueden físicos o químicos, según el tipo de estudio o uso definido (McBride, 1994).
- **pH**, propiedad química de un elemento sólido o líquido que permite identificar su acidez o alcalinidad según su cuantía (Warkentin, 1995).
- **Conductividad**, propiedad natural de los organismos que permite la transferencia de calor o electricidad entre sí y puede ser medida (McBride, 1994).
- **Materia orgánica**, corresponde a todos los materiales orgánicos que están presentes en un suelo (Arshad & Coen, 1992).

2.4. Hipótesis de la Investigación

2.4.1. Hipótesis General.

La evaluación de los metales tóxicos genera resultados favorables en el suelo de los lotes 56 y 88 del Proyecto Camisea.

2.4.2. Hipótesis Específicos.

La evaluación de metales tóxicos produce efectos significativos en resultados de la caracterización fisicoquímica del suelo de los lotes 56 y 88 del Proyecto Camisea

La evaluación de metales tóxicos favorece significativamente a los resultados del monitoreo del suelo de los lotes 56 y 88 del Proyecto Camisea

La evaluación de metales tóxicos produce efectos significativos en resultados de la calidad del suelo de los lotes 56 y 88 del Proyecto Camisea

2.5. Operacionalización de Variables

En este punto se realizó la operatividad de las variables con sus dimensiones e indicadores, para esta investigación se designó como “X” a *Evaluación de metales tóxicos* y a “Y” a “Suelos”, este análisis tiene como contexto los lotes 56 y 88 del Proyecto Camisea.

Tabla 2

Operacionalización de variables, dimensiones e indicadores

Variable	Concepción operacional	Dimensiones	Indicadores	Técnicas / Instrumentos
X = Evaluación de metales tóxicos	“Evaluar el grado de permisibilidad de los compuestos tóxicos (orgánico e inorgánico), mediante el método analítico correspondiente para cada especie”	Hidrocarburos de Petróleo - D.S N°011 - (2017) MINAN	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fracción de hidrocarburos F1 (C6-C10) 2. Fracción de hidrocarburos F2 (>C10-C28) 3. Fracción de hidrocarburos F3 (>C28-C40) 	Técnica/ Instrumentos: Cualitativa (observación)/ Informes de laboratorio
		Metales Tóxicos - D.S N°011 - (2017) MINAN	<ol style="list-style-type: none"> 1. Arsénico (As) 2. Bario (Ba) 3. Cadmio (Cd) 4. Cromo (Cr) 5. Mercurio total (Hg) 6. Plomo (Pb) 	Técnica/ Instrumentos: Cualitativa (observación)/ Informes de laboratorio
		Método analítico	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ensayo 2. Muestra 3. Patrones 	Técnica/ Instrumentos: Cuantitativa (análisis de contenido) / Documentos de instrucción
Variable	Concepción operacional	Dimensiones	Indicadores	Técnicas / Instrumentos
Y: Suelos	“Es un cuerpo natural compuesto de materia orgánica e inorgánica, divide en capas, de acuerdo a su estructura y contenido	Caracterización fisicoquímica	<ol style="list-style-type: none"> 1. pH 2. Conductividad 	Técnica/ Instrumentos: Cualitativa (observación)/ Informes de evaluación.
		Monitoreo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estación de muestra 2. Ensayos por zonas 3. Frecuencia. 	Técnica/ Instrumentos Cualitativa (observación)/Informes de evaluación
		Calidad	<ol style="list-style-type: none"> 1. Límite inferior 2. Control blanco 3. Control estándar 	Técnica/ Instrumentos

de materia, puede variar de calidad según su uso y ubicación geográfica.			Cuantitativa (análisis de contenido) / Registros de control y Fichas de información
--	--	--	--

Nota. Elaboración propia.

CAPITULO III. METODOLOGÍA

3.1. Diseño Metodológico.

3.1.1. Tipo de Investigación.

De acuerdo a la búsqueda de conocimiento de investigación corresponde a una tipología básica, se evaluará la información recopilada de la empresa, de esta manera poder realizar recomendaciones respaldado en los resultados de los análisis de suelos de afectación por el proyecto de Camisea.

3.1.2. Nivel de Investigación.

Según el planteamiento del objetivo del estudio se puede considerar de nivel descriptivo y explicativo, ya que se evaluó el análisis resultante de los metales tóxicos en las muestras de suelos adyacentes al proyecto de hidrocarburos, en este aspecto se describió y explico las causas y resultantes de la data de los registros.

3.1.3. Diseño de la Investigación.

Para el diseño investigativo se consideró el no experimental, en el cual no se realizó ningún tipo de experimento o cuasi experimento.

3.1.4. Enfoque de la Investigación.

Siguiendo con el propósito de la investigación se optó por un enfoque mixto, en donde algunos indicadores se trabajaron con técnicas cuantitativas para las determinaciones de tendencias y grados de aceptación o significancia; mientras que para otros indicadores su naturaleza indicaba la aplicación de técnicas cualitativas.

3.2. Población y Muestra

3.2.1. Población.

De tipo finita, se utilizó los resultados 1577 de ensayos efectuados para los suelos del lote 56 y 88 entre los años 2019 a 2020.

3.2.2. Muestra.

Pertenece al tipo probabilístico, mediante la fórmula de muestreo finito:

$$n = \frac{n'}{1 + (n'/N)}$$

Se procesaron 309 ensayos de control de suelos efectuados en los dos años de evaluación.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

3.3.1. Técnicas a emplear.

- *Documental*; implica el uso de la información antecesora referente al tema de estudio, para los cuales se registró tesis y artículos científicos de índole nacional e internacional con una antigüedad no mayor a 5 años.
- *Observación directa*; se consideró la información recopilada durante el 2019 y 2020 en lo que respecta a los consolidados de informes de controles suelo dónde se registraron los datos y valores resultantes de los procedimientos empleados en materia de investigación

3.4. Técnicas para el procesamiento de la información

Se empleó la técnica estadística descriptiva para la cual se empleó el software SPSS y Excel, para procesar la data de 309 ensayos, de esta manera se pudo determinar las líneas de tendencia de la evaluación de metales tóxicos en los suelos de las áreas de estudio, conocida como la linealidad R^2 , así como la frecuencia o recurrencia de los mismos, para la prueba de hipótesis se empleó el test K-S, el estadístico Z y p-valor, los cuales permitieron reconocer la normalidad de los valores de la data y la significancia de las variables y dimensiones de estudio.

CAPITULO IV. RESULTADOS

4.1. Evaluación de Metales Tóxicos

Los resultados de la “*evaluación de los metales tóxicos*” en el lote 56 y 88, se atribuyen a la consolidación estadística de los 24 informes y un total de 309 ensayos registrados en la documentación analizada, para lo cual se distribuyó en tres dimensiones: Grado de permisibilidad en hidrocarburos de petróleo (D. S. N° 011) y los metales tóxicos (compuestos inorgánicos) y el método analítico, establecidos para los años 2019 y 2020. Cabe mencionar que estos lotes fueron y son destinados como suelo comercial/industrial/extractivo, sin embargo, la hipótesis propone favorecer los suelos con la evaluación de los compuestos orgánicos e inorgánicos para que sean aptos para la flora y fauna según estipula el Resumen Ejecutivo de ERM Perú S.A.

Tabla 3

Parámetros de permisibilidad para suelo industrial extractivos - D. S. N° 011

Parámetro (mg/kg)	Suelo comercial/ Industrial extractivo	Método de ensayo
Hidrocarburos de Petróleo		
Fracción de hidrocarburos F1	500	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F2	5000	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F3	6000	EPA 8015
Inorgánicos		
Arsénico	140	EPA 3050/ EPA 3051
Bario	2000	EPA 3050 / EPA 3051
Cadmio	22	EPA 3050 / EPA 3051
Cromo	1000	EPA 3050 / EPA 3051
Mercurio	24	EPA 7471 / EPA 6020
Plomo	800	EPA 3050 / EPA 3051

Nota. (MINAM, 2017).

4.1.1. Hidrocarburos de Petróleo - D.S N°011 - (2017).

Para la evaluación de los valores en hidrocarburos de petróleo se consideró la fracción establecida por el decreto donde F1 (C6-C10) es fracción ligera, F2 (>C10-C28) es fracción media y F3 (>C28-C40) es fracción pesada, para lo cual se seleccionaron 2 muestras (M) por año, en donde se efectuaron 3 pruebas (P) para la M1 y 5 pruebas (P) en M2 para el lote 56, mientras que para el lote 88 se procesó 3 pruebas (P) en la M1 y 3 pruebas (P) en M2. De acuerdo valores resultantes de los promedios semestrales de cada año, la permisibilidad de fracción en hidrocarburos está dentro de lo permitido en el D.S N°011 - (2017).

Resultados del Lote 56.

1. F1 (C6-C10).

La fracción de hidrocarburo F1 del lote 56 concerniente al año 2019 inició con una medida de 0.29 mg/kg (PS) para la M1 – P1, en el caso del año 2020, el punto de partida fue de 0.19 mg/kg (PS) para la M1 – P1, ambos años tuvieron 2 medidas (Figura 1). En el año 2020 se obtuvo 0.54 mg/kg (PS) en M2-P8 como valor máximo. Se puede señalar que los valores de promedios de fracción ligera están dentro de lo permitido en el D.S.

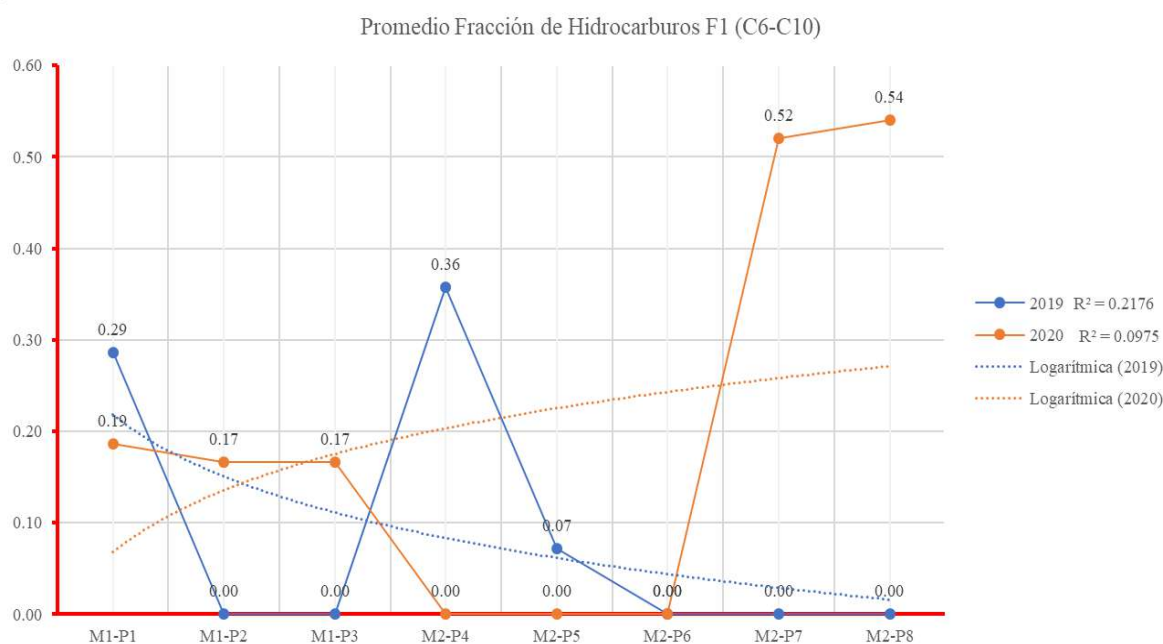


Figura 1. Fracción de hidrocarburo F1 (2019-2020) – Lt. 56.

2. F2 (>C10-C28).

La fracción de hidrocarburo F2 del lote 56 concerniente al año 2019 inició con una medida de 19.36 mg/kg (PS) en M1-P1, y tuvo un máximo valor de 3.59mg/kg (PS) en M2-P4; en el caso del año 2020, el punto de partida fue 2.9 en M1 – P1, seguida de 2 valores más en la misma muestra (Figura 2). También se obtuvo un valor máximo en M2-P7 de 14.9 mg/kg (PS). La fracción media está dentro de lo permitido en el D.S.

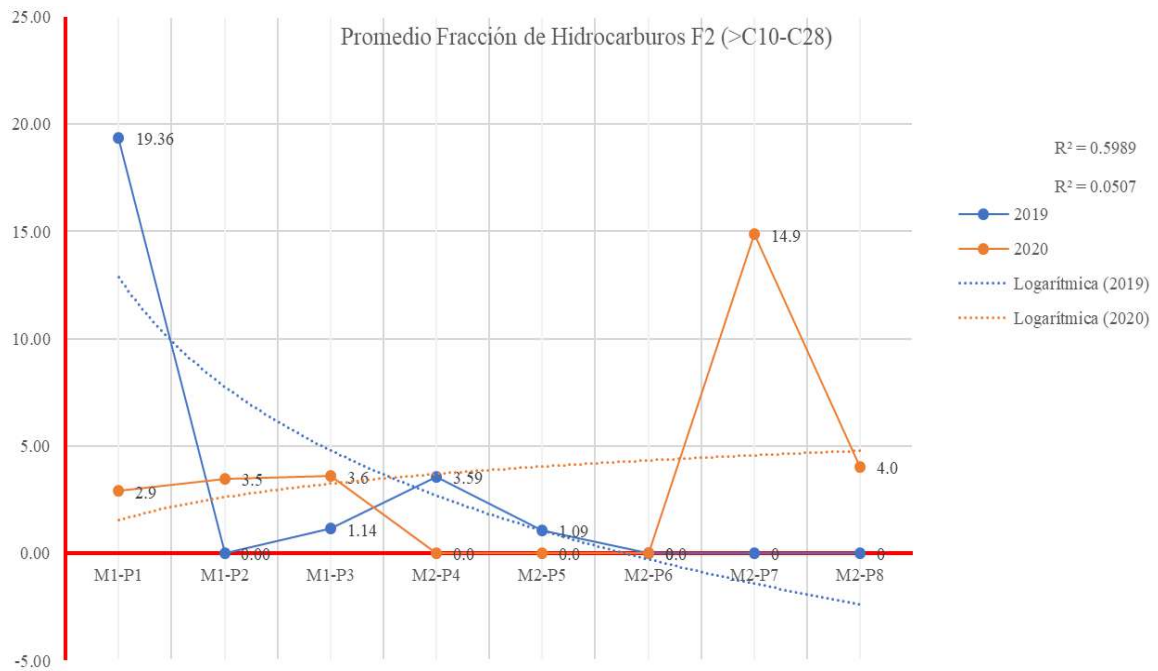


Figura 2. Fracción de hidrocarburo F2 (2019-2020) – Lt. 56.

3. F3 (>C28-C40).

La fracción de hidrocarburo F3 del lote 56 concerniente al año 2019 inició con una medida de 12.7 mg/kg (PS) para M1-P1, y tuvo un máximo valor de 10.80 mg/kg (PS) en M2-P4; en el caso del año 2020, el punto de partida fue de 5.50 para la M1 – P1, seguida de 2 valores más en la misma muestra (Figura 3), también se obtuvo un valor máximo en M2-P7 de 33.90 mg/kg (PS). De acuerdo a dichos valores la fracción pesada está dentro de lo permitido en el D.S.

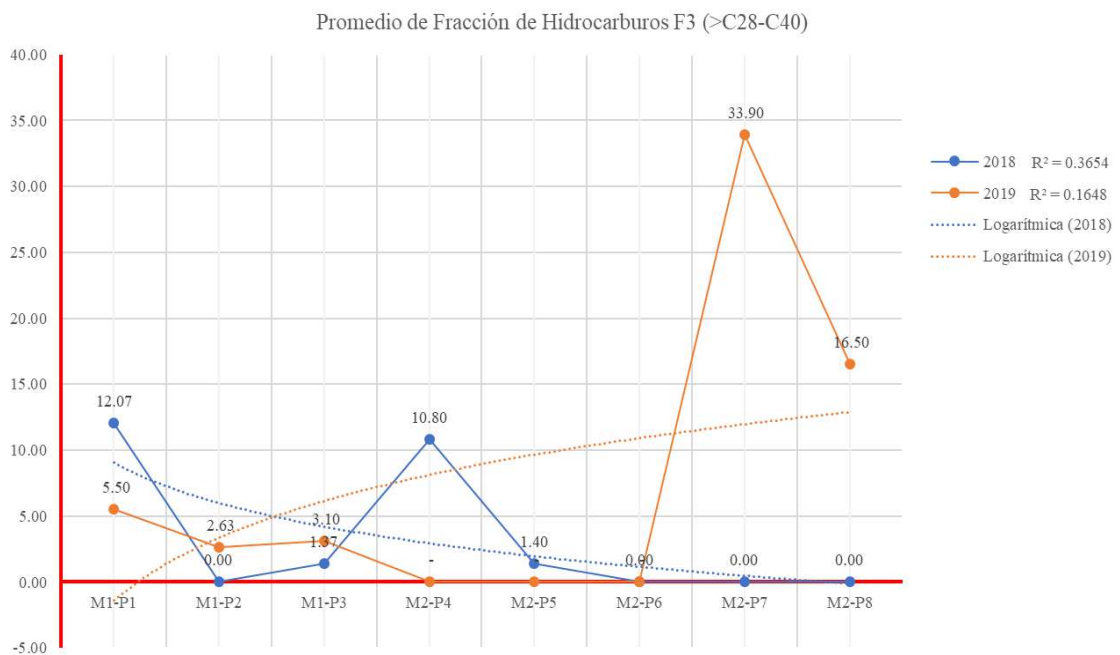


Figura 3. Fracción de hidrocarburo F3 (2019-2020) – Lt. 56.

Resultados del Lote 88.

1. F1 (C6-C10).

La fracción de hidrocarburo F1 del lote 88 concerniente al año 2019 inició con una medida de 0.5 mg/kg (PS) para la M1 – P1, en el caso del año 2020, el punto de partida fue de 0.48 mg/kg (PS) para la M1 – P1, en ambos años se obtuvo 2 valores más en M1 (Figura 4). Así mismo se obtuvo 3 valores en M2 (P4, P5 y P6) en los dos años, con un valor ≤ 0.2 mg/kg (PS). Se puede señalar que los valores de fracción ligera por semestre están dentro de lo permitido en el D.S.

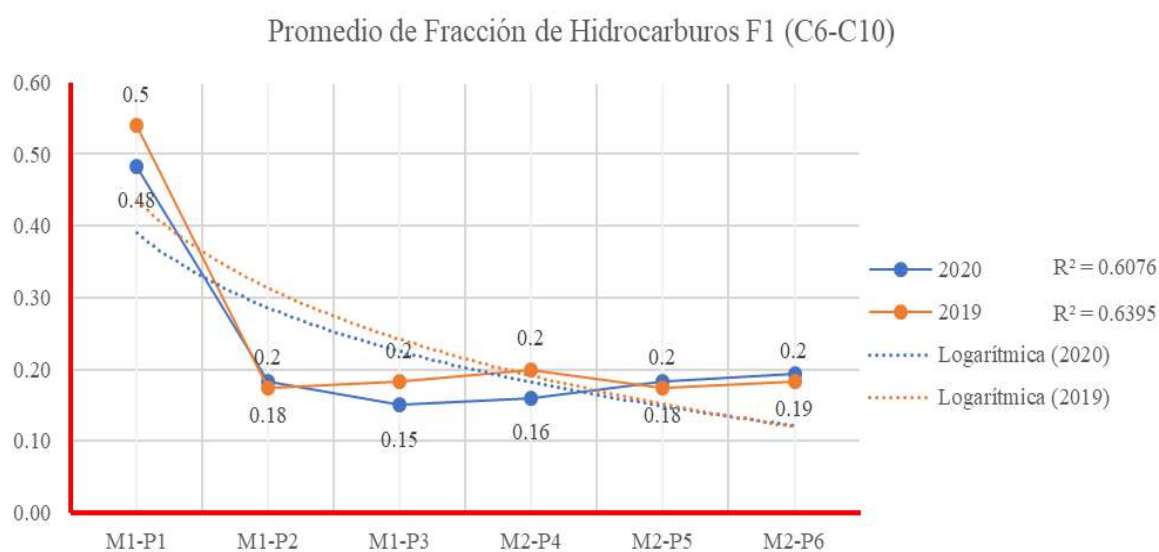


Figura 4. Fracción de hidrocarburo F1 (2019-2020) – Lt. 88.

2. F2 (>C10-C28).

La fracción de hidrocarburo F2 del lote 88 concerniente al año 2019 inició con una medida de 28.36 mg/kg (PS) para M1-P1, en el caso del año 2020, el punto de partida fue de 22.96 mg/kg (PS) para la M1 – P1, en ambos años se obtuvo 2 valores más en M1 (Figura 5). Así mismo se obtuvo 3 valores en M2 (P4, P5 y P6) en los dos años, en el 2019 el valor máximo fue de 1.62 mg/kg (PS), mientras que en 2020 fue de 0.38 mg/kg (PS). De acuerdo a dichos valores la fracción media está dentro de lo permitido en el D.S N°011 - (2017).

Promedio de Fracción de Hidrocarburos F2 (C10-C28)

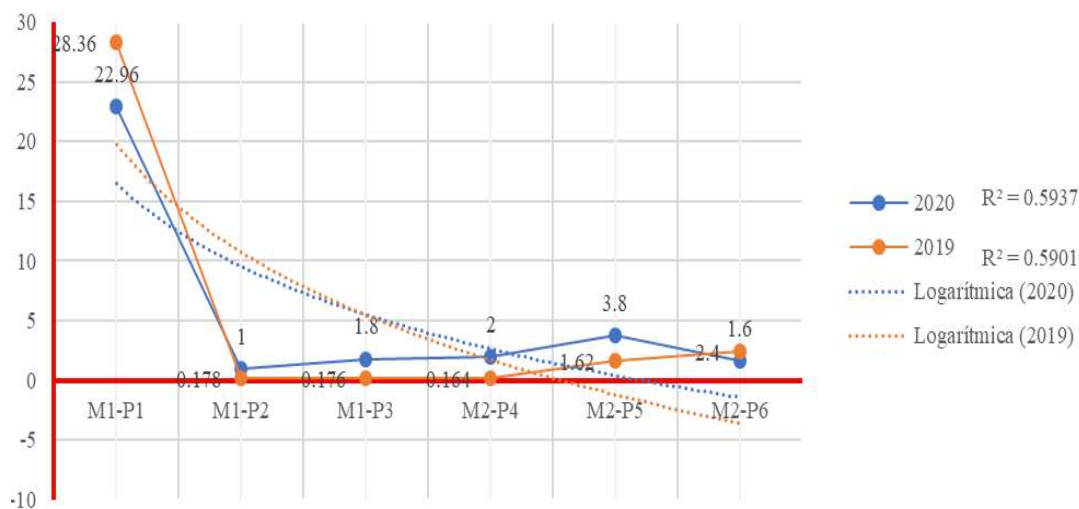


Figura 5. Fracción de hidrocarburo F2 (2019-2020) – Lt. 88.

3. F3 (>C28-C40).

La fracción de hidrocarburo F2 del lote 88 concerniente al año 2019 inició con una medida de 42.94 mg/kg (PS) para M1-P1, en el caso del año 2020, el punto de partida fue de 36.46 mg/kg (PS) para la M1 – P1, en ambos años se obtuvo 2 valores más en M1 (Figura 6). Así mismo se obtuvo 3 valores en M2 (P4, P5 y P6) en los dos años, en el 2019 el valor máximo fue de 7.16 mg/kg (PS), mientras que en 2020 fue de 5.88 mg/kg (PS). De acuerdo a dichos valores la fracción pesada está dentro de lo permitido en el D.S.

Promedio de Fracción de Hidrocarburos F3 (C28-C40)

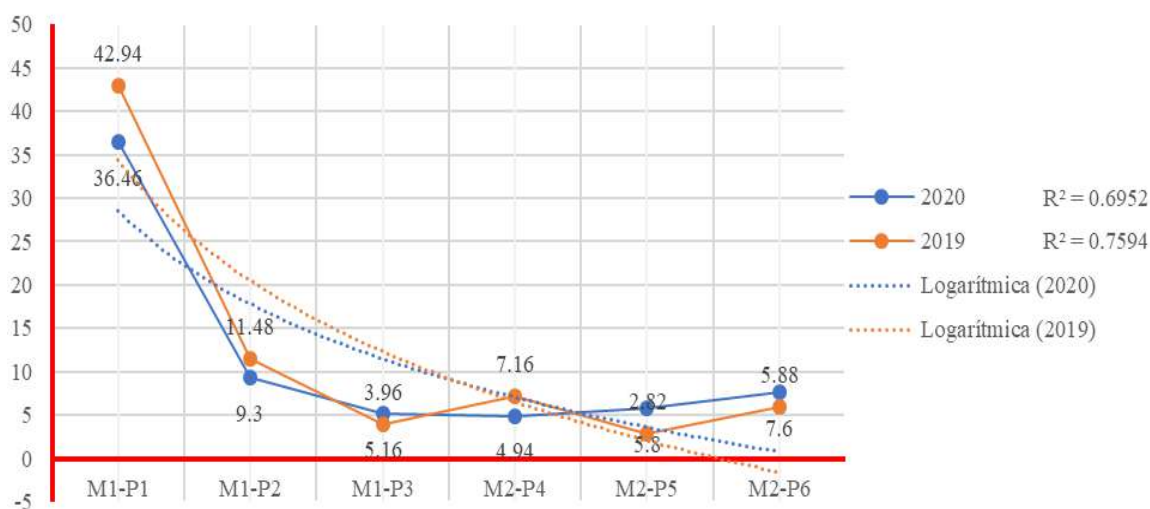


Figura 6. Fracción de hidrocarburo F3 (2019-2020) – Lt. 88.

4.1.2. Metales Tóxicos - D.S N°011 - (2017)

En la evaluación de los metales tóxicos de los lotes 56 y 88 se consideraron el grado de permisibilidad establecidos por el decreto N°.011, para suelo comercial, donde los compuestos inorgánicos a considerar, fueron: Arsénico, bario, cadmio, cromo, mercurio y plomo, para lo cual se seleccionaron 2 muestras (M) por año, en donde se efectuaron 3 pruebas (P) para la M1 y 5 pruebas (P) en M2 para el lote 56, mientras que para el lote 88 se procesó 3 pruebas (P) en la M1 y 3 pruebas (P) en M2. Cabe mencionar que los resultados fueron procesados semestralmente en cada año, considerando los puntos de monitoreo del proyecto.

Resultados del Lote 56.

Los resultados de los compuestos inorgánicos registrados en los informes de laboratorio analítico de las muestras de suelos del lote 56 en el 2019 y 2020, los valores resultantes no superan los establecidos en el anexo ECA para suelo comercial de acuerdo con D.S. N°011 – MINAM. En la tabla 4 se detalla los resultados de los promedios de muestras de acuerdo a su punto de monitoreo.

Tabla 4

Metales tóxicos registrados entre el 2019 y 2020 en suelos del Lote 56

Año	Parámetro (mg/kg)	M1-P1	M1-P2	M1-P3	M2-P4	M2-P5	M2-P6	M2-P7	M2-P8
2019	Arsénico (As)	3.72	13.33	3.28	6.53	5.95	0.55	(*)	(*)
2020	Arsénico (As)	5.00	15.08	3.54	0.34	1.85	1.85	(*)	0.55
2019	Bario (Ba)	322.68	158.10	221.81	208.03	189.18	31.91	(*)	(*)
2020	Bario (Ba)	252.99	305.31	205.57	72.73	62.10	67.04	7.60	6.68
2019	Cadmio (Cd)	0.48	0.29	0.56	0.28	0.27	0.06	(*)	(*)
2020	Cadmio (Cd)	0.41	7.80	0.22	0.08	0.15	0.13	0.08	0.09
2019	Cromo (Cr)	19.73	20.61	20.13	22.83	20.33	2.15	(*)	(*)
2020	Cromo (Cr)	18.08	27.87	16.03	4.78	5.04	4.88	3.93	3.69
2019	Mercurio (Hg)	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.00	(*)	(*)
2020	Mercurio (Hg)	0.03	0.03	0.04	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01
2019	Plomo (Pb)	9.77	12.72	15.43	18.38	18.08	1.07	(*)	(*)
2020	Plomo (Pb)	10.52	23.42	8.45	3.00	2.82	2.64	1.30	2.45

Nota. Elaboración propia, del registro del proyecto Camisea. (*) No hay valoración en muestra.

Para el año 2019 los valores encontrados fueron de: 13.33 mg/kg (As), 322.68 mg/kg (Ba), 0.48 mg/kg (Cd), 22.83 mg/kg (Cr), 0.05 mg/kg (Hg) y 18.38 mg/kg (Pb). Mientras

que para el 2020 los valores máximos son de: 15.08 mg/kg (As), 305.31 mg/kg (Ba), 7.80 mg/kg (Cd), 27.87 mg/kg (Cr), 0.04 mg/kg (Hg) y 23.42 mg/kg (Pb), en ambos años los valores no superaron los límites permisibles de 140 mg/kg (As), 2000 mg/kg (Ba), 22 mg/kg (Cd), 1000 mg/kg (Cr), 24 mg/kg (Hg) y 800 mg/kg (Pb)



Figura 7. Medición de As – Lt. 56.

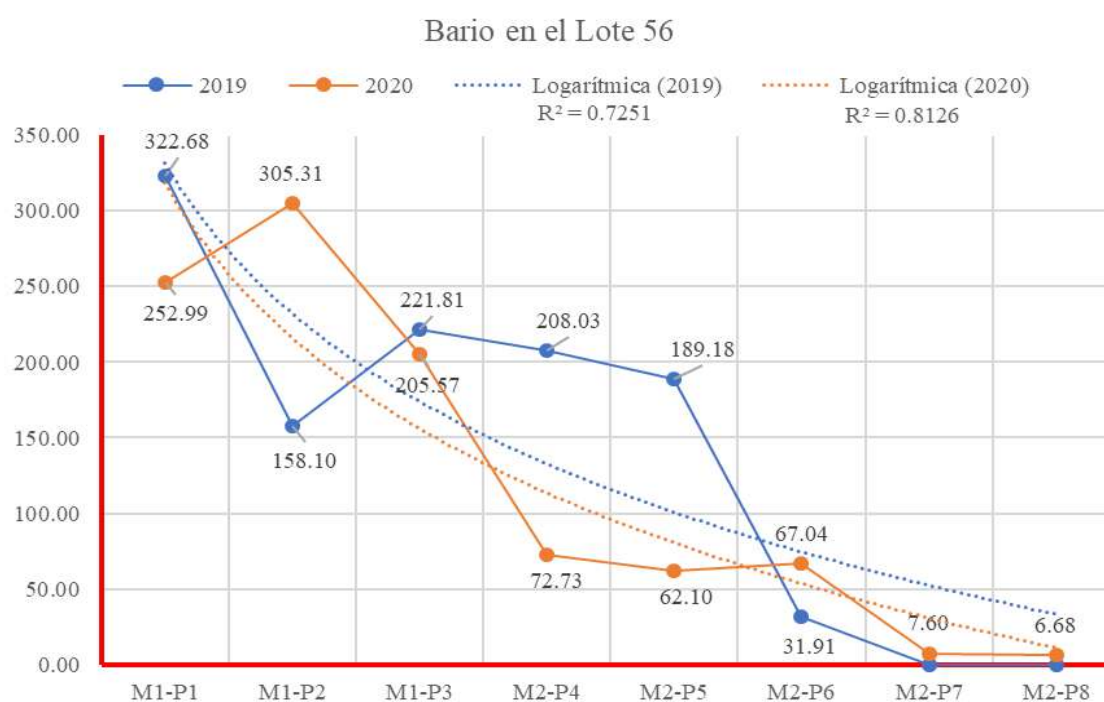


Figura 8. Medición de Ba – Lt. 56.

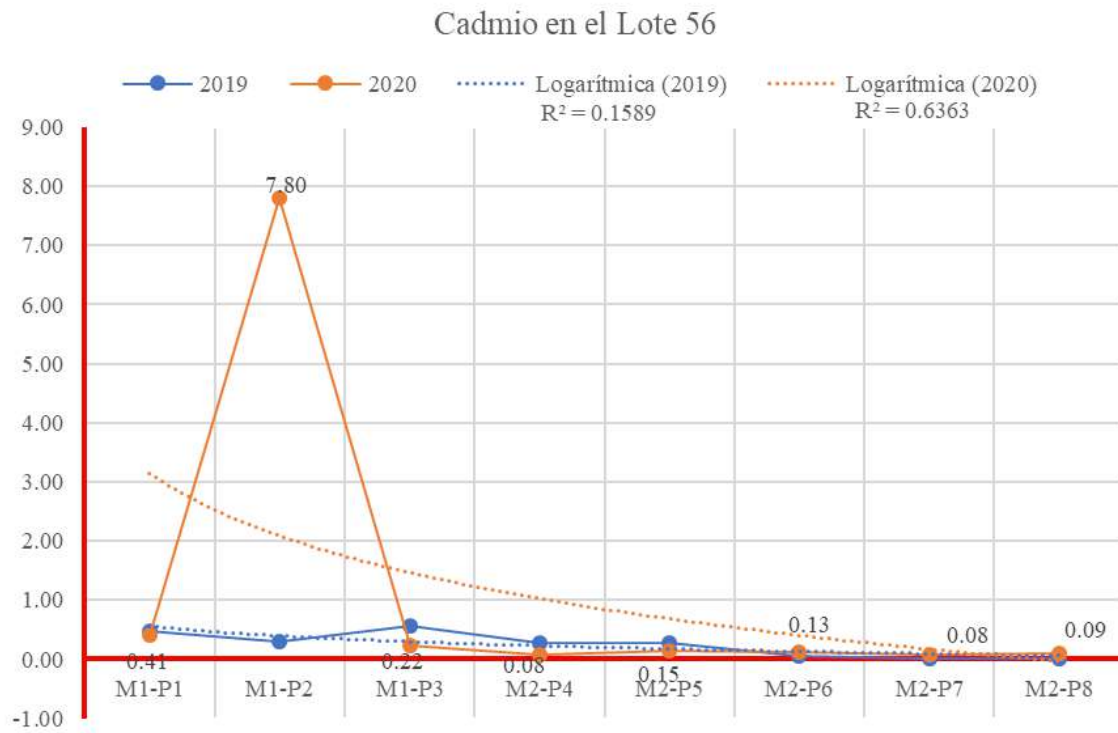


Figura 9. Medición de Cd – Lt. 56.

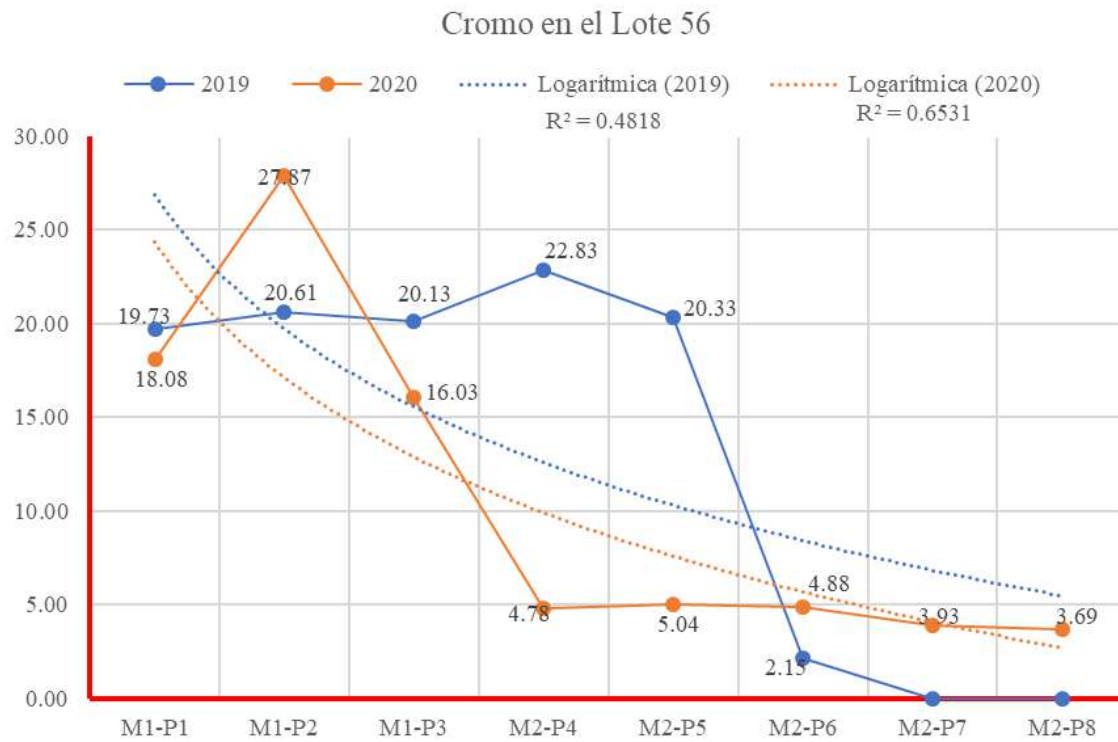


Figura 10. Medición de Cr – Lt. 56.

Mercurio en el Lote 56

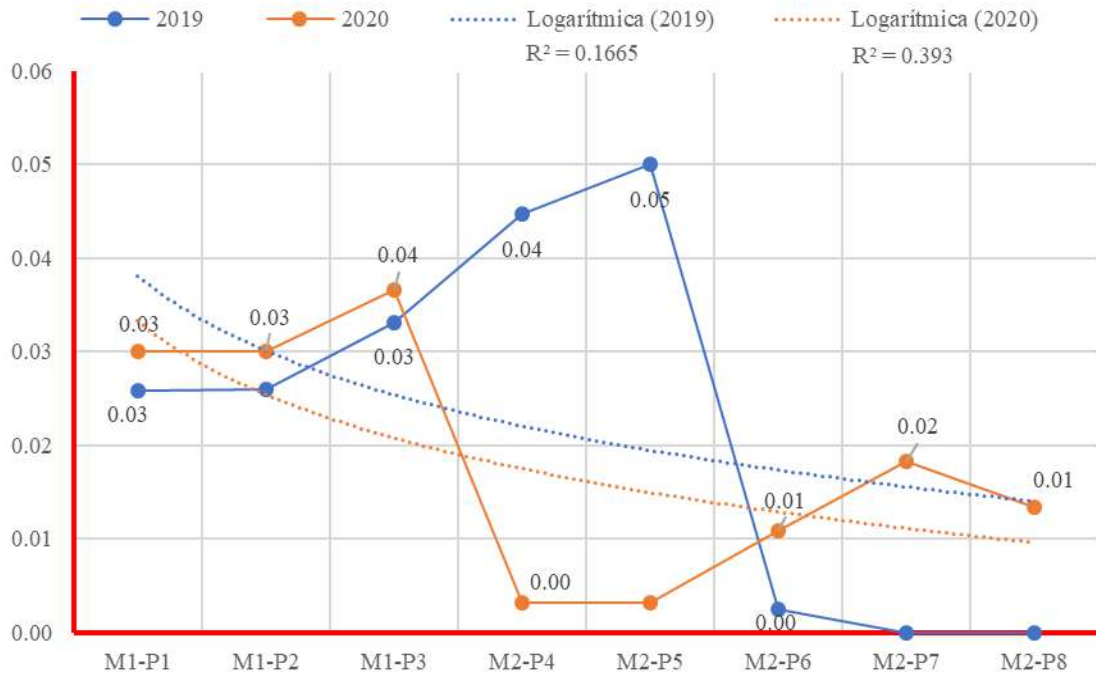


Figura 11. Medición de Hg – Lt. 56.

Plomo en el Lote 56

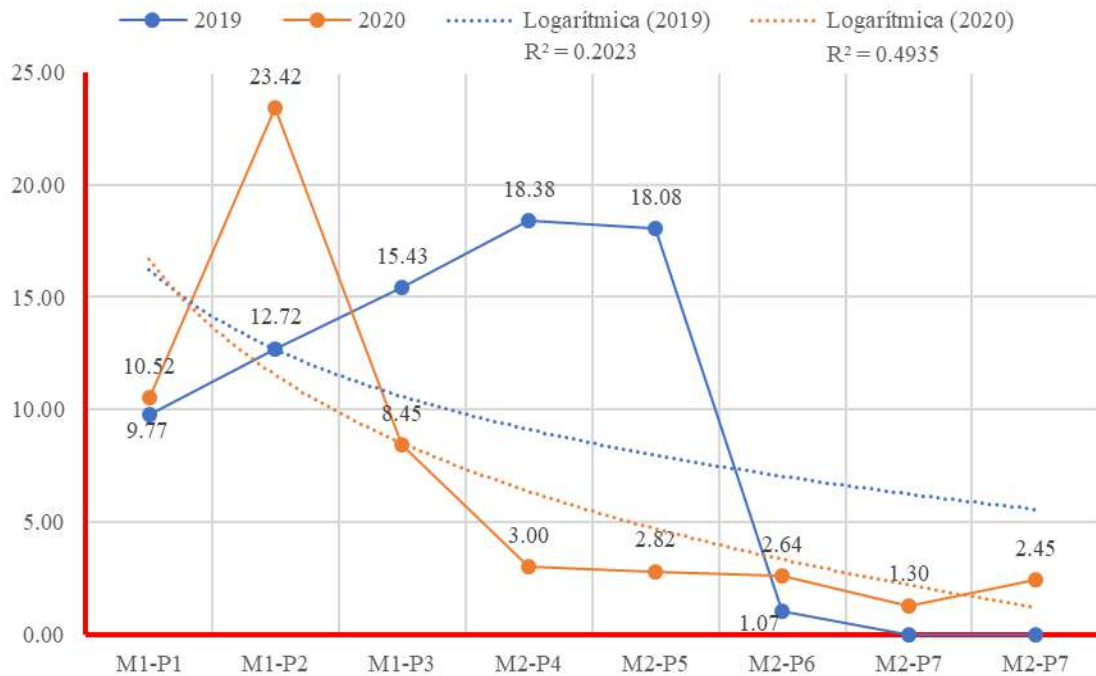


Figura 12. Medición de Pb – Lt. 56.

Resultados del Lote 88.

Los resultados de los compuestos inorgánicos registrados en los informes de laboratorio analítico de las muestras de suelos del lote 88 en el 2019 y 2020, los valores resultantes no superan los establecidos en el anexo ECA para suelo comercial de acuerdo con D.S. N°011 – MINAM. En la tabla 5 se detalla los resultados de los promedios de muestras de acuerdo a su punto de monitoreo.

Tabla 5

Metales tóxicos registrados entre el 2019 y 2020 en suelos del Lote 88

Año	Parámetro (mg/kg)	M1-P1	M1-P2	M1-P3	M2-P4	M2-P5	M2-P6
2019	Arsénico (As)	5.00	1.69	1.34	17.71	0.28	0.28
2020	Arsénico (As)	3.41	1.18	0.90	12.62	1.27	0.85
2019	Bario (Ba)	321.00	77.11	71.48	27.43	3.97	4.96
2020	Bario (Ba)	269.03	65.69	60.03	14.62	19.58	18.75
2019	Cadmio (Cd)	0.45	0.19	0.20	1.17	0.04	0.04
2020	Cadmio (Cd)	0.47	0.32	0.28	1.31	0.16	0.13
2019	Cromo (Cr)	18.53	9.71	7.73	5.09	1.13	0.86
2020	Cromo (Cr)	14.59	16.33	6.33	4.11	2.55	2.80
2019	Mercurio (Hg)	0.03	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00
2020	Mercurio (Hg)	0.02	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01
2019	Plomo (Pb)	14.16	6.63	5.41	2.18	1.17	0.92
2020	Plomo (Pb)	9.74	4.31	4.00	1.26	2.08	1.83

Nota. Elaboración propia, basado en registro de ensayos del proyecto Camisea.

En el año 2019 los valores predominantes fueron: 5 mg/kg (As), 321 mg/kg (Ba), 0.45 mg/kg (Cd), 18.53 mg/kg (Cr), 0.03 mg/kg (Hg) y 14.16 mg/kg (Pb). Mientras que para el 2020 los valores máximos son de: 3.41 mg/kg (As), 269.03 mg/kg (Ba), 0.47 mg/kg (Cd), 16.33 mg/kg (Cr), 0.04 mg/kg (Hg) y 9.74 mg/kg (Pb), en ambos años los valores no superaron los límites permisibles de 140 mg/kg (As), 2000 mg/kg (Ba), 22 mg/kg (Cd), 1000 mg/kg (Cr), 24 mg/kg (Hg) y 800 mg/kg (Pb)

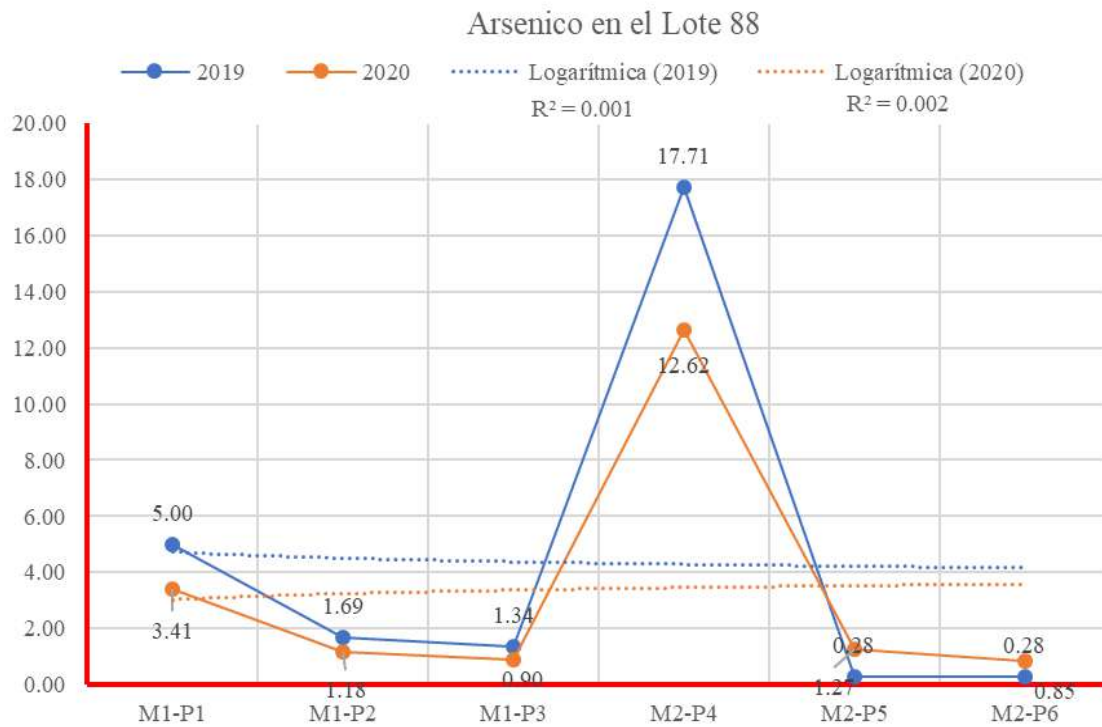


Figura 13. Medición de As – Lt. 88.

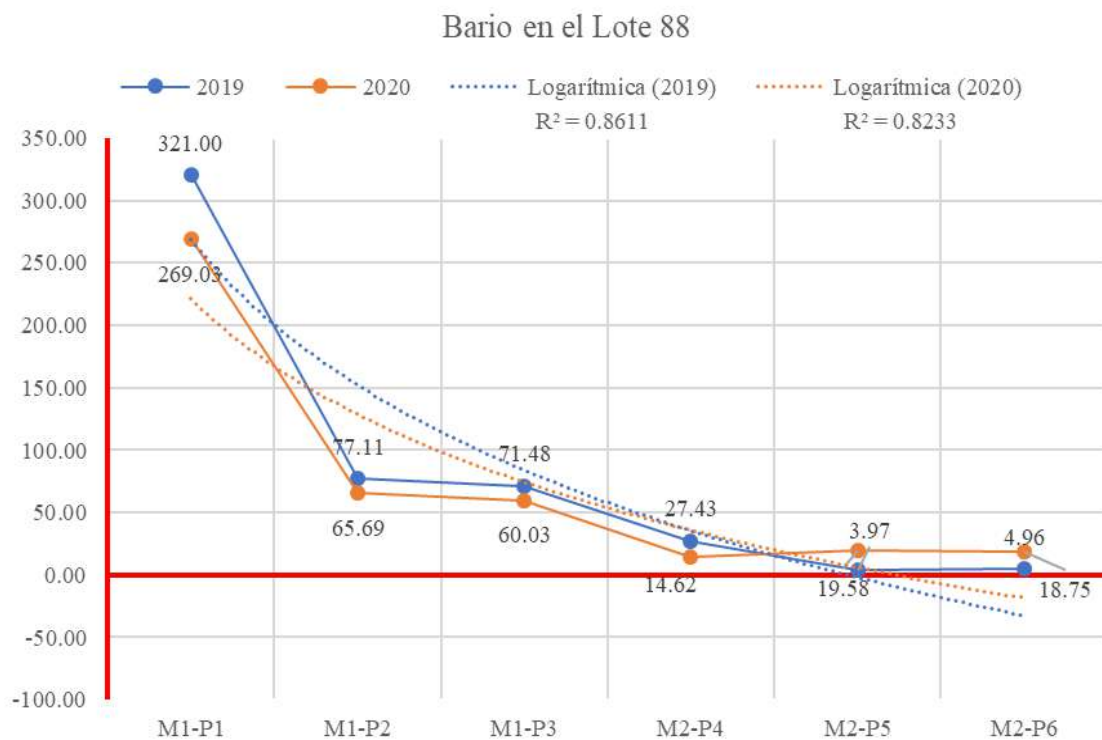


Figura 14. Medición de Ba – Lt. 88.

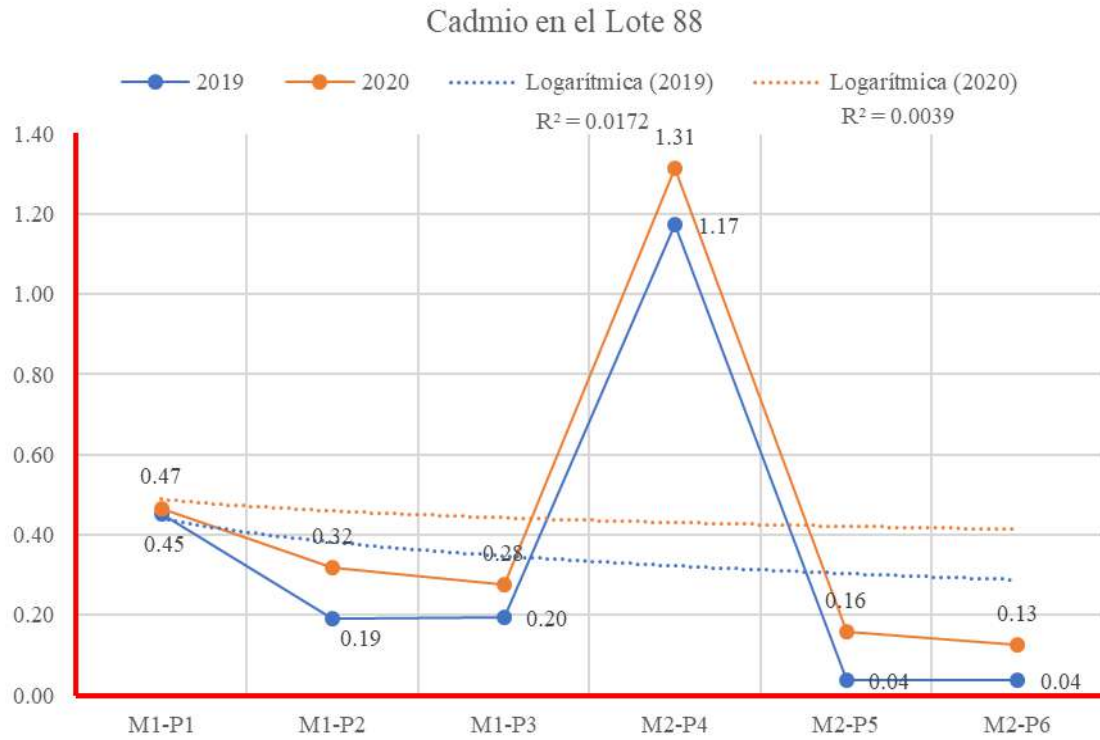


Figura 15. Medición de Cd – Lt. 88.

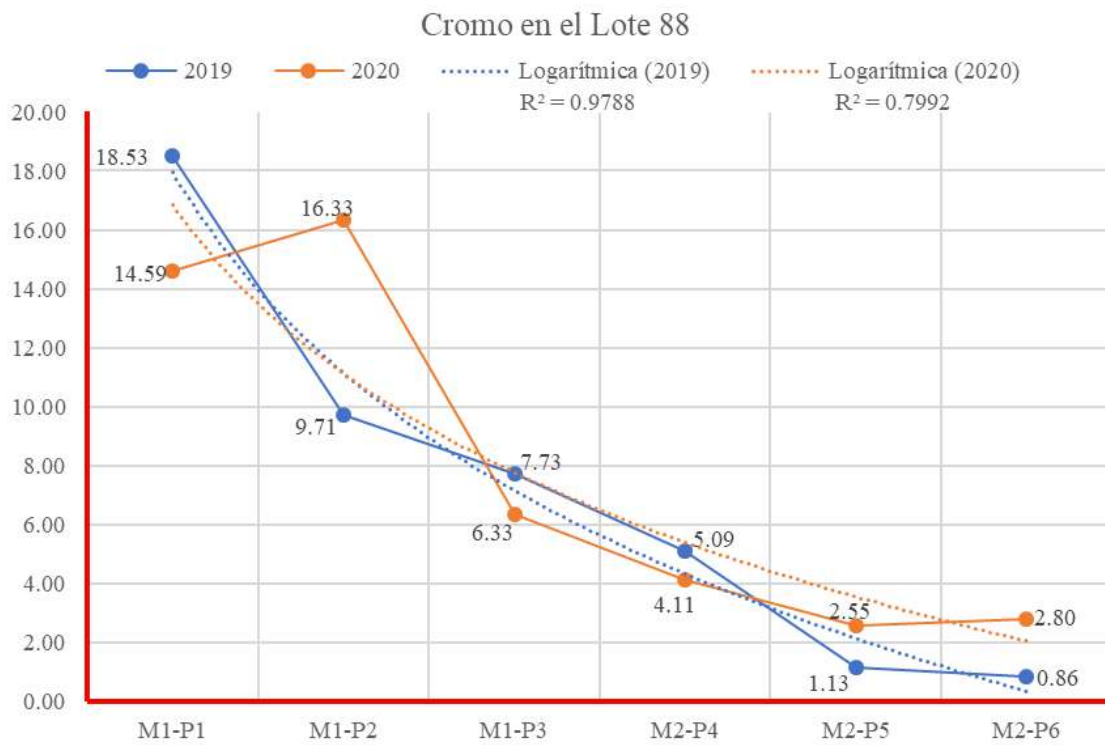


Figura 16. Medición de Cr – Lt. 88.

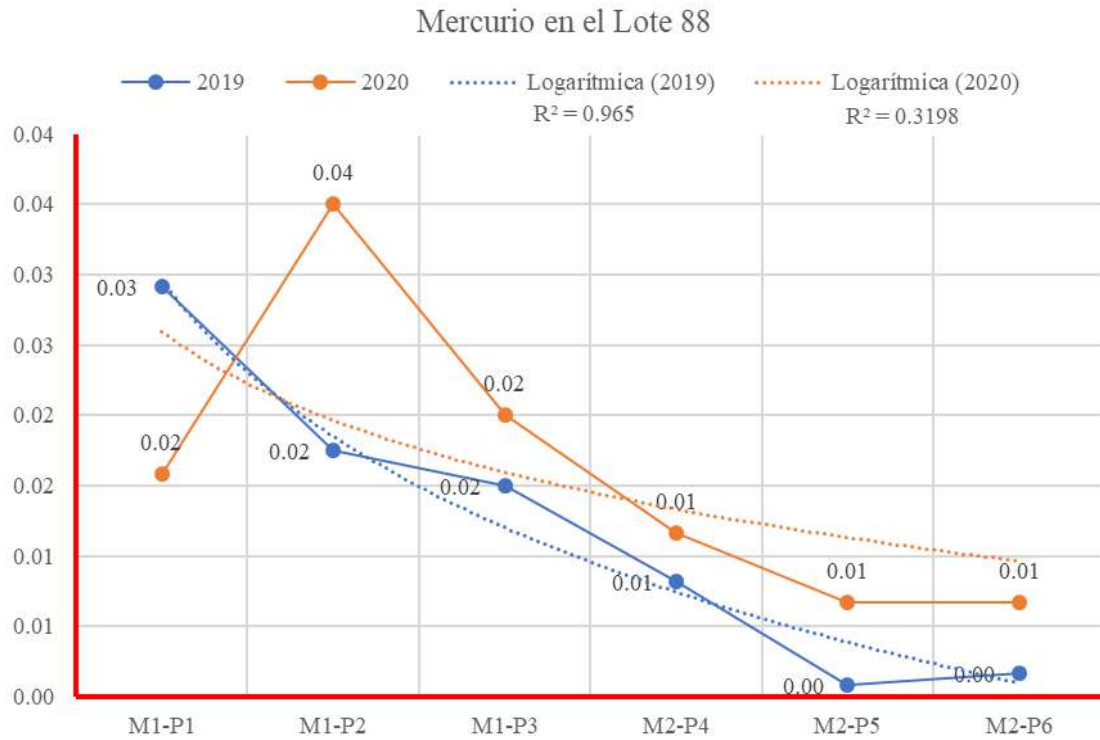


Figura 17. Medición de Hg – Lt. 88.



Figura 18. Medición de Pb – Lt. 88.

4.1.3. Método Analítico.

Resultados del Lote 56.

Se emplearon 7 métodos analíticos en la lectura de Metales en muestras del suelo del lote 56 se realizaron en el 2019 (figura 19) alrededor de 228 ensayos (50 Cromatografía – BTEX; 21 Cromatografía Fracción de Hidrocarburos, 24 Cromatografía PAH's, 12 Cromatografía TPH, 60 ICP AES, 12 Mercurio Total y 49 Físico Químicos).

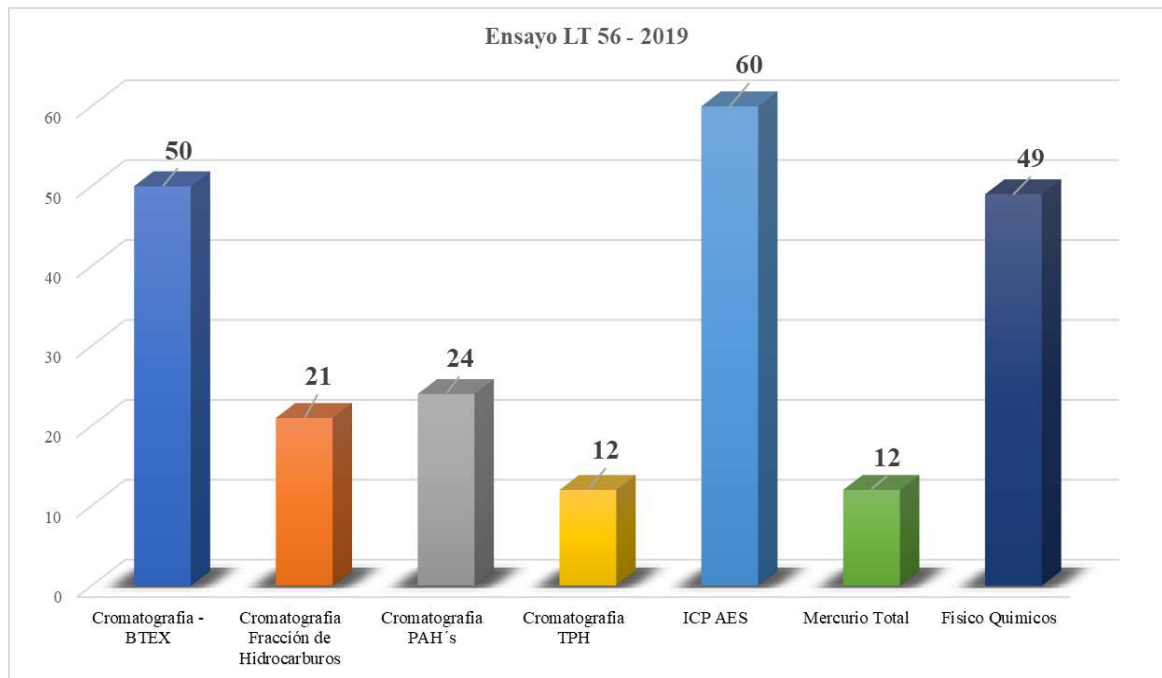


Figura 19. Método de análisis por Ensayos - lote 56 (2019).

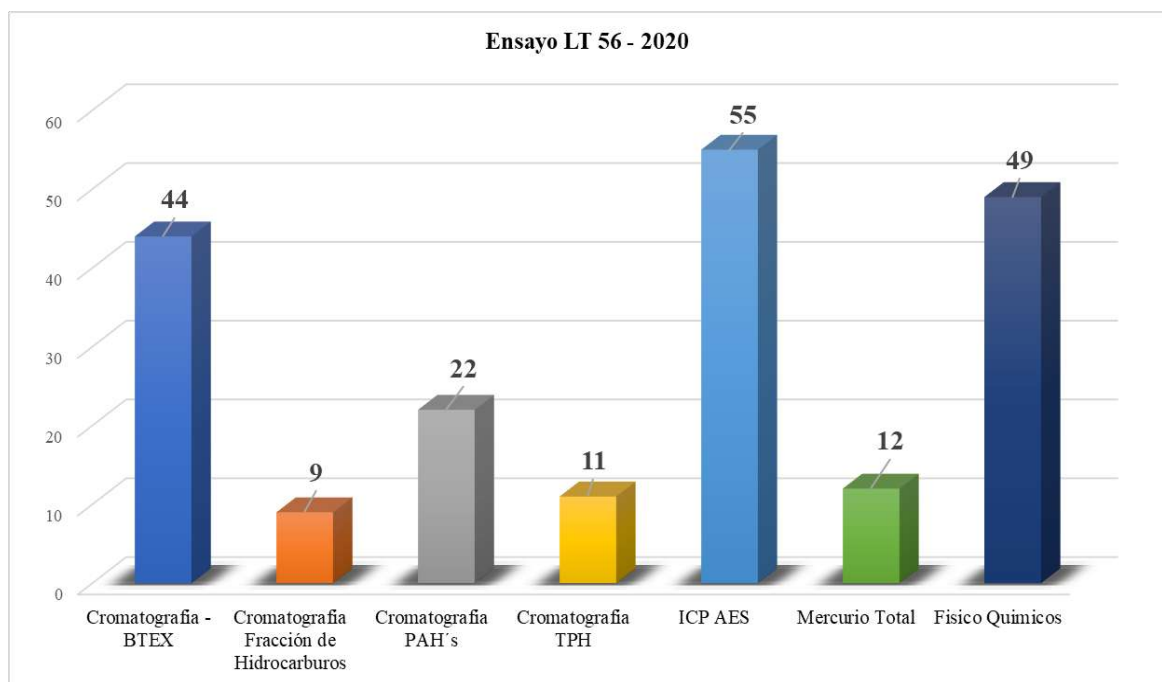


Figura 20. Método de análisis por Ensayos - lote 56 (2020).

Mientras que en 2020 (figura 20) fueron 202 ensayos (44 Cromatografía – BTEX; 9 Cromatografía Fracción de Hidrocarburos, 22 Cromatografía PAH’s, 11 Cromatografía TPH, 55 ICP AES, 12 Mercurio Total y 49 Físicoquímicos). Se debe señalar que la distribución fue en 8 pruebas de laboratorio realizadas a la muestra 1 (P1, P2 y P3) y muestra 2 (P4, P5, P6, P7 y P8) proveniente de los puntos de control de monitoreo, estos resultados están basados en los informes de laboratorio los cuales fueron tomados a modo de población y muestra de estudio.

Resultados del Lote 88.

Se emplearon 7 métodos analíticos en la lectura de Metales en muestras del suelo del lote 56 se realizaron en el 2019 (figura 21) alrededor de 214 ensayos (48 Cromatografía – BTEX; 12 Cromatografía Fracción de Hidrocarburos, 22 Cromatografía PAH’s, 11 Cromatografía TPH, 60 ICP AES, 12 Mercurio Total y 49 Físico Químicos).

Mientras que en 2020 (figura 22) fueron 219 ensayos (50 Cromatografía – BTEX; 15 Cromatografía Fracción de Hidrocarburos, 22 Cromatografía PAH’s, 11 Cromatografía TPH, 60 ICP AES, 12 Mercurio Total y 49 Físico Químicos). Se debe señalar que la distribución fue en 8 pruebas de laboratorio realizadas a la muestra 1 (P1, P2 y P3) y muestra 2 (P4, P5, P6, P7 y P8) proveniente de los puntos de control de monitoreo, estos resultados están basados en los informes de laboratorio los cuales fueron tomados a modo de población y muestra de estudio.

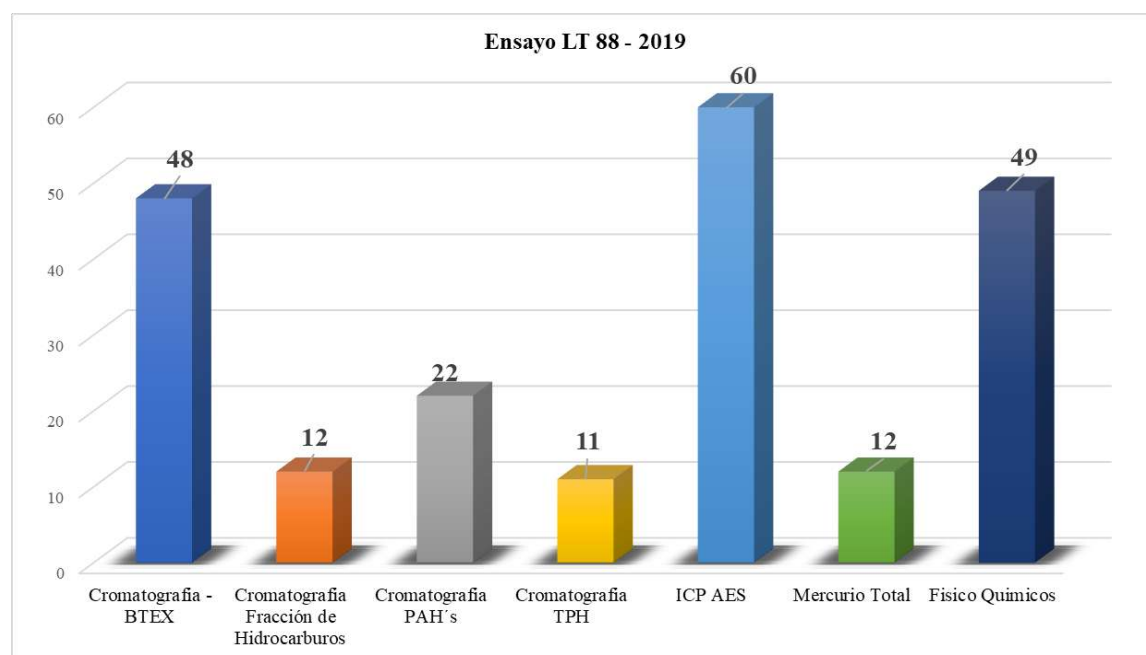


Figura 21. Método de análisis por Ensayos - lote 88 (2019).

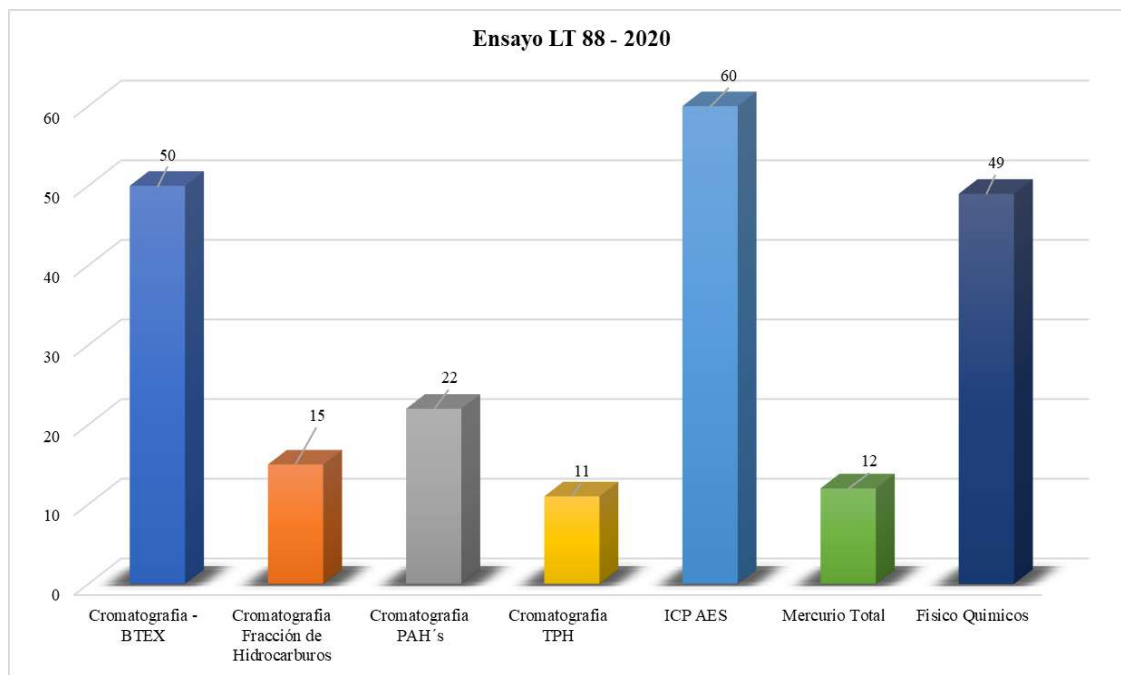


Figura 22. Método de análisis por Ensayos - lote 88 (2020).

4.2. Suelos

Respecto a variable “suelos”, se empleó la información recopilada en un total de 24 informes y 309 ensayos registrados en dicha documentación entre 2019 y 2020, para el análisis descriptivo se asignó tres dimensiones: Caracterización Físicoquímica (pH y conductividad), Monitoreo (estación de muestra, ensayos por zonas y frecuencias), y calidad (límite inferior, el control blanco y el control estándar). Dicha cuantificación dará certeza de un control adecuado dentro de los límites de permisibilidad que plantea los estándares de control ambiental en suelos definidos en la variable anterior.

4.2.1. Caracterización Físicoquímica para Suelos.

Para la caracterización físicoquímica se analizaron dos muestras del mismo punto de monitoreo, donde se efectuaron 3 pruebas (P) para la M1 y 5 pruebas (P) en M2 para el lote 56, mientras que para el lote 88 se procesó 3 pruebas (P) en la M1 y 3 pruebas (P) en M2. Haciendo un total de 192 pruebas en los dos años de evaluación.

Resultados del Lote 56.

El lote 56 se procesó un total de 8 pruebas entre la muestra 1 y 2 por, de acuerdo con el resumen de resultados del 2019 se obtuvo el promedio más alto en: conductividad en M2-P5 = 246.13 $\mu\text{S}/\text{cm}$, para pH = 7.57 (M1-P1). Mientras que el promedio de menor valor fue de: conductividad en M2-P5 = 18.37 $\mu\text{S}/\text{cm}$, para pH = 1.23 (M2-P6)

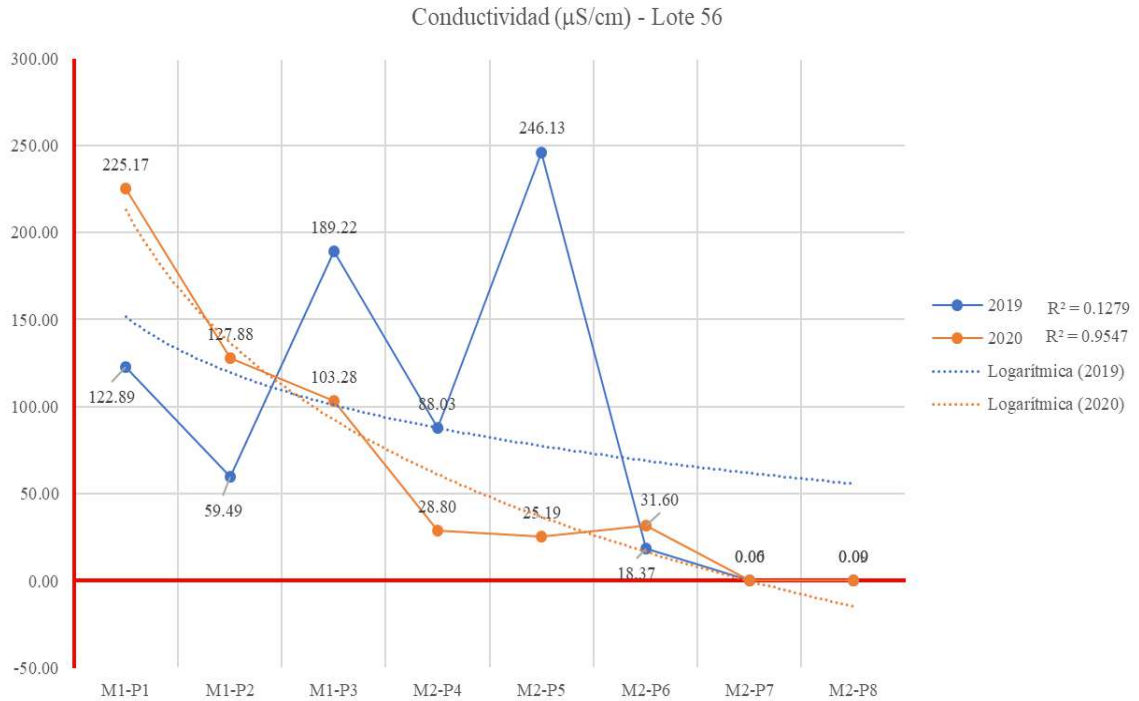


Figura 23. Resumen valorativo de la conductividad – Lt. 56.

Para el 2020 los promedios más altos fueron de: conductividad en M1-P1 = 225.17 $\mu\text{S}/\text{cm}$, para pH = 8.32 (M1-P1). Mientras que el promedio de menor valor fue de: conductividad en M2-P7 = 0.06 $\mu\text{S}/\text{cm}$, para pH = 1.99 (M2-P6)

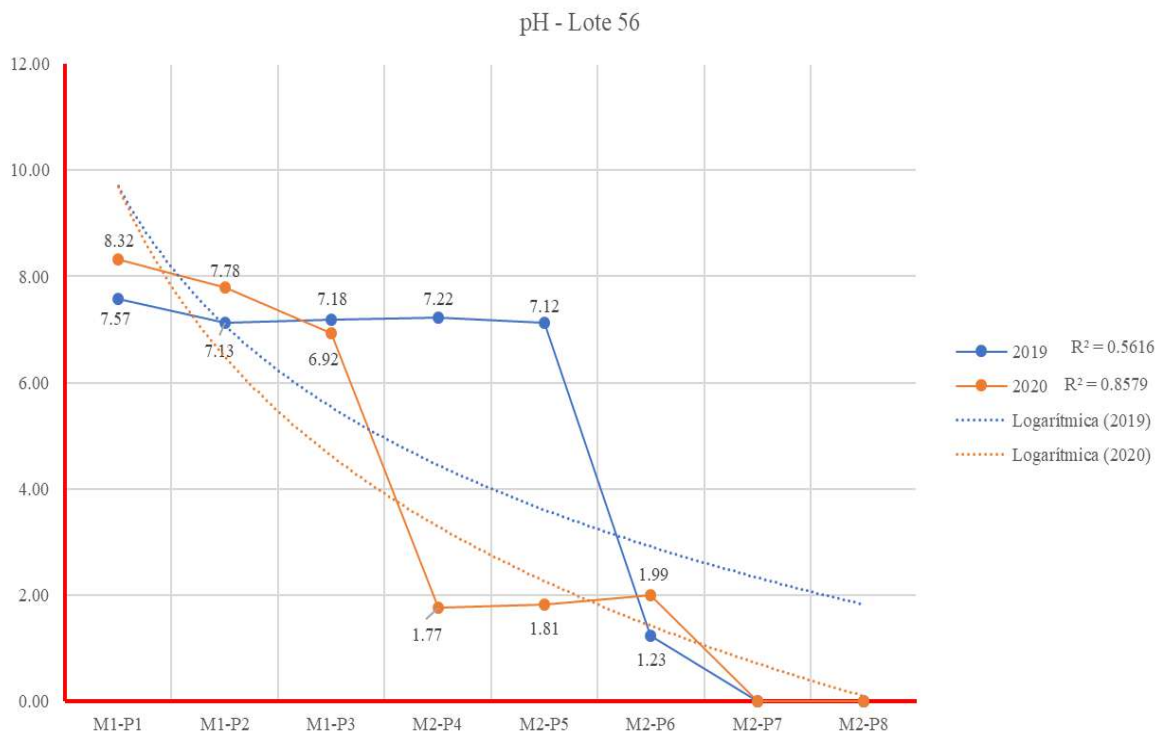


Figura 24. Resumen valorativo del pH– Lt 56.

Resultados del Lote 88.

El lote 88 se procesó un total de 6 pruebas entre la muestra 1 y 2, de acuerdo con el resumen de resultados del 2019 se obtuvo el promedio más alto en: conductividad en M2-P1 = 123.21 $\mu\text{S}/\text{cm}$, para pH = 7.72 (M1-P1). Mientras que el promedio de menor valor fue de: conductividad en M2-P4 = 11.89 $\mu\text{S}/\text{cm}$, para pH = 1.23 (M2-P6)



Figura 25. Resumen valorativo de la conductividad – Lt. 88.



Figura 26. Resumen valorativo del pH– Lt. 56.

Para el 2020 los promedios más altos fueron de: conductividad en M1-P1 = 112.70 $\mu\text{S}/\text{cm}$, para pH = 6.55 (M1-P1). Mientras que el promedio de menor valor fue de: conductividad en M2-P7 = 0.06 $\mu\text{S}/\text{cm}$, para pH = 0.32 (M2-P5)

4.2.2. Monitoreo de Suelos.

Resultados del Lote 56.

En el lote 56 en el 2019 se consideró 10 estaciones de control acuerdo a la codificación siguiente: L56-MIP-MS-07, L56-PAGB-MS-04, L56-PAGW-MS-05, L56-PAGA-MS-09, L56-PAGW-MS-06, L56-PAGW-MS-07, L56-MIP-MS-09, L56-MIP-M5-07, L56-SCM-MS-01 y L56-SCM-MS-02; en las cuales se tomó 2 muestras (M1 y M2), con una frecuencia de monitoreo de 2 a 3 pruebas de ensayos analíticos por cada muestra.

Tabla 6

Estación de control por número de monitoreo del-Lt 56 (2019)

Nº	Estación de control	M1- P1-S	M1- P2-S	M1- P3-S	M2- P4-S	M2- P5-S	M1- P6-S	M1- P7-S	M1- P8-S	Monitoreo
1	L56-MIP-MS-07	--	17	102	--	17	--	--	--	136
2	L56-PAGB-MS-04	108	34	--	34	--	--	--	--	176
3	L56-PAGW-MS-05	20	--	17	--	16	--	--	--	53
4	L56-PAGA-MS-09	34	109	--	--	17	--	--	--	160
5	L56-PAGW-MS-06	17	20	17	--	--	--	--	--	54
6	L56-PAGW-MS-07	--	17	20	16	--	--	--	--	53
7	L56-MIP-MS-09	17	--	--	--	--	17	--	--	34
8	L56-MIP-M5-07	--	--	--	--	--	33	--	--	33
9	L56-SCM-MS-01	--	--	--	--	--	--	31	--	31
10	L56-SCM-MS-02	--	--	--	--	--	--	--	31	31
Total										761

Nota. Elaboración propia, basado en registro de ensayos del proyecto Camisea.

En dichas estaciones se tomaron alrededor de 761 controles de monitoreo distribuidos en M1 y M2, la estación de muestreo con mayor número de pruebas de ensayos es L56-PAGB-MS-04 con 176 ensayos.

Para las muestras (M1 y M2), la mayor cantidad de ensayos fue en M1-P2-S con 109 ensayos perteneciente a la zona L56-PAGA-MS-09.

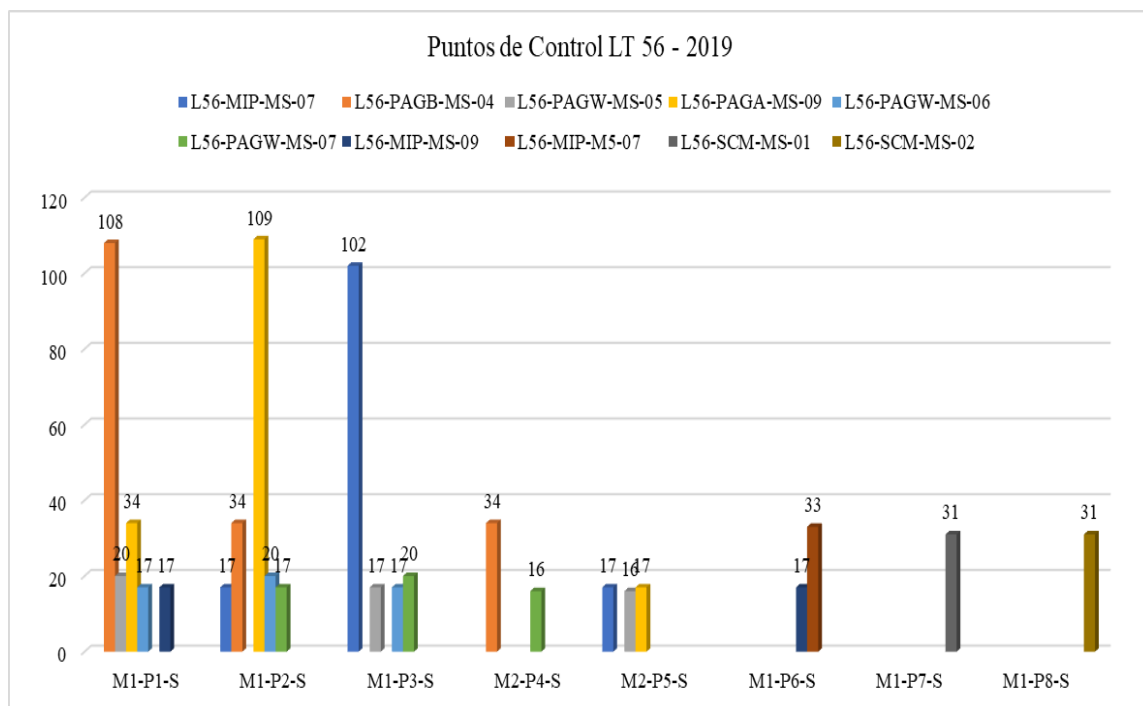


Figura 27. Puntos de Control LT 56 – 2019.

Para el año 2020, el lote 56 se consideró 7 estaciones de control acuerdo a la codificación siguiente: L56-MIP-MS-07, L56-ORP-MS-03, L56-PAGB-MS-04, L56-PAGW-MS-05, L56-PAGA-MS-09, L56-PAGW-MS-06 y L56-PAGW-MS-07; en las cuales se tomó 2 muestras (M1 y M2), con una frecuencia de monitoreo de 2 a 3 pruebas de ensayos analíticos por cada muestra.

Tabla 7

Estación de control por número de monitoreo del-Lt 56 (2020)

Nº	Estación de control	M1-P1-S	M1-P2-S	M1-P3-S	M2-P4-S	M2-P5-S	M1-P6-S	Monitoreo
1	L56-MIP-MS-07	80	--	34	40	51	17	222
2	L56-ORP-MS-03	20	51	51	59	17	--	198
3	L56-PAGB-MS-04	85	22	75	20	17	--	219
4	L56-PAGW-MS-05	34	85	39	17	20	17	212
5	L56-PAGA-MS-09	--	55	--	51	73	--	179
6	L56-PAGW-MS-06	--	--	17	17	--	--	34
7	L56-PAGW-MS-07	--	--	--	17	17	--	34
Total								1098

Nota. Elaboración propia, basado en registro de ensayos del proyecto Camisea.

Fueron 1098 controles que tomaron, distribuidos en M1 y M2, la estación de muestreo con mayor número de pruebas de ensayos es L56-MIP-MS-07 con 222 ensayos.

Para las muestras (M1 y M2), la mayor cantidad de ensayos fue en M1-P1-S y M1-P2-S con 85 ensayos, perteneciente a la estación L56-PAGB-MS-04 y L56-PAGW-MS-05.

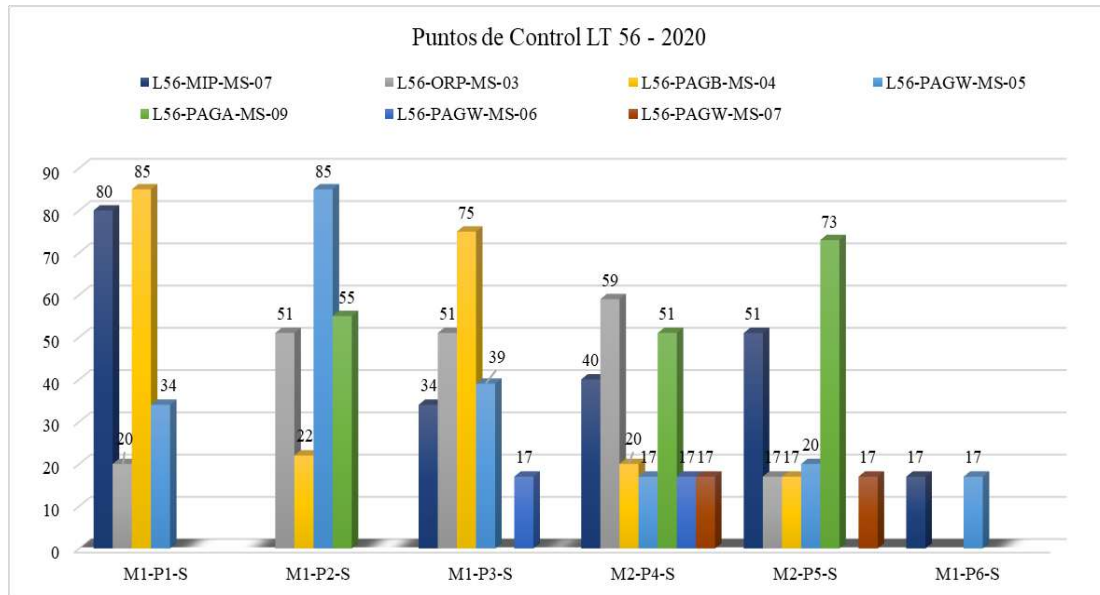


Figura 28. Puntos de Control LT 56 – 2020.

Resultados del Lote 88.

En el lote 88 en el 2019 se consideró 9 estaciones de control acuerdo a la codificación siguiente: L88-CASH3-MS-5, L88-MAV-MS-2, L88-SM3-MS-3, L88-SME-MS-2, L88-CASH1-MS-4, L88-MAV-MS-1, L88-SM1-MS-5, L88-MAV-MS-4, L88-MAV-MS-3; en las cuales se tomó 2 muestras (M1 y M2).

En dichas estaciones se tomaron alrededor de 345 controles distribuidos en M1 y M2, la estación de muestreo con mayor número de pruebas de ensayos es L88-SM3-MS-3 con 73 ensayos.

En la tabla 8, se observa el número de muestras (M1 y M2), la mayor cantidad de ensayos fue en M1-P2-S y M1-P2-S, con 36 ensayos respectivamente, pertenecientes a la zona L88-SM3-MS-3 y L88-SM3-MS-2.

Tabla 8

Zonas de control vs monitoreo por pruebas de ensayos-Lt 88 (2019)

Estación de muestreo	M1-P1-S	M1-P2-S	M1-P3-S	M2-P4-S	M2-P5-S	M1-P6-S	Total
L88-CASH3-MS-5	15	--	34	15	--	--	64
L88-MAV-MS-2	15	--	--	--	--	--	15
L88-SM3-MS-3	18	36		19	--	--	73
L88-SME-MS-2	36	--	19	--	--	--	55
L88-CASH1-MS-4	--	19	17	--	--	--	36
L88-MAV-MS-1	--	15	--	--	--	--	15
L88-SM1-MS-5	--	17	--	--	--	--	17
L88-MAV-MS-4	--	--	15	15	20	--	50
L88-MAV-MS-3	--	--	--	--	--	20	20
Total							345

Nota. Elaboración propia, basado en registro de ensayos del proyecto Camisea.

Como se observa en la figura 29 para el año 2019, el lote 88 se consideró 9 estaciones de control, así como las 2 muestras (M1 y M2), con la misma frecuencia de monitoreo de 2 a 3 pruebas de ensayos analíticos por cada muestra.

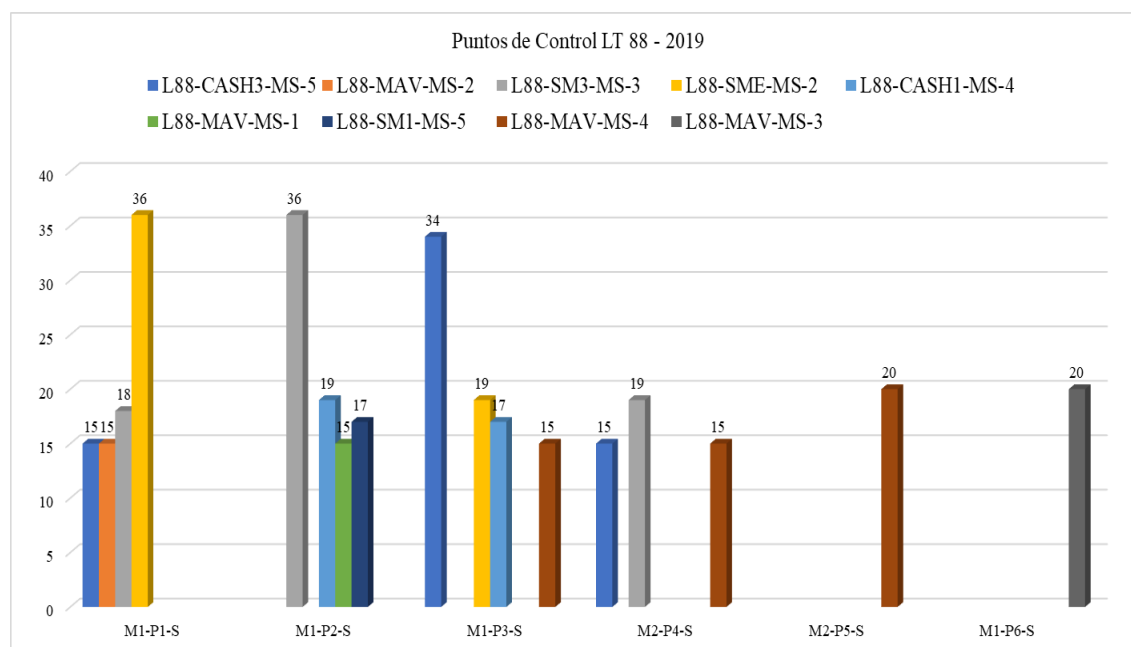


Figura 29. Puntos de Control LT 88 – 2019.

En el lote 88 en el 2020 se consideró 9 estaciones de control acuerdo a la codificación siguiente: L88-CASH3-MS-5, L88-MAV-MS-2, L88-SM3-MS-3, L88-SME-MS-2, L88-

CASH1-MS-4, L88-MAV-MS-1, L88-SM1-MS-5, L88-MAV-MS-4, L88-MAV-MS-3; en las cuales se tomó 2 muestras (M1 y M2).

Tabla 9

Zonas de control vs monitoreo por pruebas de ensayos-Lt 88 (2020)

Estación de muestreo	M1-P1-S	M1-P2-S	M1-P3-S	M2-P4-S	M2-P5-S	M2-P6-S	Total
L88-CASH3-MS-5	15	--	28	15	--	3	61
L88-MAV-MS-2	12	--	--	2	4		18
L88-SM3-MS-3	30	18		19	--	2	69
L88-SME-MS-2	16	42	19	--	8	--	85
L88-CASH1-MS-4	--	19	17	--	--	--	36
L88-MAV-MS-1	--	15	--	--	4	--	19
L88-SM1-MS-5	--	14	--	7	--	7	28
L88-MAV-MS-4	2	--	15	18	20	5	60
L88-MAV-MS-3	--	2	--	--	--	20	22
							398

Nota. Elaboración propia, basado en registro de ensayos del proyecto Camisea.

En la tabla 9 registra los 398 controles distribuidos en M1 y M2, la estación de muestreo con mayor número de pruebas de ensayos es L88-SME-MS-2 con 85 ensayos. Para las muestras (M1 y M2), la mayor cantidad de ensayos fue en M1-P2-S (estación L88-SM3-MS-3) con 42 ensayos.

Para el año 2020, el lote 88 se registró las mismas 9 estaciones de control del año 2019, así como las 2 muestras (M1 y M2), con la misma frecuencia de monitoreo de 2 a 3 pruebas de ensayos analíticos por cada muestra.

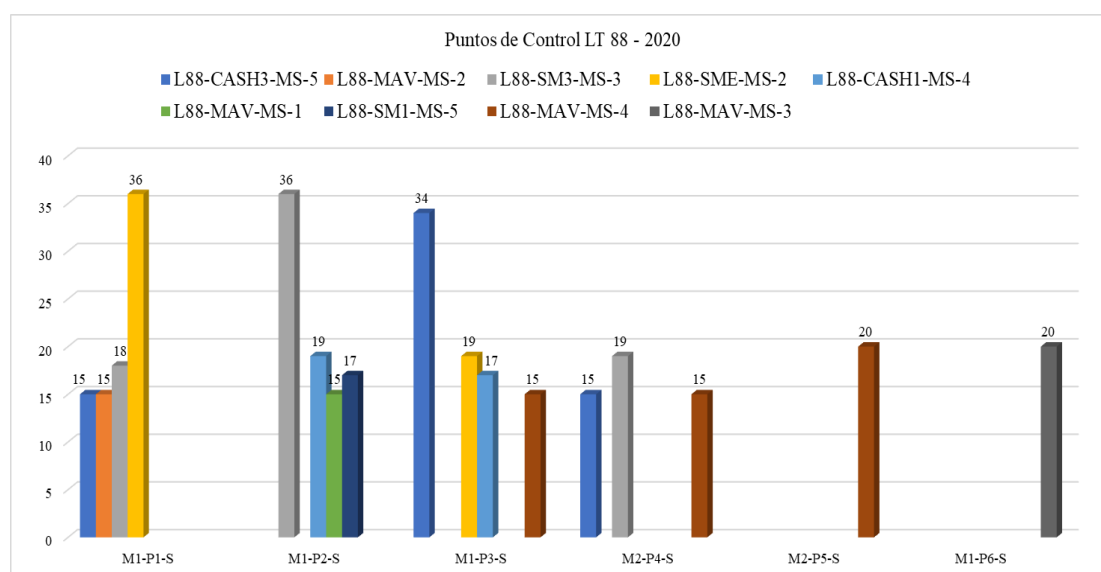


Figura 30. Puntos de Control LT 88 – 2020.

4.2.3. Calidad de muestras

Los resultados para calidad estuvieron sujetos a las mediciones del límite inferior (LD) para el control blanco (CB) y control estándar (CS). De esta manera se determinó si la valoración de los ensayos está dentro de ECA de suelos.

Resultados del Lote 56.

Para la valoración y corrección de los ensayos se empleó el Control Estándar vs Control Blanco, cuyo resultados para 2019 (figura 31), considera 12 parámetros, donde el límite inferior (LD) y los resultados del Control Estándar (CE) fueron para: As (3.5 y 9.29), Ba (0.3 y 228.64), Cd (0.5 y 0.72), Conductividad (0 y 109.47), Cr (0.9 y 19.66), F1 (C5-C10) (0.6 y 0.58), F1 (C6-C10) (0.6 y 0.52), F1 (C10-C28) (0.9 y 12.95), F1 (C28-C40) (0.9 y 40.92), Hg (0.01 y 0.031), pH (0 y 7.42), Pb (2 y 13.55). Siendo el Ba el parámetro que tuvo la más alta medición de acuerdo a su ensayo CS.

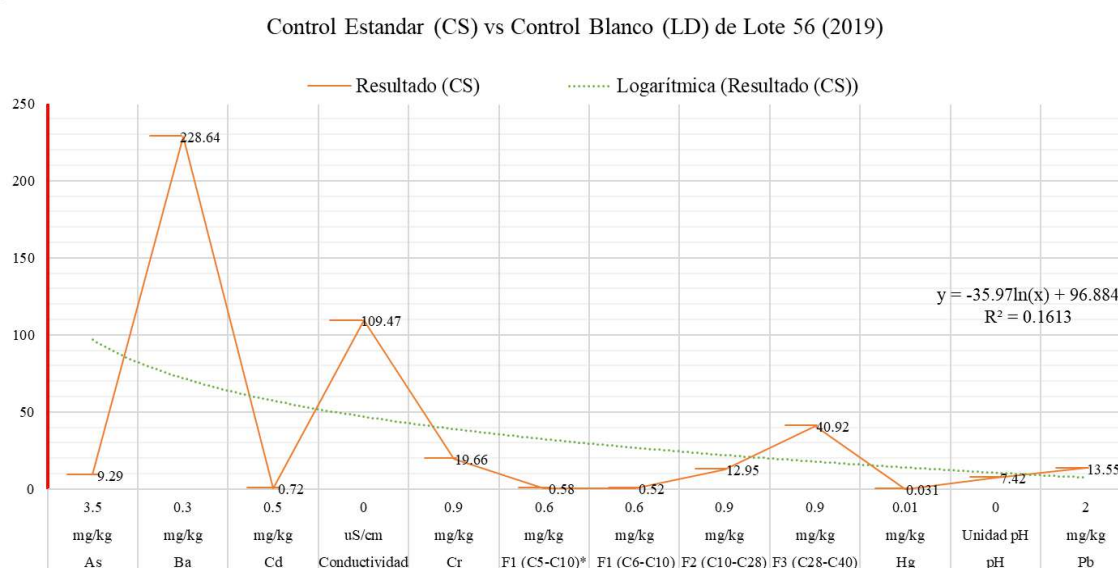


Figura 31. Medición de parámetros CS vs LD – lote 56 (2019).

En el 2020 se seleccionó las mismas condiciones (figura 32) a excepción de 11 parámetros, donde el límite inferior (LD) y los resultados del Control Estándar (CE) fueron para: As (3.5 y 7.53), Ba (0.3 y 268.9), Cd (0.5 y 2.85), Conductividad (0 y 160.6), Cr (0.9 y 21.92), F1 (C6-C10) (0.6 y 0.5), F1 (C10-C28) (0.9 y 9.95), F1 (C28-C40) (0.9 y 21.99), Hg (0.01 y 0.036), pH (0 y 9.98), Pb (2 y 15.65). Al igual que el año anterior el Ba es el parámetro que tuvo la más alta medición de acuerdo a su ensayo CS.

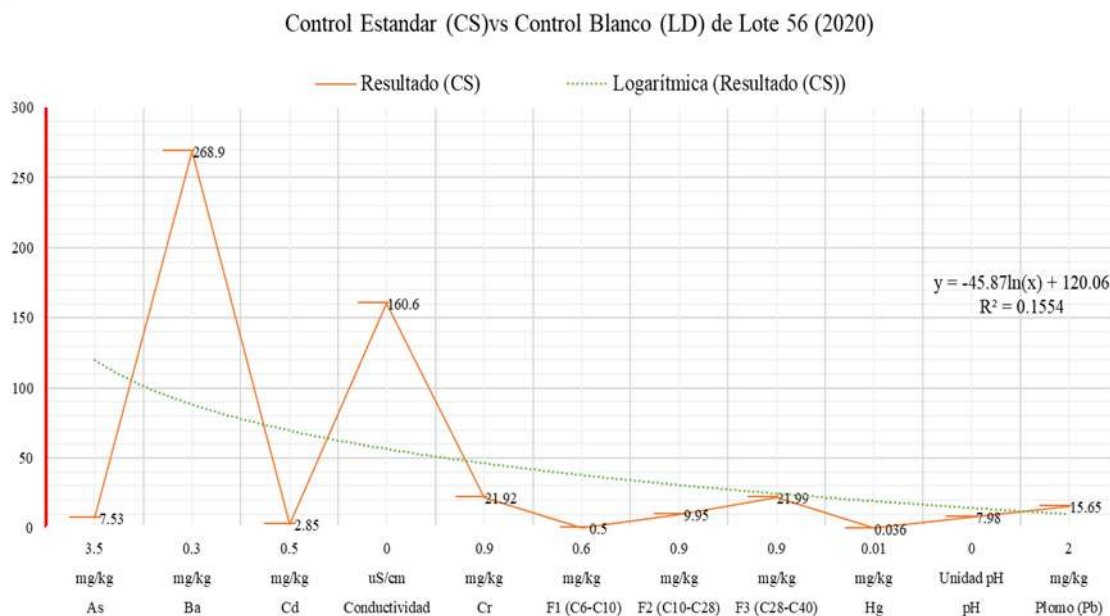


Figura 31. Medición de parámetros CS vs LD – lote 56 (2020).

Tabla 10

% Recuperación (LT 56) 2019 y 2020 del Control Estándar de calidad

Parámetro	% Recuperación 2019	% Recuperación 2020	Límites de Recuperación (%)
Arsénico (As)	100.3	105.1	80-120
Bario (Ba)	93.3	115.6	80-120
Cadmio (Cd)	107.5	96	80-120
Cromo (Cr)	89	111.9	80-120
Mercurio Total (Hg)	106.4	98.2	80-120
Plomo (Pb)	104	130	80-120

Nota. Elaboración propia, basado en registro de ensayos del proyecto Camisea.

En la tabla 10 se efectuó un consolidado del porcentaje de recuperación del lote 56 de los años 2019 y 2020 para el control de estándar de calidad. Se puede observar que el parámetro de mayor recuperación en el 2019 es el Cadmio con 107.5%, mientras que para el 2020 es el Plomo con 130%, este último supera los límites permisibles de la recuperación dispuestos para el tipo de suelo comercial, Industrial o extractivo.

Resultados del Lote 88.

Para la valoración y corrección de los ensayos se empleó el Control Estándar vs Control Blanco, cuyo resultados para 2019 (figura 33), considera 12 parámetros, donde el límite inferior (LD) y los resultados del Control Estándar (CE) fueron para: As (3.5 y 9.19), Ba

(0.3 y 227.15), Cd (0.5 y 0), Conductividad (0 y 101.40), Cr (0.9 y 19.30), F1 (C5-C10) (0.6 y 0.58), F1 (C6-C10) (0.6 y 0.44), F2 (C10-C28) (0.9 y 12.13), F3 (C28-C40) (0.9 y 39.16), Hg (0.01 y 0.03), pH (0 y 7.22), Pb (2 y 13.21). Siendo el Ba el parámetro que tuvo la más alta medición de acuerdo a su ensayo CS.

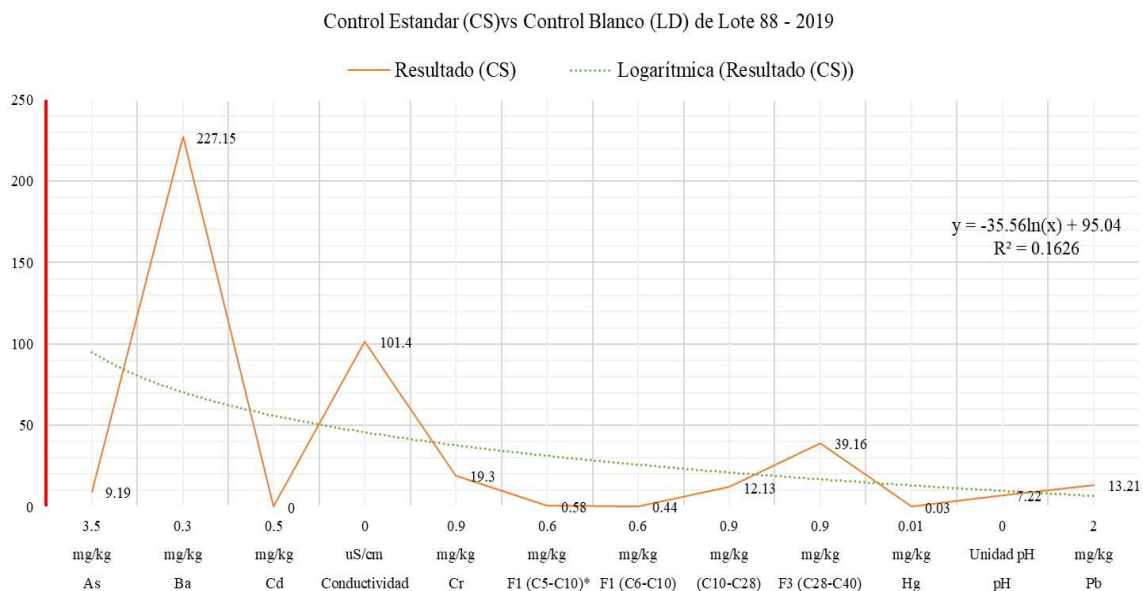


Figura 32. Medición de parámetros CS vs LD – lote 88 (2019).

En el 2020 se seleccionó las mismas condiciones (figura 34), 12 parámetros, donde el límite inferior (LD) y los resultados del Control Estándar (CE) fueron para: Ag (3.5 y 8.50), Ba (es 0.3) fue de 229.25, Cd (es 0.5) fue de 0.86, Conductividad (es 0) fue de 105.23, Cr (0.9 y 16.20), F1 (C5-C10) (0.6 y 0.51), F1 (C6-C10) (0.6 y 0.54), F2 (C10-C28) (0.9 y 11.33), F3 (C28-C40) (0.9 y 39.60), Hg (0.01 y 0.03), pH (0 y 6.89), Pb (02 y 15.01). Al igual que el año anterior el Ba es el parámetro que tuvo la más alta medición de acuerdo a su ensayo CS.

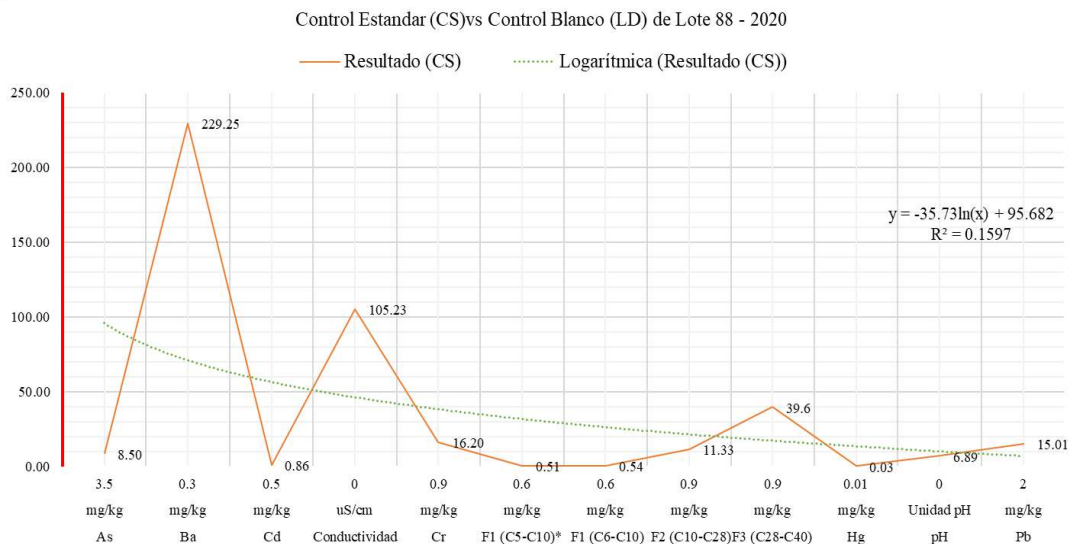


Figura 33. Medición de parámetros CS vs LD – lote 88 (2020).

Tabla 11

% Recuperación (LT 88) 2019 y 2020 del Control Estándar de calidad

Parámetro	% Recuperación 2019	% Recuperación 2020	Límites de Recuperación (%)
Arsénico (As)	87.6	93.6	80-120
Bario (Ba)	96.1	96.2	80-120
Cadmio (Cd)	94.7	96.2	80-120
Cromo (Cr)	91.4	91	80-120
Mercurio Total (Hg)	91.1	93.9	80-120
Potasio (K)	87.3	89	80-120

Nota. Elaboración propia, basado en registro de ensayos del proyecto Camisea.

En la tabla 11 se efectuó un consolidado del porcentaje de recuperación del lote 88 de los años 2019 y 2020 para el control de estándar de calidad. Se puede observar que el parámetro de mayor recuperación en el 2019 es el Bario con 96.1%, mientras que para el 2020 es el Bario y el Cadmio con 96.2%. De acuerdo al registro de los dos años en el lote 88 las mediciones de los parámetros de control no supera los límites permisibles de la recuperación dispuestos para el tipo de suelo comercial, Industrial o extractivo.

4.3. Contrastación de Hipótesis.

Se estructuraron hipótesis descriptiva tanto para la general y las específicas, en donde se empleó la data estadística de los 309 ensayos establecidos en los informes mensuales de los años 2019 y 2020, se empleó el Test de Kolmogorov-Smirnov (normalidad de Lilliefors) donde el valor del estadístico de prueba debe ser mayor a 0.05 para que la variable sea normal.

4.3.1. Hipótesis General.

H_x: La evaluación de los metales tóxicos genera resultados favorables en el suelo de los lotes 56 y 88 del Proyecto Camisea.

H₀: La evaluación de los metales tóxicos no genera resultados favorables en el suelo de los lotes 56 y 88 del Proyecto Camisea.

Para la contrastación de la hipótesis general se determinó que las variables tienen una distribución normal, ya que el valor del estadístico (z) es 0.98 para “evaluación de metales” y de 0.229 para “suelos”, ambos son mayor significancia que 0.05, y se encuentran dentro el valor crítico de $Z \geq Z_{(\alpha/2)} = \pm 1.96$.

Tabla 12

Prueba de K-S para hipótesis general

		Evaluación de metales tóxicos	Suelos	
N		309	309	
Parámetros normales ^{a, b}	Media	7,71	6,35	
	Desv. Desviación	3,394	4,523	
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0,098	0,229	
	Positivo	0,075	,229	
	Negativo	-0,098	-0,229	
Estadístico de prueba (z)		0,098	0,229	
Sig. asin. (bilateral) ^c		0,000	0,000	
Sig. Monte Carlo (bilateral) ^d	Sig.	0,000	0,000	
	Intervalo de confianza al 99%	Límite inferior	0,000	0,000
		Límite superior	0,000	0,000

Nota. a. La distribución de prueba es normal.

b. Se calcula a partir de datos.

También se obtuvo valores de Media (μ) = 7.71 y Desv. Estándar (σ) = 3.394, para evaluación de metales “X”, mientras que para suelos “Y” fue de Media μ = 6.35 y Desv.

Estándar $\sigma = 4.523$, validados por el consolidado de 309 ensayos, con intervalo de confianza de 95% para un alfa $\alpha = 0.05$, donde el p-valor = $0.00 \leq 0.05$ indicando significancia de las variables, del mismo modo el $Z_{(X, Y)} \geq Z_{(\alpha/2)} = 0,098 \geq 0,229 \geq -1.96$ (bilateral), por lo que se rechaza la hipótesis nula (H_0) por el método crítico.

4.3.2. Hipótesis Específicas.

Para la prueba de hipótesis específicas K-S de estadísticos descriptivos determino los valores de: Estadístico de prueba, el sig. Asin. (Bilateral), la media y desviación estándar, considerando un intervalo de confianza del 95%, para dar validación o no cada hipótesis.

Tabla 13

Prueba de K-S para hipótesis específicas

		Caracterización físicoquímica de suelos	Monitoreo de suelos	Calidad de suelos
N		309	309	309
Parámetros normales ^{a, b}	Media	2,53	3,35	0,47
	Desv. Desviación	0,749	4,561	0,749
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0,422	0,231	0,422
	Positivo	0,267	0,231	0,422
	Negativo	-0,422	-0,231	-,0267
Estadístico de prueba (z)		0,422	0,231	0,422
Sig. asin. (bilateral) ^c		0,000	0,000	0,000

Nota. a. La distribución de prueba es normal.

b. Se calcula a partir de datos.

c. Corrección de significación de Lilliefors.

De acuerdo a los resultados de la tabla 12, se optó por una Prueba de hipótesis Z, basada en la media (μ), del tipo bilateral con un intervalo de confianza de 95% y un $Z_{(\alpha/2)} = \pm 1.96$, en donde se rechaza la H_0 si el valor $-p \leq \alpha$ o si $z \leq -Z_{(\alpha/2)}$ o si $z \geq Z_{(\alpha/2)}$.

Hipótesis específica 1.

H_i : i. La evaluación de metales tóxicos produce efectos significativos en resultados de la caracterización físicoquímica del suelo de los lotes 56 y 88 del Proyecto Camisea

H_0 : i. La evaluación de metales tóxicos no produce efectos significativos en resultados de la caracterización físicoquímica del suelo de los lotes 56 y 88 del Proyecto Camisea

EL valor de z para la H_i es igual a 0.422, por tanto, de acuerdo a la síntesis de la prueba Z y basado en el resultado de su Media (μ) = 2.53, correspondería la siguiente ecuación $z = 0.422 \geq Z_{(\alpha/2)}$, el cual está fuera de región de aceptación de hipótesis por lo que rechaza la hipótesis nula.

Hipótesis específica 2.

H_{ii}: La evaluación de metales tóxicos favorece significativamente a los resultados del monitoreo del suelo de los lotes 56 y 88 del Proyecto Camisea

H_{ii}: ii. La evaluación de metales tóxicos no favorece significativamente a los resultados del monitoreo del suelo de los lotes 56 y 88 del Proyecto Camisea

EL valor de z para la H_{ii} es igual a 0.231, por tanto, de acuerdo a la síntesis de la prueba Z y basado en el resultado de su Media (μ) = 3.35, correspondería la siguiente ecuación $z = 0.231 \geq Z_{(\alpha/2)}$. El cual está fuera de región de aceptación de hipótesis por lo que rechaza la hipótesis nula.

Hipótesis específica 3.

H_{iii}: La evaluación de metales tóxicos produce efectos significativos en resultados de la calidad del suelo de los lotes 56 y 88 del Proyecto Camisea

H_{iii}: La evaluación de metales tóxicos no produce efectos significativos en resultados de la calidad del suelo de los lotes 56 y 88 del Proyecto Camisea.

EL valor de z para la H_{iii} es igual a 0,422, por tanto, de acuerdo a la síntesis de la prueba Z y basado en el resultado de su Media (μ) = 0.47, correspondería la siguiente ecuación $z = 0,422 \geq Z_{(\alpha/2)}$. El cual está fuera de región de aceptación de hipótesis por lo que rechaza la hipótesis nula.

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN

5.1. Discusión de Resultados

La discusión está en base a los resultados de la contrastación de hipótesis de las variables (X) “evaluación de los metales tóxicos” y (Y) “suelo”, donde se asignó las dimensiones para “X”: Grado de permisibilidad en hidrocarburos de petróleo (D. S. N° 011), metales tóxicos (compuestos inorgánicos) y el método analítico; mientras que para “Y” fueron: Caracterización Físicoquímica, Monitoreo, y calidad. De acuerdo con la hipótesis propuesta existe grado de significancia entre las variables con un valor estadístico de $Z_{(X, Y)} \geq Z_{(\alpha/2)} = 0,098 \geq 0,229 \geq -1,96$; que refleja la normalidad y confiabilidad de valor- $p = 0.00 \leq 0.05$.

Galyas (2019), establecido una relación proporcional entre la cantidad de materia orgánica en las muestras y las concentraciones de metales para Pb y Cu, en tal aspecto se concuerda con el autor, como se observó en los resultados de los parámetros de control de los lotes de 56 y 88 (tabla 4 y 5), los valores no superaron los 15.08mg/kg (As), 322.68 mg/kg (Ba), 7.80 mg/kg (Cd), 22.83 mg/kg (Cr), 0.05 mg/kg (Hg) y 23.42 mg/kg (Pb) de acuerdo a la cantidad de material orgánico en cada lote la medición de las concentraciones fue distinta.

Armstrong (2020), señala que es de suma importancia realizar de forma contaste y objetiva la evaluación de los suelos cerca y dentro a áreas de extractiva, ya que los metales tóxicos, pueden quedar permanente en las soluciones de suelo según los rangos de resultados de las concentraciones de As (4.1-155.5 mg/kg), Cd (0.1-0.7 mg/kg), Cr (54.0-147.0 mg/kg), Hg (0.02-1,36 mg/kg), Pb (5,5-82,5 mg/kg), si bien es cierto, el autor señala que según sus resultados los suelos de muestra estaban entre no contaminado podrían llegar a contaminación extrema, por lo cual concluye las actividades mineras representar un riesgo alto para la ecología; en tal sentido la tesis propuesta coincide con dicha afirmación ya que según la valoración de las concentraciones de los metales pesados durante los años 2019 y 2020 oscilaron entre 0.28-15.08mg/kg (As), 3.97-322.68 mg/kg (Ba), 0.04-7.80 mg/kg (Cd), 0.86-22.83 mg/kg (Cr), 0.01-0.05 mg/kg (Hg) y 0.92-23.42 mg/kg (Pb), lo cual respalda la adherencia de dichos elementos.

Abi (2019), Azuka et al (2021), Abdallah (2022) y Zaakour et al (2022), establecen la retención de los metales en las plantas que llegar a triplicar del contenido de ppm en suelos ambas investigaciones refieren el estudio en verduras, arbustos y suelos respectivamente, donde predomina el Fe ($-27,24 \pm 3,56$ mg/kg), entre otros elementos (Se, V, Be, Mo, Ti, Hg, Co, Cd, Pb, Cu, As, Cr, Ni, Mg, Al, Zn), del mismo modo en el caso de estudio de Abdallah (2022) los valores de Hg, Mo, As, Cd y Se superaron el límite de permisibilidad, los autores coinciden con factor de riesgo presente en la adherencia de dichos metales en el organismo a través del suelo

o alimentos, desde esta perspectiva concuerdo con la importancia del control de suelos y la flora sobre él, ya que sean arbustos o vegetales, el predominio de la toxicidad por metales es posible, por la retención de los mismos, de acuerdo con mis registros de concentración está cercana y en ocasiones supera a la de los autores, ya que ellos basan su medición en el índice de geo-acumulación (I-geo) en mg/Kg de amplio uso en los estándares internacionales.

A nivel nacional se concuerda con Torres (2018), Acharte (2018), Perales (2020) y Rosales (2020), según refieren estos autores los metales pesados de mayor afectación en los suelos del país son As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb entre otros, dichos compuestos fueron materia de esta investigación, ya que es evidente a través de la literatura existe que estos parámetros pueden permanecer dentro de la estructura de los suelos de forma latente y en ocasiones imperceptible al ojo humano, sin embargo por eso se designó dimensiones de caracterización fisicoquímica, monitoreo, y calidad, para poder evaluar dichos parámetros de acuerdo a ECA de suelos respaldada por D.S N°011 - (2017) MINAN.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

La investigación concluye después del análisis descriptiva de los informes de 2019 y 2020, y empleando los resultados de 309 ensayos, que la “*evaluación de los metales tóxicos favorece al suelo de los lotes 56 y 88 del proyecto de Camisea*”. ya que luego de establecer las dimensiones tanto para la evaluación (X) y para suelos (Y), se pudo determinar mediante la contrastación de hipótesis descriptiva qué existe un grado de significancia entre las variables. Dicha hipótesis se respaldó con los resultados del Test K-S, donde el valor del Estadístico de Prueba $Z_{(X, Y)} \geq Z_{(\alpha/2)} = 0,098 \geq 0,229 \geq -1,96$; indica de que las variables son normales. Con intervalo de confianza de 95% para $\alpha = 0.05$, el de valor-p = $0.00 \leq 0.05$, favorece a la significancia, por lo que se rechaza la hipótesis nula (H_0),

Para la H_1 , se confirma que “*La evaluación de metales tóxicos produce efectos significativos en los resultados de la caracterización fisicoquímica del suelo de los lotes 56 y 88*”, basado en el valor de $Z = 0.422 \geq Z_{(\alpha/2)}$, el cual está fuera de región de aceptación de hipótesis por lo que rechaza la hipótesis nula, con un intervalo de confianza 95%.

Respecto a la H_2 , confirma que “*La evaluación de metales tóxicos favorece significativamente a los resultados del monitoreo del suelo de los lotes 56 y 88*”, basado en el valor de $Z = 0.231 \geq Z_{(\alpha/2)}$, el cual está fuera de región de aceptación de hipótesis por lo que rechaza la hipótesis nula, con un intervalo de confianza 95%.

Para finalizar se acepta la H_3 , se confirma que “*La evaluación de metales tóxicos produce efectos significativos en resultados de la calidad del suelo de los lotes 56 y 88*”, basado en el valor de $Z = 0.422 \geq Z_{(\alpha/2)}$, el cual está fuera de región de aceptación de hipótesis por lo que rechaza la hipótesis nula, con un intervalo de confianza 95%.

De lo expuesto se puede concluir que toda evaluación oportuna de los metales tóxicos favorece significativamente a los suelos, sobre todo en zonas de extracción de hidrocarburos, ya que permite que este se conserve sus nutrientes y permita la existencia de la flora y fauna de donde se sitúa eh ahí la importancia del controlar que los metales pesados no lleguen a ser tóxicos.

6.2. Recomendaciones

- De acuerdo con la investigación se recomienda continuar con el seguimiento y evaluación de los suelos del lote 56 y 88 de proyecto Camisea, puesto que todavía está en operaciones y, por ende, se debe seguir cumpliendo la normativa vigente dispuesto en el decreto supremo N° 011 (2017) MINAM.
- Los ensayos deben de realizarse de forma homogénea para cada sector del lote o zona muestreo para el monitoreo, de esta manera tener un registro más equilibrado y objetivo de los resultados de los parámetros compuestos orgánicos e inorgánicos.
- Toda explotación minera debe ser respaldada a través de un control de monitoreo eficiente de sus posibles contaminantes que se puedan generar durante sus operaciones, en este caso que afecten directamente a los suelos, ya que existe evidencia por la literatura antecedida que dichos compuestos pueden permanecer por tiempo indeterminado dentro de la estructura o geomorfología de los suelos.
- La calidad de los suelos es muy importante para la preservación de la flora y fauna silvestre, cómo es el caso de la ubicación geográfica del proyecto Camisea, en tal aspecto a recomienda seguir cumpliendo con las normativas de calidad nacional e internacional, respecto a los planes de monitoreo y control ambiental.

CAPÍTULO VII. FUENTES DE INFORMACIÓN

7.1.Fuentes Bibliográficas

- Appelo, J., & Postma, D. (2005). *Geochemistry, Groundwater and Pollution*. London: CRC Press. doi:<https://doi.org/10.1201/9781439833544>
- Brady, N., & Weil, R. (2002). *The Nature and Properties of Soil (Thirteenth ed.)*, Upper Saddle. New Jersey: Prentice Hall.
- Brady, N., & Weil, R. (2008). *The nature and properties of soils*. New Jersey.: Pearson Prentice Hall.
- Carrasco, S. (2005). *Metodología de la investigación científica* . Lima: San marcos.
- Eash, N., Green, C., Razvi, A., & Bennett, W. (2008). *Soil science simplified (fifth ed.)*. New York: Blackwell Publishing.
- Foth, H. (1990). *Fundamental of soil science (Eighth ed.)*. Michigan State University: John Wiley and Sons.
- Hansen, H. (2001). *The filter function*. In: *Environmental Soil Chemistry*. Banská Bystrica: Matej Bel University.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2010). *Metodología de la investigación*. Mexico D.C.: McGRAW-HILL.
- Jenny, H. (1941). *Factors of Soil Formation, a System of Quantitative Pedology*. New York, N.Y. : McGraw Hill.
- Jury, W., & Horton, R. (2004). *Soil Physics*. Canada: John Wiley and Sons, Inc.
- McBride, M. (1994). *Environmental Chemistry of Soils*. New York: Oxford University Press.
- Pidwirny, M. (2006). *"Introduction to the Lithosphere-Introduction to Soils*. Canada: Routledge.
- Plaster, E. (2009). *Soil science and management (Fifth ed.)*. Canada: Nelson Education.
- Soil Science Society of America. (1987). *Glossary of Soil Science Terms*. Wisconsin: SSSA, Inc.
- Sposito, G. (1989). *The Chemistry of Soils*. New York,: Oxford University Press.
- Vanloon, G., & Duffy, S. (2005). *The Hydrosphere*. In: *Environmental Chemistry: A Global Perspective, 2nd Edition*. New York: Oxford University Press.
- Warkentin, P. (1995). The changing concept of soil quality. *Journal of Soil & Water*, 226 - 228.
- Wassenaar, T. (2010). *Restoration Plan for Sendelingsdrift mine: Adaptive Management Framework*. Windhoek: African Wilderness Restoration.
- Whitford, W. (2002). *Ecology of desert systems*. London: Academic press.

Wild, A. (1993). *Soils and the environment, An introduction*. Great Britain: University of Cambridge.

7.2.Fuentes Documentales

Abi, R. (2019). Analysis of Heavy Metals in Vegetable and Agricultural Soil Samples in Gemikonagi and Dipkarpaz. Tesis de Maestría. Near East University Health Sciences Institute, Nicosia. Obtenido de <http://docs.neu.edu.tr/library/6802988335.pdf>

Abi, R. (2019). Analysis of heavy metals in vegetable and agricultural soil samples in Gemikonagi and Dipkarpaz (North Cyprus). Toxicology Master of Sciences. Near East University Health Sciences Institute. Obtenido de <http://docs.neu.edu.tr/library/6802988335.pdf>

Acharte, L. (2018). Presencia de Cadmio y Plomo eb agua, suelo y su acuulacion en pastos naturales de las bocaminas San Anntonio y Tangana de la Comunidad de Huachocolpa Huancavelica - 2018. *Tesis de posgrado*. Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica. Obtenido de <https://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/3436/TESIS-2020-DOCTORADO-ACHARTE%20LUME.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Armstrong, T. (2020). Assessment of heavy metal contamination in soils around Krugersdorp mining area, Johannesburg, South Africa. *Tesis de Maestria*. University of KwaZulu Natal, KwaZulu. Obtenido de https://ukzn-dspace.ukzn.ac.za/bitstream/handle/10413/20426/Mkhize_Thabani_Armstrong_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Brady, J. (2015). Heavy metals in the sediments of Northern Moreton Bay, Queensland, Australia. *Tesis de Doctorado*. University of Technology, Queensland. Obtenido de [https://eprints.qut.edu.au/89686/6/89686\(thesis\).pdf](https://eprints.qut.edu.au/89686/6/89686(thesis).pdf)

Galyas, É. (2019). Concentrations of lead, copper and zinc in forest soils near industrial areas. *Bachelor's thesis Programme in Environmental Science*. Halmstad University. Obtenido de <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1340911/FULLTEXT03>

Hadush, Y. (2013). Characterization of Forest Soils in the Morsa Watershed in order to assess the background leaching of Phosphorus to the Eutrophic Western Vansjø Lake. *Tesis de Maestria*. University of Oslo, Oslo. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/30892948.pdf>

Jørgensen, S. (2020). Studying spatial trends of heavy metals in soil from a tropical region. *Thesis for the Master's Degree in Chemistry*. University of Oslo. Obtenido de <https://www.mn.uio.no/kjemi/english/research/groups/environmental->

- science/environmental-chemistry/previous-master-theses/susanne-jorgensen_master-thesis-%282%29.pdf
- Kamari, A. (2011). Chitosans as soil amendments for the remediation of metal contaminated soil. *PhD thesis*. University of Glasgow. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/282672.pdf>
- Maral, N. (2010). Soil and water analysis techniques for agricultural production. *Tesis de Maestría*. Middle East Technical University, Middle East. Obtenido de <https://etd.lib.metu.edu.tr/upload/12611829/index.pdf>
- MINAM. (2017). *Decreto Supremo N° 011*. Obtenido de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo: <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-011-2017-minam/>
- Ministerio de Energía y Minas. (2006). *Decreto Supremo N°015*. doi:<https://sinia.minam.gob.pe/normas/reglamento-proteccion-ambiental-las-actividades-hidrocarburos>
- Mursec, M. (2011). Agricultural practices impact on soil quality and health : case study of slovenian irrigated or organic orchards. *Tesis de Doctorado*. Université de Bourgogne, Bourgogne. Obtenido de <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00708232/document>
- Perals , N. (2020). Niveles de plomo en el suelo de areas de recreacion infantil afectados por el parque automotor y riesgos en la salud de los niños de la ciudad de Cajamarca. *Tesis de maestria*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/4040/Tesis%20Nilton%20Perales.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rosales, B. (2020). Concentración de metales pesados y la influencia del pH en suelos de Matahuasi y El Mantaro (Junín) en Cucurbita pepo. *Tesis de Maestría*. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo. Obtenido de https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6066/T010_40378402_M.pdf?sequence=1
- Shekunyenge, A. (2015). Study of physical and chemical soil properties and potential of post-mining substrates as a habitat for plants during restoration at sendelingsdrif mine. *Tesis de Maestria*. University of Namibia, Namibia. Obtenido de <https://repository.unam.edu.na/bitstream/handle/11070/1437/Shekunyenge2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Torres, A. (2018). Evaluación de la concentración de metales pesados como As, Cu, Cd, Hg y Pb en el botadero de Cancharani de la ciudad de Puno. *Tesis de pregrado*. Universidad

Nacional del Altiplano, Puno. Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/9412/Torres_Quispe_Nely_El_ma.pdf?sequence=1&isAllowed=y

7.3.Fuentes Hemerográficas

- Abdallah , M. (2022). Evaluation of Heavy Metals in Soil Wastewater Stream. *International Journal of Analytical Chemistry*, 1 - 11. Obtenido de <https://downloads.hindawi.com/journals/ijac/2022/2522840.pdf>
- Ali, M., Hossain, D., Irman, A., Khan, S., Begum , M., & Hasan , M. (2020). Environmental Pollution with Heavy Metals: A Public Health Concern. *Nazal, M. K. , & Zhao, H. , (Eds.)*. doi:0.5772/intechopen.96805
- Angelova, V., Ivanova, R., Todorov, J., & Ivanov, K. (2010). Lead, Cadmium, Zinc, and Copper Bioavailability in the Soil-Plant-Animal System in a Polluted Area. *The Scientific World JOURNAL*(10), 273-285. doi:doi:10.1100/tsw.2010.33
- Arshad , M., & Coen, G. (1992). Characterization of soil quality: Physical and chemical criteria. *American Journal of Alternative Agriculture*, 25-31. doi:<https://doi.org/10.1017/S0889189300004410>
- Asmoay, A., Salman, S., El-Gohary, A., & Sabet, H. (2019). Evaluation of heavy metal mobility in contaminated soils between Abu Qurqas and Dyer Mawas Area, El Minya Governorate, Upper Egypt. *Bulletin of the National Research Centre*, 43(88). Obtenido de <https://d-nb.info/1197349200/34>
- Azuka, W., Okpara, K., & Techato, K. (2021). Assessment of Heavy Metals in Agricultural Soils and Plant (*Vernonia amygdalina* Delile) in Port Harcourt Metropolis, Nigeria. *Agriculture*, 1-21. doi:<https://doi.org/10.3390/agriculture12010027>
- Ball, A., & De la Rosa, D. (2006). Modelling possibilities for the assessment of soil systems. *Biological Approaches to Sustainable Soil Systems*, 683-692.
- Beltrán, R., de la Rosa, J., Santos, J., & Gómez, J. (2010). Heavy Metal Mobility Assessment in Sediments from the Odiel River (Iberian Pyritic Belt) Using Sequential Extraction. *Environ Earth Sci*, 1493–1503. doi:<https://doi.org/10.1007/s12665-010-0465-y>
- Blume, E., Bischoff, M., Reichert, J., Moorman, T., Konopka, A., & Turco , R. (2002). Surface and subsurface microbial biomass, community structure and metabolic activity as a function of soil depth and season. *Applied Soil Ecology*, 171-181. doi:[https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(02\)00025-2](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(02)00025-2)

- Bradl, H. (2004). Adsorption of heavy metal ions on soils and soils constituents. *Journal of Colloid and Interface Science*, 277(1), 1-18. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jcis.2004.04.005>
- Bradshaw, A. (2000). The use of natural processes in reclamation advantages and difficulties. *Landscape and Urban Planning*, 89-100. doi:[https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(00\)00099-2](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(00)00099-2)
- Bünemann, E., Bongiorno, G., Bai, Z., Creamer, R., De Deyn, G., de Goede, R., . . . Brussaard, L. (2018). Soil quality –A critical review. *Soil Biology and Biochemistry*, 105-125. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/323175431_Soil_quality_-_A_critical_review
- Carter, M., Gregorich, E., Anderson, D., Doran, J., Janzen, H., & Pierce, F. (1997). Concepts of soil quality and their significance. *Elsevier*, 1-19. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071718300294>
- Chapman, P., & Wang, F. (2013). Assessing and managing sediment contamination in transitional waters. *Environment International*, 71-91.
- Coleman, D., & Crossley, D. (2004). *Fundamentals of Soil Ecology (Second Ed.)*. Amsterdam: Elsevier Academic Press.
- de la Rosa, D., & Sobral, R. (2008). Soil Quality and Methods for its Assessment. *Land Use and Soil Resources*, 167-200. Obtenido de https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6778-5_9
- Degens, B., Schipper, L., Sparling, G., & Vojvodic, M. (2000). Decreases in organic C reserves in soils can reduce the catabolic diversity of soil microbial communities. *Soil Biology & Biochemistry*, 189-196. doi:10.1016/S0038-0717(99)00141-8
- Doran, J., & Parkin, T. (1994). Defining and assessing soil quality. *SSSA Special Publications*, 3-21. Obtenido de <https://doi.org/10.2136/sssaspecpub35.c1>
- Doran, J., & Jones, A. (1996). Methods for Assessing Soil Quality. *Soil Science Society of America*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Anoop_Srivastava7/post/How_can_we_assess_the_indicators_of_soil_quality_under_different_cropping_system/attachment/59d63d0b79197b8077999ec9/AS%3A418153382334472%401476706943800/download/books-sssaspecialpubl-methodsfor
- Doran, J., Mielke, L., & Power, J. (1990). Microbial activity as regulated by soil water-filled pore space. Symposium on Ecology of Soil Microorganisms in the Microhabitat Environment. *In transactions of the 14th International Congress of Soil Science* (págs.

- 94-99). Kyoto: Int. Soc. Soil Sci. Obtenido de <https://naldc.nal.usda.gov/download/39337/PDF>
- Evans, L. (1989). Chemistry of metal retention by soils. *Environmental Science & Technology*(23), 1046-1056. doi:<https://doi.org/10.1021/es00067a001>
- Gregorich, E., Carter, M., Angers, D., Monreal, C., & Ellbert, B. (1994). Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. *Canadian Journal of Soil Science*, 367-385. Obtenido de <https://doi.org/10.4141/cjss94-051>
- Ho, H., Swennen, R., & Damme, V. (2010). Distribution and Contamination Status of Heavy Metals in Estuarine Sediments near Cua Ong Harbour, Ha Long Bay, Vietnam. *Geologica Belgica*, 37-47. Obtenido de <https://popups.uliege.be/1374-8505/index.php?id=2844>
- INACAL. (2022). *Instituto Nacional de Calidad*. Obtenido de Alcance de la acreditación organismos de inspección: <https://www.gob.pe/institucion/inacal/informes-publicaciones/2777698-41-inspectorate-services-peru-s-a-c>
- Jignesh, S., Vineeta, K., Abhay, S., & Vilasrao, K. (2012). Analytical Methods for Estimation of Metals. *International Journal of Research in Pharmacy and Chemistry*, 2(1), 146-163. Obtenido de [http://www.ijrpc.com/files/v2i1%20\(23\).pdf](http://www.ijrpc.com/files/v2i1%20(23).pdf)
- Jyothi, N. (2020). Heavy Metal Sources and Their Effects on Human Health. *IntechOpen*. doi:10.5772/intechopen.95370
- Karlen, L., Mausbach, M., Doran, J., Cline, R., Harris, R., & Schuman, G. (1997). Soil Quality: A Concept, Definition, and Framework for Evaluation. *Soil Science Society of America Journal*, 4-10. Obtenido de <https://doi.org/10.2136/sssaj1997.03615995006100010001x>
- kheyrodin, H. (2014). Important of soil quality and soil agriculture indicators. *Academia Journal of Agricultural Research*, 231-238. Obtenido de <https://www.academiapublishing.org/journals/ajar/pdf/2014/Nov/kheyrodin.pdf>
- Luk, S. (1979). Effect of soil properties on erosion by wash and splash. *Earth Surface Processes and Landforms*, 241-255. doi:<https://doi.org/10.1002/esp.3290040305>
- Nortcliff, S. (2002). Standardisation of soil quality attributes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 161-168. Obtenido de [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00253-5](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00253-5)
- Pankhurst, B., & Gupta, V. (1997). Biological Indicators of Soil Health. *CABI International*, 419-435. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/267266422_Biological_Indicators_of_Soil_Health

- Sims, J., Cunningham, S., & Sunmer, M. (1997). Assessing soil quality environmental purposes: rules and challenges for soil scientist. *Journal Environmental quality*, 20-25. Obtenido de <https://doi.org/10.2134/jeq1997.00472425002600010004x>
- Soodan, R., Pakade, Y., Nagpal, A., & Katnoria, J. (2014). Analytical techniques for estimation of heavy metals in soil ecosystem: A tabulated review. *Talanta*(125), 405–410. doi:<https://doi.org/10.1016/j.talanta.2014.02.033>
- Tack, F., & Verloo, M. (1995). Chemical speciation and fractionation in soil and sediment heavy metal analysis: A review. *International Journal of Analytical Chemistry*, 59(2-4), 225-238. doi:<https://doi.org/10.1080/03067319508041330>
- Tessier, A., Campbell, P., & Bisson, M. (1979). Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. *American Chemical Society*, 844–851. doi:<https://doi.org/10.1021/ac50043a017>
- Tisdall, J., & Oades, J. (1982). Organic matter and water-stable aggregates in soils. *The European Journal of Soil Science*, 141-163. Obtenido de <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1982.tb01755.x>
- USDA. (2006). *Soil Quality Institute*. Obtenido de Natural resources conservation service: <http://soils.usda.gov/sqi/>
- Yu, H., Li, J., & Luan, Y. (2018). Meta-analysis of soil mercury accumulation by vegetables. *Scientific Reports*, 8(1). doi:[doi:10.1038/s41598-018-19519-3](https://doi.org/10.1038/s41598-018-19519-3)
- Zaakour, F., Kholaiq, M., Khouchlaa, A., El Mjiri, I., Rahimi, A., & Saber, N. (2022). Heavy Metal Contamination in Agricultural Soils: A Case Study in Mohammedia Benslimane Region (Morocco). *Journal of Ecological Engineering*, 1-15. Obtenido de <https://doi.org/10.12911/22998993/146409>
- Zhao, S., Fan, Z., Sun, L., Zhou, T., Xing, Y., & Liu, L. (2017). Interaction effects on uptake and toxicity of perfluoroalkyl substances and cadmium in wheat (*Triticum aestivum* L.) and rapeseed (*Brassica campestris* L.) from co-contaminated soil. *Ecotoxicology and Environmental Safety*(137), 194-201. doi:[doi:10.1016/j.ecoenv.2016.12.007](https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.12.007)
- Zhong, X., Zhou, S., Zhu, Q., & Zhao, Q. (2011). Fraction distribution and bioavailability of soil heavy metals in the Yangtze River Delta-A case study of Kunshan City in Jiangsu Province, China. *Journal of Hazardous Materials*, 13-21. doi:[10.1016/j.jhazmat.2011.10.003](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.10.003)

ANEXOS

Anexo 1. Modelo de informe de ensayo lote 56 (portada).



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-029



FDT 001 - 01

INFORME DE ENSAYO: 61965/2019

Pluspetrol Perú Corporation S.A.

Av. República de Panamá Nro. 3055 (EDIF.BCO.CONTINENTAL PISOS 7 Y 8) San Isidro Lima Lima

Lote 56 Operaciones - Periódico - Septiembre - 2019

Emitido por: Karin Zelada Trigoso

Fecha de Emisión: 18/10/2019

Karin Zelada Trigoso
CQP: 830

Personal Signatario - Químico

Renovación de Acreditación a ALS LS Perú S.A.C. mediante registro LE-029
División - Medio Ambiente

Pág. 1 de 4

Revisión: 10
Fecha de Revisión: 16/07/2019

Av. República de Argentina N° 1859, Cercado de Lima - Perú Telf: (511) 488-9500
Av. Dolores 167, José Luis Bustamante y Rivero, Arequipa - Perú Telf: (054) 424-570
www.alsglobal.com

Anexo 2. Modelo de informe de ensayo lote 56 (Resultados).



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-029



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayos
Acreditado

Registro N° LE - 029

FDT 001 - 02

INFORME DE ENSAYO: 61965/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Muestras del ítem: 13

N° ALS LS 527765/2019-1.0
Fecha de Muestreo 14/09/2019
Hora de Muestreo 08:00:00
Tipo de Muestra Suelo
Identificación L56-PAGA-MS-09

Parámetro	Ref. Mét.	Fecha de Análisis	Unidad	LD	LQ	Resultado
003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS						
Conductividad	12286	24/09/2019	uS/cm	---	---	94,8
Fenoles*	13455	26/09/2019	mg/kg	0,01	0,05	< 0,01
pH	12378	25/09/2019	Unidad pH	---	---	8,51
Sulfuros	12321	20/09/2019	mg/kg	1,0	2,5	16,5
005 ENSAYOS POR CROMATOGRAFIA - BTEX						
Benceno	12585	24/09/2019	mg/kg	0,004	0,012	< 0,004
Tolueno	12585	24/09/2019	mg/kg	0,004	0,012	< 0,004
Etilbenceno	12585	24/09/2019	mg/kg	0,004	0,012	< 0,004
Xilenos	12585	24/09/2019	mg/kg	0,012	0,038	< 0,012
005 ENSAYOS POR CROMATOGRAFIA - Naftaleno						
Naftaleno	12647	23/09/2019	mg/kg	0,0009	0,0054	< 0,0009
005 ENSAYOS POR CROMATOGRAFIA - PAH's						
Benzo (a) Pireno	12647	23/09/2019	mg/kg	0,0009	0,0054	< 0,0009
005 ENSAYOS POR CROMATOGRAFIA - TPH						
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C9-C40)	12976	20/09/2019	mg/kg	1,9	13,3	< 1,9
007 ENSAYOS DE METALES - ICP AES						
Plata (Ag)	10601	23/09/2019	mg/kg	0,9	1,7	< 0,9
Aluminio (Al)	10601	23/09/2019	mg/kg	3,0	10,0	16297
Arsenico (As)	10601	23/09/2019	mg/kg	3,6	17,8	< 3,6
Bario (Ba)	10601	23/09/2019	mg/kg	0,3	1,0	241,7
Berilio (Be)	10601	23/09/2019	mg/kg	1,0	2,0	< 1,0
Calcio (Ca)	10601	23/09/2019	mg/kg	1,5	2,5	18005
Cadmio (Cd)	10601	23/09/2019	mg/kg	0,5	1,0	< 0,5
Cobalto (Co)	10601	23/09/2019	mg/kg	3,0	2,0	12,0
Cromo (Cr)	10601	23/09/2019	mg/kg	1,0	2,0	17,2
Cobre (Cu)	10601	23/09/2019	mg/kg	0,8	2,5	23,2
Hierro (Fe)	10601	23/09/2019	mg/kg	2,5	6,0	23482
Potasio (K)	10601	23/09/2019	mg/kg	3,5	10,0	1674
Magnesio (Mg)	10601	23/09/2019	mg/kg	3,0	17,0	6187
Manganeso (Mn)	10601	23/09/2019	mg/kg	2,0	10,0	486,5
Molibdeno (Mo)	10601	23/09/2019	mg/kg	0,6	3,0	< 0,6
Sodio (Na)	10601	23/09/2019	mg/kg	12,0	20,0	76,7
Niquel (Ni)	10601	23/09/2019	mg/kg	1,0	2,0	20,3
Plomo (Pb)	10601	23/09/2019	mg/kg	3,0	5,0	15,2
Antimonio (Sb)	10601	23/09/2019	mg/kg	4,0	10,0	< 4,0
Selenio (Se)	10601	23/09/2019	mg/kg	2,2	10,0	< 2,2
Talio (Tl)	10601	23/09/2019	mg/kg	4,0	9,0	< 4,0
Vanadio (V)	10601	23/09/2019	mg/kg	0,7	2,0	35,4

Karin Zelada Trigoso
CQP: 830

Personal Signatario - Químico

Pág. 2 de 4

Revisión: 10
Fecha de Revisión: 16/07/2019

Av. República de Argentina N° 1859, Cercado de Lima - Perú Telf: (511) 488-9500
Av. Dolores 167, José Luis Bustamante y Rivero, Arequipa - Perú Telf: (054) 424-570
www.alsglobal.com

CS Escaneado con CamScanner

Anexo 3. Modelo de informe de ensayo lote 56 (Descripción y ubicación de estaciones).



INFORME DE ENSAYO: 61965/2019

N° ALS IS						S27765/2019-1.0
Fecha de Muestreo						14/09/2019
Hora de Muestreo						08:00:00
Tipo de Muestra						Suelo
Identificación						L56-PAGA-MS-09
Parámetro	Ref. Mét.	Fecha de Análisis	Unidad	LD	LQ	Resultado
Zinc (Zn)	10601	23/09/2019	mg/kg	0,6	2,0	81,5
Boro (B)*	9757	23/09/2019	mg/kg	4,0	15,5	< 4,0
Bismuto (Bi)*	9757	23/09/2019	mg/kg	2,0	10,0	< 2,0
Litio (Li)*	9757	23/09/2019	mg/kg	3,5	6,0	< 3,5
Fósforo (P)*	9757	23/09/2019	mg/kg	5,5	30,0	397,4
Silicio (Si)*	9757	23/09/2019	mg/kg	2,6	7,0	829,4
Estaño (Sn)*	9757	23/09/2019	mg/kg	4,0	10,0	< 4,0
Estroncio (Sr)*	9757	23/09/2019	mg/kg	0,7	2,0	57,5
Titanio (Ti)*	9757	23/09/2019	mg/kg	4,0	9,0	101,5
007 ENSAYOS DE METALES – Mercurio Total						
Mercurio Total (Hg)	13312	23/09/2019	mg/kg	0,01	0,10	0,01

Observaciones

- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- LD: Límite de detección.
- LQ: Límite de cuantificación.
- Los resultados de suelos, lodos y sedimentos se expresan en base seca.

DESCRIPCION Y UBICACION GEOGRAFICA DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO

Estación de Muestreo	Resp.del Muestreo	Tipo de Muestra	Fecha de Recepción	Fecha de Muestreo	Ubicación Geográfica UTM WGS84	Zona	Condición de la muestra	Descripción de la Estación de Muestreo
L56-PAGA-MS-09	ALS	Suelo	19/09/2019	14/09/2019	8703960N 0728821E	18L	En buen estado de conservación	A 80 m. al sureste de los pozos de producción de Pagoreni A.

REFERENCIA DE LOS METODOS DE ENSAYO

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA

Ref. Mét.	Sede	Parámetro	Método de Referencia	Descripción
12585	LME	BTEX	EPA METHOD 8021 B Rev.03, 2014	Aromatic and Halogenated Volatiles by Gas Chromatography Using Photolization and/or Electrolytic Conductivity Detectors
12286	LME	Conductividad	ISO 11464:2006 / ISO 11265:1994(Validado).2014	Determinación de la conductividad en suelos
13455	LME	Fenoles*	EPA 9065, Rev. 0 September 1986	Phenolics: Spectrophotometric manual 4-AAP with Distillation
12647	LME	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (PAHs)	EPA Method 8270 E Rev. 6 June, 2018	Semivolatle Organic Compounds by Gas Chromatography / Mass Spectrometry (GC/MS)
12976	LME	Hidrocarburos Totales de Petróleo (CS-C40)	EPA METHOD 8015 C, Rev. 3 2007	Nonhalogenated Organics by Gas Chromatography
13312	LME	Mercurio Total	EPA 7471 B, Rev 2, February 2007	Mercury in solid or semisolid waste (Manual Cold-Vapor technique)
10601	LME	Metales por ICP OES	EPA Method 3050 B/EPA Method 6010 D, Rev. 5 July, 2018	Acid Digestion of Sediments, sludges and soils / Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Espectrometry
9757	LME	Metales por ICP OES*	EPA Method 3050 B/EPA Method 6010 D, Rev. 5 July, 2018	Acid Digestion of Sediments, sludges and soils / Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Espectrometry

Karin Zelada Trigoso
CQP: 830
Personal Signatario - Químico

Anexo 4. Modelo de informe de ensayo lote 88 (portada).



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-029



FDT 001 - 01

INFORME DE ENSAYO: 9637/2019

Pluspetrol Perú Corporation S.A.

Av. República de Panamá Nro. 3055 (EDIF.BCO.CONTINENTAL PISOS 7 Y 8) San Isidro Lima Lima

Lote 88 Operaciones - Periódico - Febrero - 2019

Emitido por: Evelyn Miñan Castillo

Fecha de Emisión: 25/02/2019

Quím. Evelyn Miñan Castillo

CQP: 778

Jefe de Calidad – UEN Perú

Renovación de Acreditación a ALS LS Perú S.A.C. mediante registro LE-029
División - Medio Ambiente

Pág. 1 de 6

Revisión: 00
Fecha de Revisión: 23/05/2019

Av. República de Argentina N° 1859, Cercado de Lima - Perú Telf: (511) 488-9500
Av. Dolores 167, José Luis Bustamante y Rivero, Arequipa - Perú Telf: (054) 424-570
www.alsglobal.com

Anexo 5. Modelo de informe de ensayo lote 88 (Resultados).



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-029



FDT 001 - 02

INFORME DE ENSAYO: 9637/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Muestras del ítem: 22

Parámetro	Ref. Mét.	Unidad	LD	
003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS				
Conductividad	12286	uS/cm	---	250
Fenoles*	13455	mg/kg	0,01	< 0,01
pH	12378	Unidad pH	---	7,17
Sulfuros	12321	mg/kg	1,0	< 1,0
005 ENSAYOS POR CROMATOGRAFÍA - BTEX				
Benceno	12585	mg/kg	0,004	< 0,004
Tolueno	12585	mg/kg	0,004	< 0,004
Etilbenceno	12585	mg/kg	0,004	< 0,004
Xilenos	12585	mg/kg	0,012	< 0,012
005 ENSAYOS POR CROMATOGRAFÍA - Naftaleno				
Naftaleno	12647	mg/kg	0,0006	< 0,0006
005 ENSAYOS POR CROMATOGRAFÍA - PAH's				
Benzo (a) Pireno	12647	mg/kg	0,0009	< 0,0009
005 ENSAYOS POR CROMATOGRAFÍA - TPH				
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C9-C40)	12976	mg/kg	1,9	< 1,9
007 ENSAYOS DE METALES - ICP AES				
Plata (Ag)	10601	mg/kg	0,6	< 0,6
Aluminio (Al)	10601	mg/kg	2	17223
Arsenico (As)	10601	mg/kg	3,5	< 3,5
Bario (Ba)	10601	mg/kg	0,3	213,9
Berilio (Be)	10601	mg/kg	0,3	< 0,3
Calcio (Ca)	10601	mg/kg	0,9	10720
Cadmio (Cd)	10601	mg/kg	0,5	< 0,5
Cobalto (Co)	10601	mg/kg	0,8	9,2
Cromo (Cr)	10601	mg/kg	0,9	15,5
Cobre (Cu)	10601	mg/kg	0,8	16,8
Hierro (Fe)	10601	mg/kg	1,2	26592
Potasio (K)	10601	mg/kg	2,5	1411
Magnesio (Mg)	10601	mg/kg	2	3725
Manganeso (Mn)	10601	mg/kg	1	459
Molibdeno (Mo)	10601	mg/kg	0,6	< 0,6
Sodio (Na)	10601	mg/kg	9	< 9
Niquel (Ni)	10601	mg/kg	1	15
Plomo (Pb)	10601	mg/kg	2	11
Antimonio (Sb)	10601	mg/kg	2,5	< 2,5
Selenio (Se)	10601	mg/kg	1,6	< 1,6
Talio (Tl)	10601	mg/kg	3	< 3
Vanadio (V)	10601	mg/kg	0,5	36,2
Zinc (Zn)	10601	mg/kg	0,5	61,8

Quím. Evelyn Miñan Castillo
CQP: 778
Jefe de Calidad – UEN Perú

Anexo 6. Modelo de informe de ensayo lote 88 (controles de calidad).



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-029



FDT 001 - 02

INFORME DE ENSAYO: 9637/2019

N° ALS LS	77927/2019-1.0			
Fecha de Muestreo	11/02/2019			
Hora de Muestreo	16:10:00			
Tipo de Muestra	Suelo			
Identificación	L88-CASH3-MS-05			
Parámetro	Ref. Mét.	Unidad	LD	
Boro (B)*	9757	mg/kg	3,6	< 3,6
Bismuto (Bi)*	9757	mg/kg	1,5	< 1,5
Litio (Li)*	9757	mg/kg	2,5	< 2,5
Fosforo (P)*	9757	mg/kg	4,5	313,9
Silicio (Si)*	9757	mg/kg	2,4	704,5
Estaño (Sn)*	9757	mg/kg	2,5	< 2,5
Estroncio (Sr)*	9757	mg/kg	0,7	28,0
Titanio (Ti)*	9757	mg/kg	0,3	169,0
007 ENSAYOS DE METALES – Mercurio Total				
Mercurio Total (Hg)	13312	mg/kg	0,01	0,04

Observaciones

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA.

LD: Límite de detección.

Los resultados de suelos, Lodos y sedimentos se expresan en base seca.

CONTROLES DE CALIDAD

Control Blancos

Parámetro	LD	Unidad	Resultado	Fecha de Análisis
Aluminio (Al)	2	mg/kg	< 2	19/02/2019
Antimonio (Sb)	2,5	mg/kg	< 2,5	19/02/2019
Arsenico (As)	3,5	mg/kg	< 3,5	19/02/2019
Bario (Ba)	0,3	mg/kg	< 0,3	19/02/2019
Benceno	0,004	mg/kg	< 0,004	18/02/2019
Benzo [a] Pireno	0,0009	mg/kg	< 0,0009	18/02/2019
Berilio (Be)	0,3	mg/kg	< 0,3	19/02/2019
Bismuto (Bi)	1,5	mg/kg	< 1,5	19/02/2019
Cadmio (Cd)	0,5	mg/kg	< 0,5	19/02/2019
Calcio (Ca)	0,9	mg/kg	< 0,9	19/02/2019
Cobalto (Co)	0,8	mg/kg	< 0,8	19/02/2019
Cobre (Cu)	0,8	mg/kg	< 0,8	19/02/2019
Cromo (Cr)	0,9	mg/kg	< 0,9	19/02/2019
Estaño (Sn)	2,5	mg/kg	< 2,5	19/02/2019
Estroncio (Sr)	0,7	mg/kg	< 0,7	19/02/2019
Etilbenceno	0,004	mg/kg	< 0,004	18/02/2019
Fenoles	0,10	mg/kg	< 0,10	20/02/2019
Fenoles	0,10	mg/kg	< 0,10	20/02/2019
Fosforo (P)	4,5	mg/kg	< 4,5	19/02/2019
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C9-C40)	1,9	mg/kg	< 1,9	16/02/2019
Hierro (Fe)	1,2	mg/kg	< 1,2	19/02/2019
Litio (Li)	2,5	mg/kg	< 2,5	19/02/2019

Quím. Evelyn Miñan Castillo
CQP: 778
Jefe de Calidad – UEN Perú

Pág. 3 de 6

Revisión: 09
Fecha de Revisión: 23/05/2016

Av. República de Argentina N° 1859, Cercado de Lima - Perú Telf: (511) 488-9500
Av. Dolores 167, José Luis Bustamante y Rivero, Arequipa - Perú Telf: (054) 424-570
www.alsglobal.com

Anexo 7. Modelo de informe de ensayo lote 88 (control estándar).



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-029



FDT 001 - 02

INFORME DE ENSAYO: 9637/2019

Parámetro	LD	Unidad	Resultado	Fecha de Análisis
Magnesio (Mg)	2	mg/kg	< 2	19/02/2019
Manganeso (Mn)	1	mg/kg	< 1	19/02/2019
Mercurio Total (Hg)	0,01	mg/kg	< 0,01	19/02/2019
Molibdeno (Mo)	0,6	mg/kg	< 0,6	19/02/2019
Naftaleno	0,0006	mg/kg	< 0,0006	18/02/2019
Niquel (Ni)	1	mg/kg	< 1	19/02/2019
Plata (Ag)	0,6	mg/kg	< 0,6	19/02/2019
Plomo (Pb)	2	mg/kg	< 2	19/02/2019
Potasio (K)	2,5	mg/kg	< 2,5	19/02/2019
Selenio (Se)	1,6	mg/kg	< 1,6	19/02/2019
Silicio (Si)	2,4	mg/kg	< 2,4	19/02/2019
Sodio (Na)	9	mg/kg	< 9	19/02/2019
Sulfuros	1,0	mg/kg	< 1,0	16/02/2019
Talio (Tl)	3	mg/kg	< 3	19/02/2019
Titanio (Ti)	0,3	mg/kg	< 0,3	19/02/2019
Tolueno	0,004	mg/kg	< 0,004	18/02/2019
Vanadio (V)	0,5	mg/kg	< 0,5	19/02/2019
Xilenos	0,012	mg/kg	< 0,012	18/02/2019
Zinc (Zn)	0,5	mg/kg	< 0,5	19/02/2019

Control Estandar

Parámetro	% Recuperación	Límites de Recuperación (%)	Fecha de Análisis
Aluminio (Al)	95,3	80-120	19/02/2019
Antimonio (Sb)	90,0	80-120	19/02/2019
Arsenico (As)	96,9	80-120	19/02/2019
Bario (Ba)	97,9	80-120	19/02/2019
Benceno	96,7	70-130	18/02/2019
Benzo (a) Pireno	88,5	55-145	18/02/2019
Berilio (Be)	95,9	80-120	19/02/2019
Bismuto (Bi)	102,5	80-120	19/02/2019
Cadmio (Cd)	94,4	80-120	19/02/2019
Calcio (Ca)	97,4	80-120	19/02/2019
Cobalto (Co)	99,4	80-120	19/02/2019
Cobre (Cu)	95,0	80-120	19/02/2019
Cromo (Cr)	96,2	80-120	19/02/2019
Estaño (Sn)	94,9	80-120	19/02/2019
Estroncio (Sr)	90,7	80-120	19/02/2019
Etilbenceno	118,9	70-130	18/02/2019
Fenoles	106,7	85-115	20/02/2019
Fenoles	88,9	85-115	20/02/2019
Fosforo (P)	93,2	80-120	19/02/2019
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C9-C40)	87,5	70-130	16/02/2019
Hierro (Fe)	93,9	80-120	19/02/2019
Litio (Li)	86,2	80-120	19/02/2019
Magnesio (Mg)	88,0	80-120	19/02/2019
Manganeso (Mn)	96,0	80-120	19/02/2019
Mercurio Total (Hg)	101,8	80-120	19/02/2019
Molibdeno (Mo)	97,5	80-120	19/02/2019

Quím. Evelyn Miñan Castillo
CQP: 778
Jefe de Calidad – UEN Perú

Anexo 8. Modelo de informe de ensayo lote 88 (descripción y ubicación de estaciones).



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-029



FDT 001 - 02

INFORME DE ENSAYO: 9637/2019

Parámetro	% Recuperación	Limites de Recuperación (%)	Fecha de Análisis
Naftaleno	99,8	55-145	18/02/2019
Niquel (Ni)	97,0	80-120	19/02/2019
Plata (Ag)	112,4	80-120	19/02/2019
Plomo (Pb)	88,0	80-120	19/02/2019
Potasio (K)	90,9	80-120	19/02/2019
Selenio (Se)	84,7	80-120	19/02/2019
Silicio (Si)	91,3	80-120	19/02/2019
Sodio (Na)	106,6	80-120	19/02/2019
Sulfuros	78,7	70-104	16/02/2019
Talio (Tl)	105,0	80-120	19/02/2019
Titanio (Ti)	102,5	80-120	19/02/2019
Tolueno	103,6	70-130	18/02/2019
Vanadio (V)	89,1	80-120	19/02/2019
Xilenos	106,8	70-130	18/02/2019
Zinc (Zn)	90,1	80-120	19/02/2019

LD = Límite de detección.

Las fechas de ejecución del análisis para los ensayos realizados en las instalaciones del laboratorio, se refiere a las fechas indicadas en las tablas de Controles de Calidad. No Aplica para ensayos tercerizados.

DESCRIPCION Y UBICACION GEOGRAFICA DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO

Estación de Muestreo	Resp.del Muestreo	Tipo de Muestra	Fecha de Recepción	Fecha de Muestreo	Ubicación Geográfica UTM WGS84	Zona	Condición de la muestra	Descripción de la Estación de Muestreo
L88-CASH3-MS-05	ALS	Suelo	14/02/2019	11/02/2019	8685450N 0755934E	18	En buen estado de conservación	A 80 m. al Norte de Cashiriari 3.

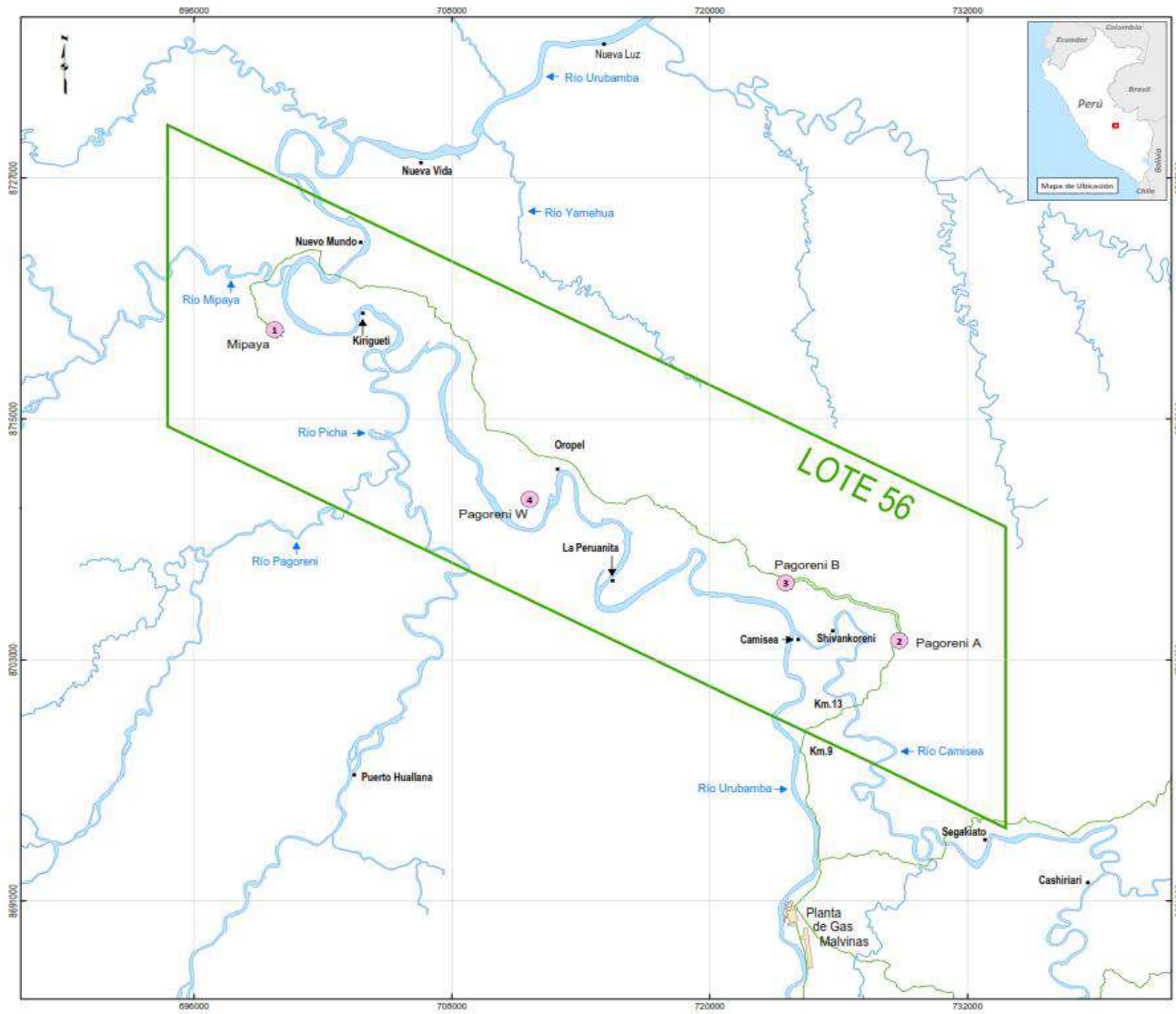
REFERENCIA DE LOS METODOS DE ENSAYO

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA.

Ref.	Sede	Parámetro	Método de Referencia	Descripción
12585	LME	BTEX	EPA METHOD 8021 B Rev.03, 2014	Aromatic and Halogenated Volatiles by Gas Chromatography Using Photoionization and/or Electrolytic Conductivity Detectors
12286	LME	Conductividad	ISO 11464:2006 / ISO 11265:1994(Validado).2014	Determinación de la conductividad en suelos
13455	LME	Fenoles*	EPA 9065, Rev. 0 September 1986	Phenolics: Spectrophotometric manual 4-AAP with Distillation
12647	LME	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (PAH's)	EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014	Semivolatle Organic Compounds by Gas Chromatography / Mass Spectrometry (GC/MS)
12976	LME	Hidrocarburos Totales de Petróleo (C9-C40)	EPA METHOD 8015 C, Rev. 3 2007	Nonhalogenated Organics by Gas Chromatography
13312	LME	Mercurio Total	EPA 7471 B, Rev 2, February 2007	Mercury in solid or semisolid waste (Manual Cold-Vapor technique)
10601	LME	Metales por ICP OES	EPA 3050 B: 1996 / EPA 6010 B: 1996	Acid Digestion of Sediments, sludges and soils / Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
9757	LME	Metales por ICP OES*	EPA 3050 B: 1996 / EPA 6010 B: 1996	Acid Digestion of Sediments, sludges and soils / Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
12378	LME	pH	EPA METHOD 9045 D, Rev. 4 2004	Soil and Waste pH
12321	LME	Sulfuros	EPA 9030 B Rev 2 / EPA 9034 Rev 0. 1996	Acid- Soluble and Acid- Insoluble Sulfides: Distillation Titrimetric Procedure for Acid- Soluble and Acid Insoluble Sulfides.

Quím. Evelyn Miñan Castillo
CQP: 778
Jefe de Calidad – UEN Perú

Anexo 10. Estaciones de Monitoreo – Lote 56

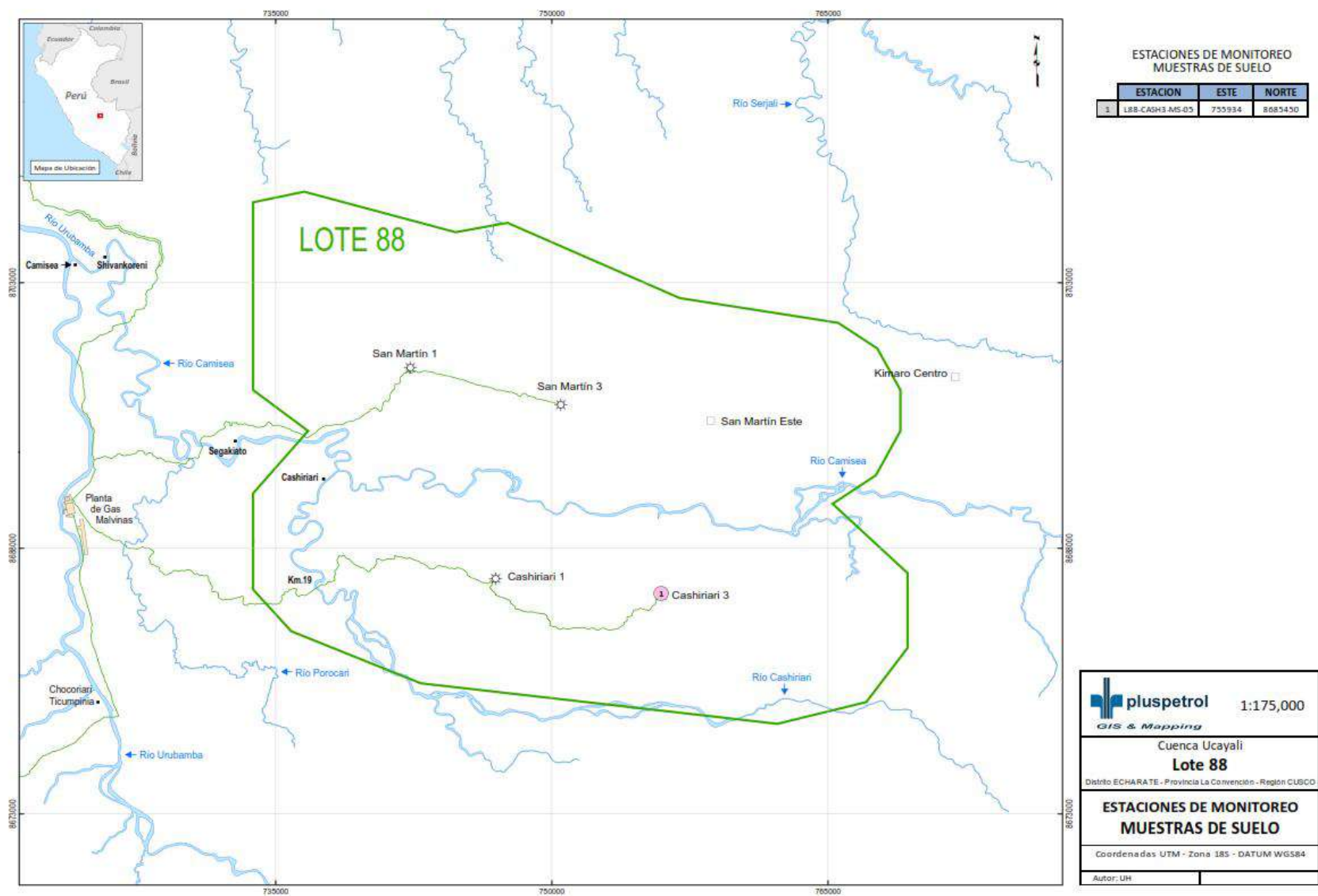


ESTACIONES DE MONITOREO
MUESTRAS DE SUELO

	ESTACION	ESTE	NORTE
1	L56-MP-MS-07	699750	8719400
2	L56-PAGA-MS-09	728821	8703960
3	L56-PAGB-MS-04	723335	8708835
4	L56-PAGW-MS-05	711020	8710970

	1:175,000
	GIS & Mapping
Cuenca Ucayali	
Lote 56	
Distrito ECHARATE - Provincia La Convención - Región CUSCO	
ESTACIONES DE MONITOREO	
MUESTRAS DE SUELO	
Coordenadas: UTM - Zona 18S - DATUM WGS84	
Autor: UH	

Anexo 11. Estaciones de Monitoreo – Lote 88



Anexo 12. Mapa de ubicación del Proyecto Gas de Camisea

