



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA

**Concentración de metales pesados en suelos de cacao a dos profundidades
en 4 fincas del Cantón Santa Rosa, 2023**

**PEREZ AMBULUDI MAYRA ELIZABETH
INGENIERA QUIMICA**

**QUEVEDO ALVARADO KATHERINE MARGOTH
INGENIERA QUIMICA**

**MACHALA
2023**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA

Concentración de metales pesados en suelos de cacao a dos profundidades en 4 fincas del Cantón Santa Rosa, 2023

**PEREZ AMBULUDI MAYRA ELIZABETH
INGENIERA QUIMICA**

**QUEVEDO ALVARADO KATHERINE MARGOTH
INGENIERA QUIMICA**

**MACHALA
2023**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA

TRABAJOS EXPERIMENTALES

Concentración de metales pesados en suelos de cacao a dos profundidades en 4 fincas del Cantón Santa Rosa, 2023

**PEREZ AMBULUDI MAYRA ELIZABETH
INGENIERA QUIMICA**

**QUEVEDO ALVARADO KATHERINE MARGOTH
INGENIERA QUIMICA**

GONZALEZ CARRASCO VICTOR HUGO

**MACHALA
2023**

CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN SUELOS DE CACAO A DOS PROFUNDIDADES EN 4 FINCAS DEL CANTÓN SANTA ROSA 2023.

por Katherine Margoth Quevedo Alvarado

Fecha de entrega: 10-oct-2023 12:18p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2191563370

Nombre del archivo: O_A_DOS_PROFUNDIDADES_EN_4_FINCAS_DEL_CANT_N_SANTA_ROSA_2023.pdf
(553.36K)

Total de palabras: 9396

Total de caracteres: 45315

CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN SUELOS DE CACAO A DOS PROFUNDIDADES EN 4 FINCAS DEL CANTÓN SANTA ROSA 2023.

INFORME DE ORIGINALIDAD

5%

INDICE DE SIMILITUD

5%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.sciencegate.app Fuente de Internet	<1 %
2	repositorio.upse.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
3	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
4	core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
5	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %
6	www.fao.org Fuente de Internet	<1 %
7	vsip.info Fuente de Internet	<1 %
8	docshare.tips Fuente de Internet	<1 %

9	Submitted to Universidad Catolica de Avila Trabajo del estudiante	<1 %
10	WALSH PERU S.A. INGENIEROS Y CIENTIFICOS CONSULTORES. "Plan de Abandono por Término de Actividades en el Lote 108-IGA0019135", R.D. N° 303-2021-MINEM/DGAAH, 2022 Publicación	<1 %
11	www.epgunc.com Fuente de Internet	<1 %
12	www.andi.com.co Fuente de Internet	<1 %
13	www.compostandociencia.com Fuente de Internet	<1 %
14	Daisy Escarlet Martínez Madrid, José Marrugo-Negrete. "Efecto de la adición de enmiendas en la inmovilización de metales pesados en suelos mineros del sur de Bolívar, Colombia", Ciencia & Tecnología Agropecuaria, 2021 Publicación	<1 %
15	www.camisea.com.pe Fuente de Internet	<1 %
16	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %

usermanual.wiki

Excluir citas Activo
Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 20 words

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

Las que suscriben, PEREZ AMBULUDI MAYRA ELIZABETH y QUEVEDO ALVARADO KATHERINE MARGOTH, en calidad de autoras del siguiente trabajo escrito titulado Concentración de metales pesados en suelos de cacao a dos profundidades en 4 fincas del Cantón Santa Rosa, 2023, otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Las autoras declaran que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

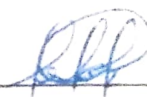
Las autoras como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



PEREZ AMBULUDI MAYRA ELIZABETH

0705274348



QUEVEDO ALVARADO KATHERINE MARGOTH

0706512852

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación se lo dedico a mi familia, a mi padre Santos Quevedo y especialmente a mi madre Gimena Alvarado que gracias a su dedicación y sacrificio han sido una inspiración para mí, también su constante apoyo emocional y sus palabras de aliento han sido fundamentales para superar los desafíos y alcanzar mis metas. Su amor incondicional y sabiduría han sido mi guía en cada decisión que he tomado. A mi hermano Anthony Quevedo por estar siempre a mi lado, animándome a perseguir mis sueños y brindándome su apoyo incondicional. A mi novio Erick por su constante apoyo incondicional, su presencia en mi vida ha sido una fuente de fuerza y motivación. Finalmente quiero expresar mi gratitud hacia ustedes. Esta tesis no habría sido posible sin su amor, paciencia y apoyo. Los llevo en mi corazón y siempre estaré agradecido por todo lo que han hecho por mí.

Katherine Margoth Quevedo Alvarado

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de titulación a mi familia y en especialmente a mi madre Yenny Ambuludí Abad por ser un ejemplo de amor, comprensión por siempre brindarme su apoyo mutuo hacia mi persona, a mis hermanas y hermanos que siempre estuvieron aguantándome mis estados de ánimo y dándome palabras de aliento para seguir adelante en el transcurso de mis estudios para así lograr cumplir una de mis metas.

A mis amigas de aula que siempre me alentaron para seguir adelante compartiendo sus conocimientos, risas y tristezas durante estos años las extrañare mis chicas del barrio.

Mayra Elizabeth Pérez Ambuludí

AGRADECIMIENTO

Deseamos expresar nuestro agradecimiento a todas aquellas personas que nos han ofrecido su respaldo y colaboración en la realización de este proyecto de titulación. En primer lugar, extendemos nuestros agradecimientos al Dr. Víctor Hugo González, nuestro director de tesis, por su inestimable orientación, infinita paciencia y dedicación constante; sin su guía, la culminación de este proyecto habría sido imposible.

Además, agradecemos a los integrantes de nuestro comité evaluador, la Ing. Delly San Martín, a la Dr. Susana Blacio que han contribuido de manera significativa a mejorar este trabajo.

También agradecer al Ing. Irán Rodríguez y a nuestros compañeros de la carrera ya que con sus contribuciones y apoyo nos han permitido llegar a este punto, y estamos llenas de gratitud por haber tenido la oportunidad de contar con su respaldo en esta etapa académica. Este logro es también suyo, y esperamos que compartan nuestra alegría y satisfacción al alcanzar este importante hito.

¡Gracias a todos!

Katherine Margoth Quevedo Alvarado

Mayra Elizabeth Pérez Ambuludí

RESUMEN

En Ecuador, se ha confirmado mediante análisis la presencia de la contaminación por metales pesados en los suelos de las plantaciones de cacao, evidenciándose niveles elevados de estos elementos en tierras destinadas al cultivo del cacao en diversas provincias del país. Los metales pesados, como el Cd, Pb, As y Hg, son componentes que se encuentran de forma natural o antropogénica. Sin embargo, una de las principales causas de la contaminación de los suelos en las plantaciones de cacao radica en las actividades mineras y el uso excesivo de pesticidas, lo cual desencadena la presencia de estos metales en concentraciones perjudiciales que conllevan a la degradación del suelo.

El objetivo central de este trabajo de titulación fue evaluar los niveles de metales pesados a dos profundidades diferentes del suelo. Este estudio implicó la recolección de muestras compuestas por 12 submuestras siguiendo un patrón en zigzag a profundidades de 0-30 cm y 30-60 cm en cuatro fincas que emplean agua de ríos para riego contaminados por la minería y un punto de referencia que se encuentra lejos de las fuentes de contaminación minera. El análisis de MP se realizó por duplicado para minimizar el error aleatorio, las muestras se sometieron a un proceso de pretratamiento, que incluyó el secado a 25°C durante 72 horas, trituración y se pasó por un tamiz a 2 mm, preparándolas para su posterior análisis de absorción atómica. Además, se compararon los límites máximos permitidos según las normativas nacionales (TULSMA) e internacionales (Comunidades Europeas y Norma de Estados Unidos).

Los resultados obtenidos en el laboratorio revelaron que el metal predominante era el As en la finca 3, tanto a una profundidad de 0-30 cm (20,3 mg/kg de suelo) como a una profundidad de 30-60 cm (16,7 mg/kg de suelo). De manera similar, en la finca 4 se encontraron concentraciones elevadas de As a una profundidad de 0-30 cm (19,3 mg/kg de suelo) y a una profundidad de 30-60 cm (17,2 mg/kg de suelo). También, se observó que el pH del suelo en la finca 2 registró valores de 5,23 a una profundidad de 0-30 cm y 5,13 a una profundidad de 30-60 cm, indicando una acidez significativa en el suelo.

Por lo tanto, resulta esencial continuar realizando análisis en las fincas 3 y 4, dada la alarmante presencia de niveles elevados de As. Esto plantea la posibilidad de que los suelos de las plantaciones de cacao estén experimentando degradación e inhibición del crecimiento normal y desarrollo de las plantas, lo cual podría afectar negativamente las futuras cosechas. Basándonos en estos hallazgos, se subraya la importancia de

mantener un seguimiento constante y evaluar la calidad del suelo en estas fincas, con el fin de implementar las medidas adecuadas de mitigación y preservación.

Palabras claves: Metales pesados, contaminación de suelos, plantaciones de cacao, profundidades, concentraciones.

ABSTRACT

In Ecuador, analyses have confirmed the presence of heavy metal contamination in the soils of cocoa plantations, showing high levels of these elements in land used for cocoa cultivation in several provinces of the country. Heavy metals, such as Cd, Pb, As and Hg, are naturally occurring or anthropogenic compounds. However, one of the main causes of soil contamination in cocoa plantations lies in mining activities and the excessive use of pesticides, which triggers the presence of these metals in harmful concentrations that lead to soil degradation.

The main objective of this titration work was to evaluate the levels of heavy metals at two different soil depths. This study involved the collection of samples composed of 12 subsamples following a zigzag pattern at depths of 0-30 cm and 30-60 cm in four farms that use water from rivers for irrigation contaminated by mining and a reference point that is far from the sources of mining contamination. The PM analysis was performed in duplicate to minimize random error, the samples were subjected to a pretreatment process, which included drying at 25°C for 72 hours, crushing and passing through a sieve at 2 mm, preparing them for subsequent atomic absorption analysis. In addition, the maximum allowable limits according to national (TULSMA) and international (European Communities and U.S. Standard) regulations were compared.

The results obtained in the laboratory revealed that the predominant metal was As in farm 3, both at a depth of 0-30 cm (20.3 mg/kg soil) and at a depth of 30-60 cm (16.7 mg/kg soil). Similarly, on farm 4, elevated As concentrations were found at a depth of 0-30 cm (19.3 mg/kg soil) and at a depth of 30-60 cm (17.2 mg/kg soil). Also, it was observed that soil pH on farm 2 recorded values of 5.23 at a depth of 0-30 cm and 5.13 at a depth of 30-60 cm, indicating significant soil acidity.

Therefore, it is essential to continue conducting analyses on farms 3 and 4, given the alarming presence of elevated As levels. This raises the possibility that the cocoa plantation soils are experiencing degradation and inhibition of normal plant growth and development, which could negatively affect future harvests. Based on these findings, the importance of constant monitoring and evaluation of soil quality on these farms is emphasized in order to implement appropriate mitigation and preservation measures.

Key words: Heavy metals, soil contamination, cocoa plantations, depths, concentrations.

CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO.....	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XII
LISTA DE ABREVIATURA	XIII
INTRODUCCIÓN	14
OBJETIVOS.....	16
Objetivo general	16
Objetivos específicos	16
1. MARCO TEÓRICO.....	17
1.1 Antecedentes de la contaminación en suelo agrícolas	17
1.1.1 Contaminación del suelo por plaguicidas.....	17
1.1.2 Contaminación del suelo por minería.	17
1.1.3 Actividad minera en Ecuador.....	18
1.1.4 Actividad minera en Santa Rosa.....	18
1.1.5 Contaminación de metales pesados en plantaciones de cacao.....	18
1.2 Metales pesados	18
1.3 Cadmio (Cd).....	19
1.3.1 Cd en el medio Ambiente	20
1.3.2 Cd en suelo	20
1.3.3 Fuentes de generación de Cd.	21
1.3.3.1 Emisiones atmosféricas.....	22

1.3.3.2 Fertilizantes fosfatados.....	22
1.3.3.3 Aguas Residuales.....	22
1.3.3.4 Contaminación accidental.....	23
1.3.4 Toxicología del Cd.....	23
1.3.5 Toxicología ambiental Cd.....	23
1.4 Biodisponibilidad de Cd.....	23
1.5 Mercurio (Hg).....	24
1.5.1 Ciclo del Hg.....	24
1.5.2 Hg en suelo.....	24
1.6 Plomo (Pb).....	25
1.6.1 Pb en suelo.....	25
1.6.2 Toxicidad de Pb.....	25
1.7 Arsénico (As).....	26
1.7.1 As en el suelo.....	26
1.7.2 Toxicidad del As.....	26
1.8 Límites máximos y mínimos permisibles de MP en suelo.....	27
1.9 Métodos de cuantificación.....	28
1.9.1 Espectrofotometría de absorción atómica.....	28
2. DISEÑO METODOLÓGICO.....	30
2.1 Materiales y métodos.....	30
2.1.1 Materiales.....	30
2.1.2 Equipos.....	30
2.2 Métodos.....	30
2.2.1. Métodos de muestreo.....	30
2.2.1.1 Ubicación del área de estudio.....	30
2.2.1.2 Método de recolección de muestras.....	31

2.2.1.3 Recolección de muestras de suelo	31
2.2.1.4 Preparación de las muestras de suelo para los análisis de Metales pesados ..	31
2.2.1.5 Preparación de la muestra de suelo para el análisis de Hg	32
2.2.2 Método de determinación mediante espectrofotometría de absorción atómica ...	32
2.2.2.1 Determinación del Hg, Pb, As y Cd en las muestras de suelo	32
2.2.1.7 Medición del pH.....	32
2.3 Proceso de recolección y análisis de datos	33
2.3.1 Análisis estadísticos	33
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
3.1 Concentración de Metales pesados en las fincas con plantaciones de cacao a dos profundidades del perfil	34
3.2 pH del suelo a dos profundidades del perfil en fincas con plantaciones de cacao .	40
3.3 Comparación de las concentraciones de metales pesados con la norma nacional e internacional.....	41
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	46
4.1 Conclusiones.....	46
4.2 Recomendaciones.....	48
BIBLIOGRAFÍA	49
ANEXOS	57
ANEXO A.....	57
COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO.....	57
Anexo A1	57
Anexo A2	58
ANEXO B.....	59
RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS	59
Anexo B1	59
Anexo B2	60

Anexo B3	61
Anexo B4	62
Anexo B5	63
Anexo B6	64
Anexo B7	65
Anexo B8	66
Anexo B9	67
Anexo B10	68
Anexo B11	69
Anexo B12	70
Anexo B13	71
Anexo B14	72
Anexo B15	73
Anexo B16	74
Anexo B17	75
Anexo B18	76
Anexo C1	77
Anexo C2	77
Anexo C3	78
Anexo C4	78
ANEXO D.....	79
LECTURAS DE pH.....	79
Anexo D1	79
Anexo D2	79

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Principales fuentes de contaminación por metales pesados en los suelos. .17	
Figura 2. Flujo del Cd en el aire.....21	
Figura 3. Fuente de generación de Cd (%).22	
Figura 4. Ciclo del Hg24	
Figura 5. Principales fuentes de contaminación por Hg.25	
Figura 6. Principales fuentes de contaminación por Hg.26	
Figura 7. Puntos de muestreo de las fincas de plantaciones de cacao.31	
Figura 8. Efecto de las fincas con plantaciones de cacao en las concentraciones de cadmio (mg/kg de suelo) en áreas productivas del cantón Santa Rosa.35	
Figura 9. Efecto de las fincas con plantaciones de cacao en las concentraciones de cadmio (mg/kg de suelo) en áreas productivas del cantón Santa Rosa.37	
Figura 10. Efecto de las fincas con plantaciones de cacao en las concentraciones de cadmio (mg/kg de suelo) en áreas productivas del cantón Santa Rosa.39	
Figura 11. Efecto de las fincas con plantaciones de cacao en las concentraciones de cadmio (mg/kg de suelo) en áreas productivas del cantón Santa Rosa.41	
Figura 12. Efecto de las fincas con plantaciones de cacao en las concentraciones de cadmio (mg/kg de suelo) en áreas productivas del cantón Santa Rosa.43	
Figura 13. Efecto de las fincas con plantaciones de cacao en las concentraciones de cadmio (mg/kg de suelo) en áreas productivas del cantón Santa Rosa.44	

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Propiedades fisicoquímicas del Cd.....	19
Tabla 2. Criterios referenciales de la calidad del suelo.	27
Tabla 3. Criterios de remediación de suelo agrícola (Valores máximos permisibles) ..	27
Tabla 4. Límites permisibles de metales en el suelo por diferentes estándares	28
Tabla 5. Interpretación de los resultados del Laboratorio para la región costa de Ecuador para pH del suelo.	33
Tabla 6. Resultados del contraste de hipótesis realizado con el ANOVA de un factor intergrupos en función del contenido de Cd en cada profundidad del perfil de suelo en las fincas de plantaciones de cacao.	34
Tabla 7. Resultados del contraste de hipótesis realizado con el ANOVA de un factor intergrupos en función del contenido de Pb en cada profundidad del perfil de suelo en las fincas de plantaciones de cacao.	36
Tabla 8. Resultados del contraste de hipótesis realizado con el ANOVA de un factor intergrupos en función del contenido de As en cada profundidad del perfil de suelo en las fincas de plantaciones de cacao.	38
Tabla 9. Valores de pH del suelo a 0-30 cm y 30-60 cm en las fincas con plantaciones de cacao objeto de estudio.....	40

LISTA DE ABREVIATURA

LMP: Límites máximos permisibles

Ni: Níquel.

Cd: Cadmio.

As: Arsénico.

Pb: Plomo.

Cr: Cromo.

Hg: Mercurio.

INTRODUCCIÓN

Los suelos desempeñan un papel fundamental en la producción agrícola, brindando beneficios esenciales a los agricultores. Sin embargo, cuando estos suelos se ven afectados por la contaminación de metales pesados, se produce un impacto significativo en las plantaciones, generando problemas ambientales. Esta contaminación conlleva a una disminución en la calidad de los suelos, ya que las raíces de las plantas absorben estos contaminantes, lo que a su vez contamina los alimentos.¹

La contaminación por metales pesados en los suelos se viene dando durante varios años, la producción agrícola es una de las labores antropogénicas que utiliza fertilizantes, estos contienen sustancias químicas que al ser distribuidos caen a la superficie y al ser absorbidos por el suelo provoca la acumulación de estos metales ocasionando alteraciones en la cadena trófica. Entre los metales pesados más frecuentes están en los suelos contaminados son el Hg, Cd, As y Pb.²

El sector agrícola se ha visto afectado por la actividad minera que contamina la calidad de agua, y que a su vez estas son usadas para el riego de fincas bananeras o cacaoteras mediante el cual se creará un impacto medioambiental que afectará al suelo deforestándolo o contaminando con trazas de metales pesados.

En Ecuador el crecimiento de la actividad minera ha llevado un aumento de la contaminación por metales pesados en la provincia de el Oro causando severos daños ambientales a la naturaleza y a los ecosistemas cercanos a ríos, acortando así todo tipo de posibilidades de mantener un medioambiente sano.³

La minería aurífera a pequeña escala que ocurre en el territorio son las principales labores económicas, sin embargo, estas actividades ocasionan problemas ambientales; como la deforestación, erosión y liberación de metales pesados perjudicando así a los suelos y productos agrícolas como (yuca, plátano, cacao, etc.) teniendo una probabilidad de ocasionar un riesgo a la salud.⁴

En el Ecuador se ha evidenciado mediante análisis que existen pruebas de contaminación por Cd en suelos agrícolas en la cual hallaron elevados contenidos de este metal en terrenos de sembrío de cacao en varias provincias del país. Por lo cual, ocasionó inquietud al mercado internacional de acuerdo a lo reportado en la revista El Productor.⁵

La Provincia de El Oro realiza diferentes actividades agrícolas para su desarrollo económico, por ejemplo, las plantaciones de banano y cacao. Se ha constatado en diferentes investigaciones la presencia de metales pesados en suelos agrícolas los cuales a causa de la bioacumulación podrían dañar los suelos hasta alcanzar concentraciones tóxicas y perjudiciales para el ser humano.⁶

Según la norma técnica ambiental ecuatoriana en su Anexo 2, de suelos los límites máximos permisibles de los metales pesados son: mercurio (Hg) es de 0.8 mg/kg, cadmio (Cd) es de 2 mg/kg, arsénico (As) es de 12 mg/kg y para el plomo (Pb) 100 mg/kg, en suelo agrícola.⁷ Estos metales son los que más abundan en los terrenos agrícolas, debido a las actividades mineras e industrias químicas ya que son los que más daños ocasionan a los suelos.⁸

En el presente trabajo se busca estudiar la contaminación de metales pesados presentes en los suelos cacaoteros, aplicando como referencia los valores máximos permisibles según el TULSMA y las normas internacionales.

El objetivo principal es evaluar la presencia de metales pesados (As, Cd, Pb, Hg) en cuatro fincas de plantaciones de cacao a dos profundidades de 0-30 cm y 30-60 cm, Los resultados obtenidos ayudarán a identificar las zonas potencialmente contaminadas y servirán como contribución para comprender la situación actual de la contaminación de suelos causada por la minería en el cantón Santa Rosa, provincia de El Oro.

OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar el efecto del manejo agrícola de plantaciones de cacao mediante determinaciones de metales pesados a dos profundidades en suelos en cuatro fincas del cantón Santa Rosa para conocer el grado de contaminación provocada por actividades mineras comparado con límites máximos permisibles por normas nacionales e internacionales.

Objetivos específicos

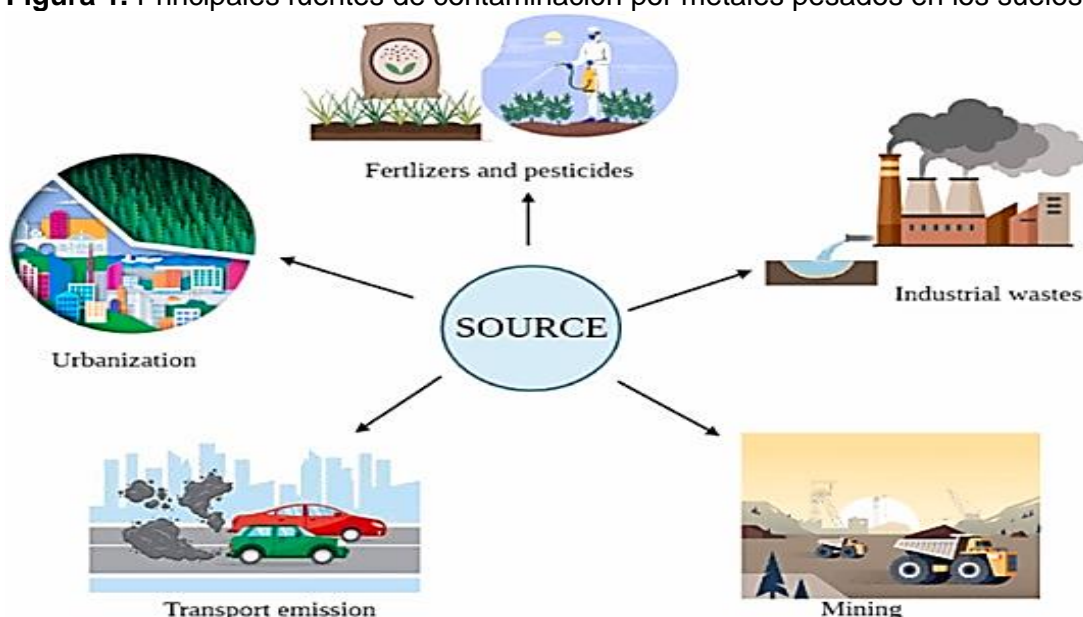
- Evidenciar la influencia del manejo agrícola en cuatro fincas con plantaciones de cacao en las concentraciones de metales pesados (Cd, Pb, As, Hg) a dos profundidades del perfil de suelos áreas productivas del cantón Santa Rosa.
- Demostrar la incidencia del manejo agrícola en cuatro fincas con plantaciones de cacao en el pH del suelo a dos profundidades del perfil en áreas productivas del cantón Santa Rosa.
- Comparar las concentraciones de metales pesados encontradas en los suelos de plantaciones de cacao con los niveles de referencia y límites máximos permisibles por organismos nacionales e internacionales.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes de la contaminación en suelo agrícolas

La contaminación del suelo por metales pesados se los relaciona de manera natural al momento que procede de un material parental es decir de forma antrópica o cuando resulta de labores hechas por el ser humano. La agricultura recientemente ha sido examinada como una de las principales causas de daño a los suelos debido al empleo de fertilizantes, principalmente los plaguicidas fosforados y nitrogenados.⁹ En la Figura 1 observamos las principales fuentes de contaminación por metales pesados.

Figura 1. Principales fuentes de contaminación por metales pesados en los suelos.



Fuente:¹⁰

1.1.1 Contaminación del suelo por plaguicidas. Las labores agrícolas hoy en día generan gran preocupación debido a que estas utilizan mayor cantidad de productos químicos sin criterio profesional, produciendo cambios ambientales en los ecosistemas principalmente en regiones donde los agricultores no tienen recomendaciones técnicas. Los plaguicidas son compuestos químicos que se utilizan para poder contrarrestar a los parásitos que atacan a los cultivos, el empleo excesivo de los plaguicidas ocasiona daños irreparables para el ecosistema así mismo perjudica la salud de los trabajadores agrícolas.¹¹

1.1.2 Contaminación del suelo por minería. La contaminación del suelo por la minería se puede presentar por sembríos aledaños a ríos contaminados con trazas de metales pesados en sus aguas que posteriormente serán utilizados en el riego. De esta manera

se dará la bioacumulación de metales pesados ocasionando daños a la fauna acuática y alterando la calidad del suelo.¹²

1.1.3 Actividad minera en Ecuador. La extracción de oro conlleva una serie de impactos ambientales que han suscitado preocupación a nivel global. Uno de los aspectos más alarmantes es la contaminación generada por la liberación de mineral potencialmente tóxicos, entre ellos el mercurio (Hg), cadmio (Cd), arsénico (As), plomo (Pb). Los residuos generados en el proceso de extracción, como desechos de roca y lodos, contienen concentraciones significativas de estos minerales tóxicos. La gestión inadecuada de estos desechos puede resultar en su liberación en el medio ambiente. La contaminación generada por estos minerales tóxicos puede tener efectos devastadores en la salud humana y en los ecosistemas.¹³

1.1.4 Actividad minera en Santa Rosa. En la localidad de Santa Rosa, la actividad minera que sobresale es la minería de tipo artesanal y de escala reducida. Paralelamente, se han descubierto pruebas de operaciones mineras ilícitas en la región superior del cauce del Río Santa Rosa, lo que podría representar un importante origen de contaminación en dicho sector.¹⁴

1.1.5 Contaminación de metales pesados en plantaciones de cacao. La detección por trazas de metales pesados en zonas de cultivo de cacao, con su potencial toxicidad, suscita preocupación debido a las posibles implicaciones para la salud. La explotación excesiva de los recursos naturales ha provocado una acumulación preocupante de metales pesados y metaloides en el agua, suelo y aire, representa uno de los problemas más graves que afectan a la seguridad alimentaria y salud pública a nivel global como local. Esta acumulación tiene un impacto significativo en la producción agrícola, ya que afecta la calidad de los suelos y reduce la eficiencia de los cultivos al carecer de un sustrato fértil adecuado para el desarrollo de las plantas. La depreciación de la fertilidad del suelo incide directamente en el rendimiento de los cultivos.¹³

1.2 Metales pesados

Los metales pesados son compuestos químicos que están estrechamente vinculados con el suelo agrícola. Estos metales pueden tener origen natural, cuando provienen del material parental, o pueden ser de origen antrópico, cuando su presencia se debe a actividades realizadas por el ser humano.⁹

Los metales pesados son aquellos que presentan una densidad superior a 4 g/cm³ y un peso atómico mayor a 20 g/cm³, La acumulación de estos metales en el suelo agrícola

puede afectar la calidad de los cultivos y la seguridad alimentaria. Además, la exposición a altas concentraciones de metales pesados puede causar efectos tóxicos en la salud humana, como daños en el sistema nervioso, renal y hepático, y en algunos casos puede ser cancerígeno cuando exceden sus límites máximos permisibles.⁴

1.3 Cadmio (Cd)

Es un metal pesado que pertenece al grupo IIB de la tabla periódica de los elementos químicos, se caracteriza por ser poco común con una cantidad del 0,15 mg/kg en la superficie terrestre, suelen estar presentes en compuestos con sulfuros de zinc. Se utiliza mayormente para la producción de baterías, estabilizador para los plásticos y aleaciones. El Cd es conocido por ser altamente tóxico y persistente en el medio ambiente, lo que significa que puede acumularse en los suelos, el agua y los organismos vivos a lo largo del tiempo. La exposición al Cd puede provocar una serie de efectos adversos, como daño renal, problemas respiratorios, trastornos del sistema nervioso y cáncer.

Además, este metal pesado puede afectar negativamente la calidad del suelo y el agua, lo que a su vez puede tener un impacto en la seguridad alimentaria y el equilibrio de los ecosistemas acuáticos. Debido al uso excesivo del Cd su nivel ha aumentado en el medioambiente y conocer la toxicidad que causa este metal pesado es de gran importancia.¹⁵ En la **Tabla 1** se observan las propiedades fisicoquímicas del Cd que son las siguientes:

Tabla 1. Propiedades fisicoquímicas del Cd.

Símbolo químico	Cd
Grupo	II B (metales no ferrosos)
Valencia	2
Estructura	Cristalina hexagonal
Forma	Blanco, metal blando
Características	Maleable, dúctil y flexible
Punto de fusión	321°C
Punto de ebullición	765°C
Número atómico	48
Peso atómico	112. 41
Densidad	8.64 g/cm ³
Fuente: ¹⁶	

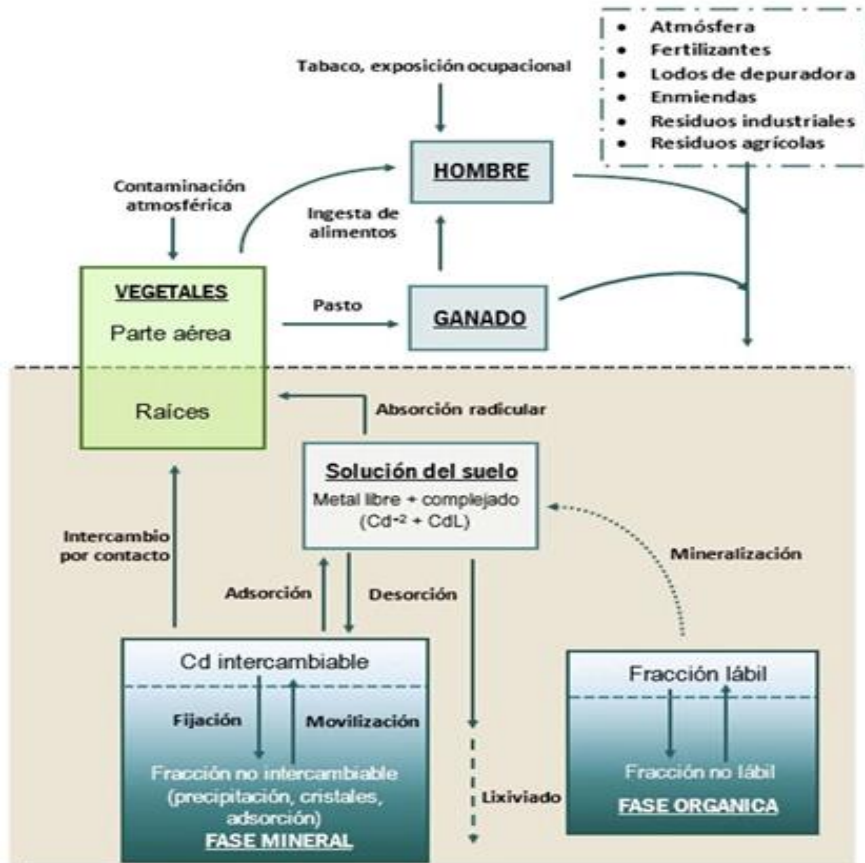
1.3.1 Cd en el medio Ambiente. El Cd entra al hábitat a través de las labores antropogénicas, la degradación del Cd en las plantas y en terrenos agrícolas contaminados por este metal ocasionan serios problemas a la salud de animales y humanos; este metal también ocasiona en el suelo estrés osmótico provocando así un deterioro fisiológico a las plantaciones¹⁷, investigaciones recientes revelan que las principales contaminaciones por Cd en los suelos agrícolas son del 90% y las posibles causas principales son las labores antropogénicas, estas actividades utilizan fertilizantes fosfatados; otras de las causas son los desechos de las industrias del cemento, depuración de lodos y contaminación de combustibles fósiles.¹⁸

Estudios actuales destacan planes de remediación para descontaminar el Cd de los suelos como métodos químicos, físicos y biológicos y, así generar el rendimiento y calidad de cultivos agrícolas.¹⁷

1.3.2 Cd en suelo. El Cd tiene un comportamiento químico similar al azufre teniendo movilidad en los ambientes ácidos, se encuentra en el medioambiente con valencia²⁺(divalente) y bajo condiciones extremas de oxidación, refinado, fundición puede formarse óxido de cadmio (CdO) siendo perjudicial para el ser humano y el medio ambiente. El Cd en su forma natural en los suelos presenta una concentración que oscila de 0,1-1,0 mg/kg de suelo provenientes de la meteorización de las y minerales, las concentraciones de Cd son de 5,6 a 38×10^6 kg/año y estas se han incrementado a nivel global con los años.¹⁹

En el aire se encuentra como cloruro o sulfatos los cuales recorren grandes distancias en la atmosfera y pueden ser depositados en el suelo y los cuerpos de agua.¹⁶ En la Figura 2, se muestra el flujo del Cd en el suelo-planta, este metal ingresa al suelo y posteriormente al cultivo a través de las raíces y luego son ingeridas por el ganado o el ser humano¹⁶.

Figura 2. Flujo del Cd en el aire.

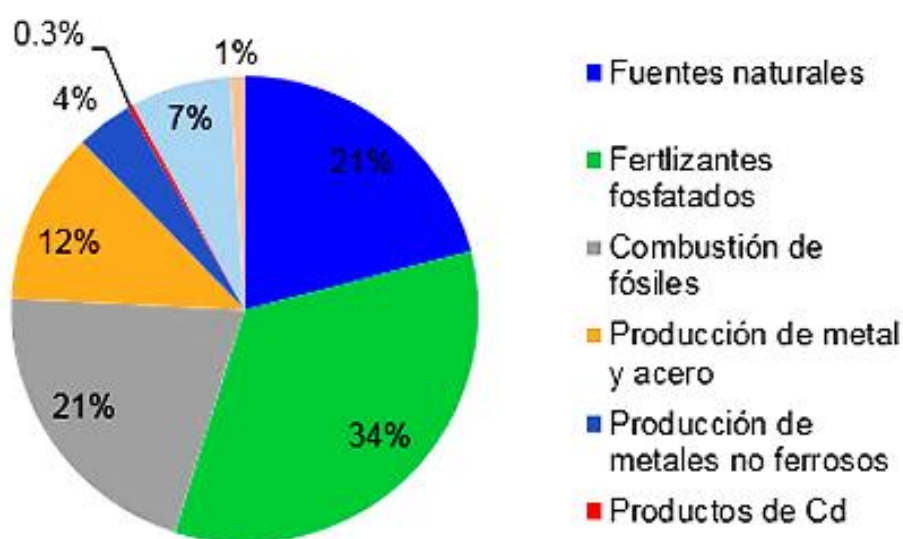


Fuente:¹⁶

El aumento del Cd en los suelos agrícolas se produce por las malas prácticas y el abuso de fertilizantes químicos, por lo que estos abarcan grandes cantidades de contaminantes provenientes de las rocas fosfatadas²⁰, sus niveles altos en los suelos agrícolas producen una gran preocupación ambiental debido a que es absorbido fácilmente por las plantas y no cumple ninguna función metabólica y fisiológica, por lo que está ligado a problemas de salud como: afectación a los riñones, problemas óseos, irritación grave en el estómago.²¹

1.3.3 Fuentes de generación de Cd. La contaminación del Cd se ha incrementado con el crecimiento de la actividad industrial que deteriora de manera gradual al medioambiente.¹⁶ En la Figura 3, se muestra cómo se divide las fuentes de contaminación del Cd.

Figura 3. Fuente de generación de Cd (%).



Fuente:¹⁶

1.3.3.1 Emisiones atmosféricas. Se dan en forma de partículas de polvo y vapores, se encuentran presentes en diversas actividades mineras, como la fundición de metales, plantas incineradoras, producción de pigmentos para cristales, revestimientos anticorrosivos, baterías de Ni/Cd e insecticidas. Estos compuestos son obtenidos como derivados del plomo (Pb), zinc (Zn), cobre (Cu) y otros metales.¹⁶

1.3.3.2 Fertilizantes fosfatados. Los fertilizantes fosfatados representan una de las principales causas por contaminación de Cd en las plantaciones agrícolas. Estos fertilizantes contienen en su mayoría rocas fosfóricas, que constituyen el elemento principal utilizado en la producción de fertilizantes fosfatados. En general, estos fertilizantes contienen concentraciones de Cd superiores a las que se encuentran en la corteza terrestre. El Cd se mantiene en cierta proporción en los fertilizantes y, una vez suministrados al suelo junto con el fósforo, se encuentra presente en un 34% de ellos, con concentraciones que varían entre 8 y 500 mg/kg, además, este metal al encontrarse en el suelo es menos estable.^{15,17}

1.3.3.3 Aguas Residuales. Se forman de lodos provenientes de aguas residuales, debido a su capacidad de poseer nutrientes en algunos casos se utilizan como fertilizantes en ciertos sembríos, por consiguiente el uso constante en suelos agrícolas produce la acumulación de los metales pesados que se encuentran presente en ellos; se estima que los lodos pueden contener entre 30-40 g/año de Cd.¹⁶

1.3.3.4 Contaminación accidental. La contaminación involuntaria surge como consecuencia de actividades industriales y la corrosión de estructuras galvanizadas. En este caso, se produce la liberación de sustancias contaminantes, lo que conlleva a la degradación del entorno natural.¹⁶

1.3.4 Toxicología del Cd. El Cd es un metal altamente tóxico que se encuentra ampliamente distribuido en el medio ambiente en forma de acetato, sulfato, cloruro y carbonato de cadmio. Este metal se genera principalmente como resultado de actividades humanas relacionadas con la industrialización, como la producción de baterías de Ni y Cd, la combustión de combustibles, el humo del tabaco y el uso de fertilizantes. La exposición al Cd se considera carcinogénica debido a sus efectos perjudiciales para la salud.²²

1.3.5 Toxicología ambiental Cd. El Cd en la atmósfera se produce por las labores antropogénicas y por origen natural; por lo cual la actividad volcánica es su mayor origen, este metal pesado habita en los suelos y rocas sedimentarias, en la cual el Cd se libera por el desgaste natural del ambiente.

El Cd procedente de las labores antropogénicas tienen un impacto negativo en atmósfera, distribuyéndose a diversos componentes ambientales, por ejemplo, por medio del aire este permanece en un lapso de tiempo corto, en la atmósfera este metal se sedimenta en el suelo en forma de partículas, ya sea a través de precipitaciones directas (0.1 a 500 mg Cd/m².año) o húmeda (0.02 a 3 mg Cd/m².año), frecuentemente está en los suelos superficiales de tal forma que es absorbido por las partículas del mismo¹⁶.

1.4 Biodisponibilidad de Cd

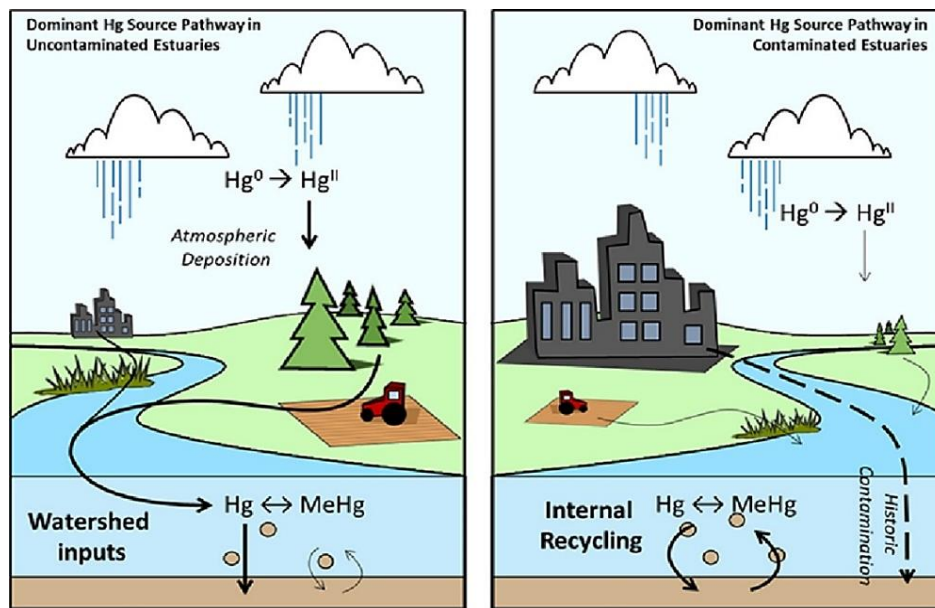
Una terminación para la concentración de Cd es la biodisponibilidad, puesto que este genera un gran malestar por su absorción y acumulación en las plantas, por este motivo una de las causas son el potencial de hidrogeno (pH) del suelo, aparición de sustancias orgánicas e intercambio iónico; por lo cual estos factores intervienen en la solubilidad de compuestos de Cd por lo cual este se libera afectando a los suelos y a las plantas.¹⁸ Para evaluar la fracción del Cd en el suelo existen diferentes métodos de extracción, por ejemplo: el desplazamiento del ion a través de una solución extractante mediante cloruro de magnesio (MgCl²), ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) y cloruro de calcio (CaCl²).²³

1.5 Mercurio (Hg)

Es un metal noble que se puede encontrar en fase líquida a temperatura ambiente y puede estar de modo natural en cualquier parte del mundo, es exageradamente volátil que puede recorrer grandes distancias, este metal cambia a metilmercurio que es un compuesto muy dañino.²⁴

1.5.1 Ciclo del Hg. El Hg puede estar de tres modos intrínsecamente vinculados en el ambiente; el Hg inorgánico (iHg^{II}) es el principal compuesto para la formación del metilmercurio (MeHg), el (iHg^{II}) se coloca primordialmente en el ecosistema luego de la oxidación del mercurio atmosférico (Hg^0). La manera más tóxica del Hg en el ecosistema es por medio del MeHg debido a que este tiende a bioacumularse en las aguas costeras exponiendo así a la biota acuática y a los humanos, los individuos cuya dieta sea principalmente mariscos y pescados están más expuestos a altos niveles del metilmercurio.²⁵ En la Figura 4 se observa el ciclo del Hg.

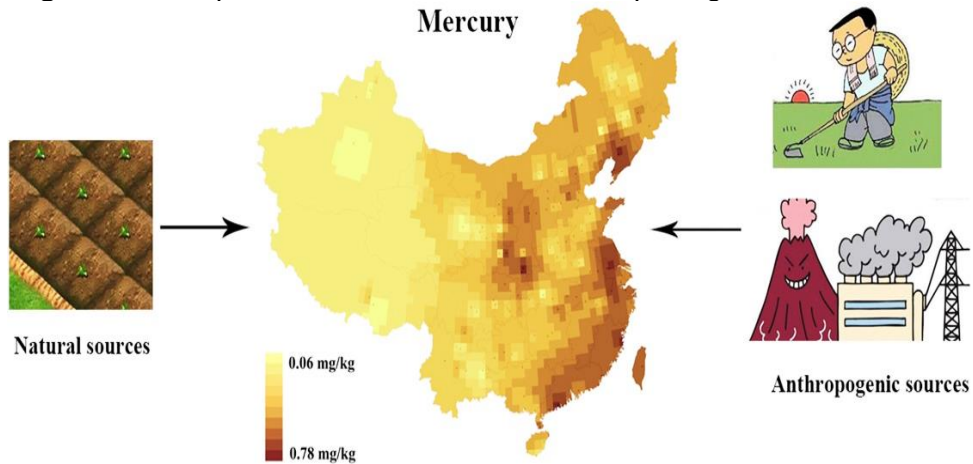
Figura 4. Ciclo del Hg.



Fuente:²⁵

1.5.2 Hg en suelo. El Hg tiene propiedades persistentes y bioacumulativas como el metilmercurio (CH_3Hg^+) este tiene una toxicidad que perjudica a los ecosistemas; el Hg en el suelo agrícola proviene de fuentes naturales como es la (meteorización de rocas, emisiones volcánicas) y de labores antropogénicas como (minería, aplicación de pesticidas, combustión de combustibles fósiles).²⁶ En la Figura 5 se puede ver las principales causas de contaminación por Hg.

Figura 5. Principales causas de contaminación por Hg.



Fuente: ²⁷

1.6 Plomo (Pb)

Es un metal pesado que se encuentra en el grupo IVA, se bioacumula a través de la cadena trófica. Se lo utiliza comúnmente en tuberías, utensilios de cocina, se lo encuentra en un 0.00002% en la superficie terrestre.²⁸ En la corteza terrestre el Pb en su estado natural posee propiedades únicas, por ejemplo: alta maleabilidad, bajo punto de fusión, ductilidad y suavidad. El Pb en su estado natural en el medioambiente es un metal tóxico que desencadena graves problemas de salud al ser humano, así mismo es considerado una potente toxina ambiental de naturaleza no biodegradable.¹⁵

1.6.1 Pb en suelo. El Pb en los suelos agrícolas es una gran preocupación ambiental, puesto que este compuesto ocasiona que los suelos se deterioren, por lo cual una de sus principales causas son las labores de origen humano como la minería, producción de pintura, entre otros. Este al ser un compuesto básico que no se degrada fácilmente perjudicando así las funciones del suelo.²⁹

1.6.2 Toxicidad de Pb. La toxicidad del Pb se presenta como resultado de los procesos industriales, los cuales estos se acumulan hasta llegar a concentraciones altamente tóxicas para el ser humano y el ecosistema.³⁰ El Pb en el suelo puede introducirse mediante la cadena alimentaria produciendo un riesgo ecológico para la flora, fauna y la población humana.³¹ La toxicidad del Pb al ingresar al organismo del ser humano se distribuye en los tejidos blandos, por ejemplo: cerebro, tejidos, riñón, hígado.³⁰

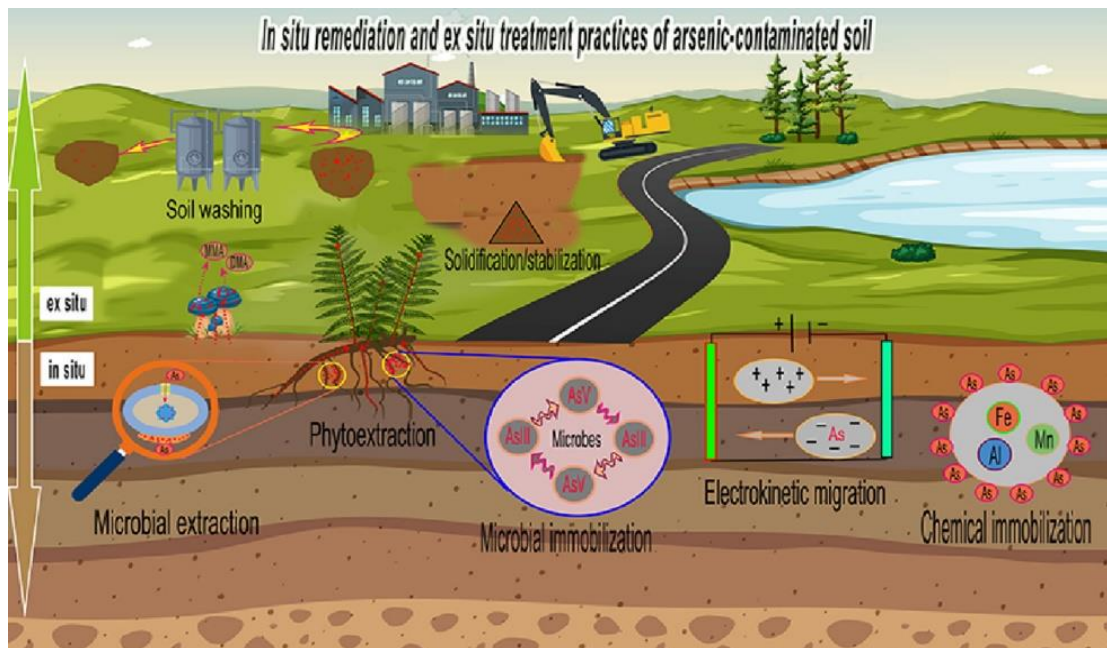
1.7 Arsénico (As)

El As es un metal químico que se ubica en la tabla periódica, pertenece a los metaloides y es uno de los más dañinos, se lo encuentra en la corteza terrestre en abundancia; por ende, está presente en más de 300 minerales con un promedio de 5mg/L aproximadamente. Este metal se lo puede localizar en las fuentes hídricas, aire y suelos comúnmente como arsenitos y arseniatos.¹⁵

1.7.1 *As en el suelo.* El As es el contaminante más tóxico que causa la degradación del suelo y la alteración de este, se encuentra en el suelo a concentraciones detectables.

Este metal se deposita en el suelo a causa del uso de los pesticidas y las actividades antropogénicas ocasionando impactos perjudiciales en la salud del ser humano y el medio ambiente. La movilidad y biodisponibilidad del As depende de sus características fisicoquímicas, por ejemplo; pH, arcilla y materia orgánica presentes en el suelo.³² En la Figura 6 se evidencia la contaminación del suelo por As.

Figura 6. Principales fuentes de contaminación por As.



Fuente:³³

1.7.2 *Toxicidad del As.* Perjudica al desarrollo de las plantas ya que este se encuentra en el suelo, este se incorpora a través de la absorción de las raíces por lo que perjudica al metabolismo energético celular de la planta, ocasionando graves problemas de salud a los seres humanos como desnaturalización de enzimas, proteínas, cáncer.³⁴

1.8 Límites máximos y mínimos permisibles de MP en suelo

El anexo 2 libro VI del TULSMA de la norma de calidad ambiental del suelo y criterios de remediación⁷, los límites máximos y mínimos permisibles de los MP en el suelo son los siguientes valores que se reflejan en la **Tabla 2** y **Tabla 3**. Además, en la **Tabla 4** se refleja los valores límites permisibles de metales en suelos en diferentes países según las normas internacionales.³⁵

Tabla 2. Criterios referenciales de la calidad del suelo.

Metal	Unidad (mg/kg)
Cd	0,5
Pb	25
As	5
Hg	0,1

Fuente: TULSMA.⁷

Tabla 3. Criterios de remediación de suelo agrícola (Valores máximos permisibles)

Metal	Unidad (mg/kg)
Cd	2
Pb	100
As	12
Hg	0,8

Fuente: TULSMA.⁷

Tabla 4. Límites permisibles de metales en el suelo por diferentes estándares

Países	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)	As (mg/kg)	Hg (mg/kg)
FAO/OMS	90-400	-	-	1.0
EC	40	0.7	10	0.3
Estados Unidos	50-300	1.6	14	0.5
Polonia	70-150	1-3	30	5
Austria	100	1.5-3	20	2
Austria	100	5	50	5

Fuente: Normas Internacionales.^{35,36}

1.9 Métodos de cuantificación

Los métodos más empleados para la valoración de suelos contaminados por metales pesados son la espectroscopia de absorción atómica puesto que esta es muy eficaz, fiable y económica; por lo tanto, los métodos de llama, horno de grafito y generador de hidruros también son muy usados en la cuantificación de estos metales. Por absorción atómica se evalúa metales como Cd, Cr, Pb, Ni, por horno de grafito se determina metales como As y Se ya que estos se encuentran en pequeñas proporciones, y por generador de hidruros se determina el Hg por lo que este metal es muy volátil.³⁷

1.9.1 Espectrofotometría de absorción atómica. La espectrofotometría de absorción atómica en química analítica es un método que sirve para definir la concentración del compuesto que tiene metales dentro de una muestra a analizar, por lo cual esta técnica es utilizada para medir casi todos los metales que provienen de muestras provenientes de suelos agrícolas.³⁸

Esta técnica se basa en la desintegración del analito en matriz líquida por lo cual se emplea comúnmente un nebulizador pre-quemador, este genera una suspensión fina de la muestra y un quemador con una configuración alargada, proporcionando así una llama de mayor recorrido; de esta manera la transmisión inicial de energía se lleva a cabo mediante el proceso de combustión.

La intensidad de la llama tiene que ser elevada para evitar que los átomos de la muestra en su estado elemental se desintegren, tanto el nebulizador como la llama se emplean para desolvatar y atomizar la muestra; la alteración de los átomos del analito ocurre

mediante la utilización de las lámparas que emiten luz a diversas longitudes de onda específicas para cada analito.³⁹ Este método se basa en la ley de Lambert-Beer, en esta técnica las muestras se vaporizan a 2000-6000 K, la concentración de las partículas en la etapa de vapor se define midiendo la absorción de luz a una longitud de onda característica. Por lo cual su alta sensibilidad y resolución, tiene la capacidad de diferenciar los elementos que constituyen a la muestra y efectúa un análisis multielemental.⁴⁰

2. DISEÑO METODOLÓGICO

2.1 Materiales y métodos

2.1.1 Materiales

- Barreno
- Fundas ziploc
- Balde
- Etiquetas
- Vasos de precipitación
- Guantes
- Bata de laboratorio
- Mortero y pilón
- Tamiz de 2 mm
- Espátula
- Papel aluminio
- Bandejas de aluminio

2.1.2 Equipos

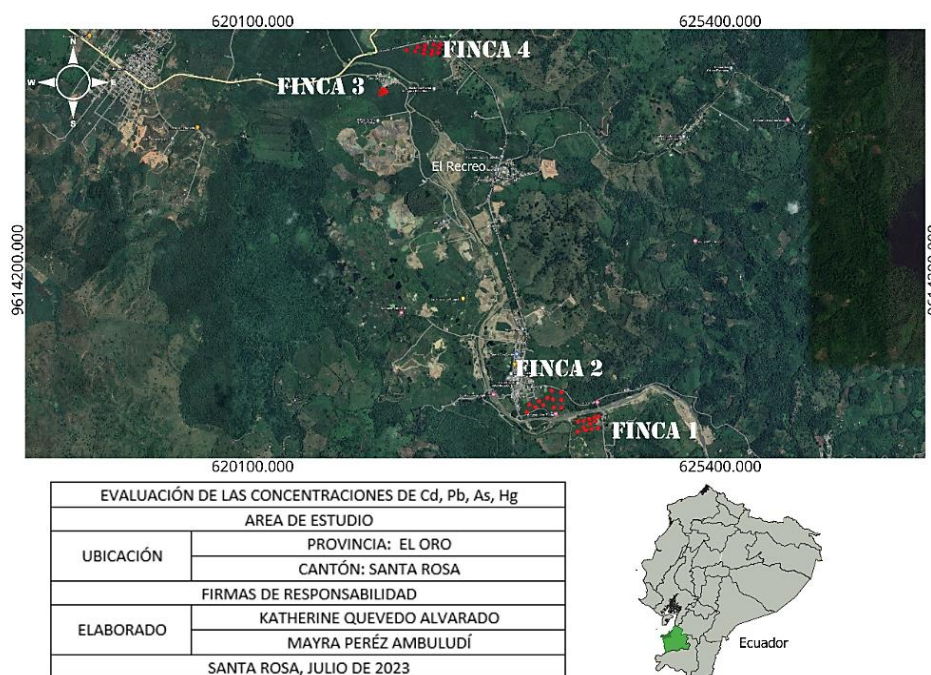
- Estufa MEMMERT
- pH metro

2.2 Métodos

2.2.1. Métodos de muestreo

2.2.1.1 *Ubicación del área de estudio.* El estudio se realizó en cuatro fincas, ubicadas en el cantón Santa Rosa, provincia de El Oro. En la **Figura 7** se muestra un mapa donde se observan las fincas objeto de estudio y los puntos de muestreo en los cuales se recolectaron las muestras de suelo. Las coordenadas X y Y de los puntos de muestreo se ubican en el **Anexo 1**.

Figura 7. Puntos de muestreo de las fincas de plantaciones de cacao.



Fuente: Los autores.

2.2.1.2 Método de recolección de muestras. En las fincas de plantaciones de cacao seleccionadas se identificaron previamente puntos de muestreo, donde se tomaron muestras de suelo con barreno agroquímico, a partir de la Guía técnica para muestreo de suelos.⁴¹

2.2.1.3 Recolección de muestras de suelo. Se utilizó muestras compuestas constituida de 12 submuestras por punto de muestreo de cada finca, además, se tomó un punto de referencia de una finca donde se conoce que no se realizan actividades mineras en sus alrededores. La muestra compuesta estuvo conformada por 1 kg de suelo, y se efectuó análisis de laboratorio por duplicado, de esta manera se tendrá una precisión del 80% según la Guía técnica para muestreo de suelos.⁴¹ Se recolectaron muestras de suelo a 0-30 y 30-60 cm de profundidad del perfil.

2.2.1.4 Preparación de las muestras de suelo para los análisis de Metales pesados. Cd, Pb y As. Las muestras se prepararon siguiendo la guía de Procedimiento operativo estándar para la manipulación y preparación de muestras de suelo para análisis químicos y físicos de la FAO.⁴² A continuación, se describen los pasos a seguir:

- ✓ Secar la muestra a 35 ± 5 °C en un horno de secado durante 24 h.
- ✓ Triturar las muestras previamente secas en un mortero con el pilón.

- ✓ Tamizar de las muestras en un tamiz de 2 mm para eliminar piedras o materia vegetal.
- ✓ Almacenar las muestras en fundas ziploc herméticamente para evitar la contaminación.

2.2.1.5 Preparación de la muestra de suelo para el análisis de Hg. La muestra se preparó siguiendo la guía de Procedimiento operativo estándar para la manipulación y preparación de muestras de suelo para análisis químicos y físicos de la FAO y para el almacenamiento la guía “Los criterios y estándares para declarar un suelo contaminado en Andalucía y la metodología y técnicas de toma de muestra y análisis para su investigación”.^{42,36}

- ✓ Secar la muestra a temperatura ambiente o a una temperatura ligeramente superior al ambiente por ser un elemento volátil.
- ✓ Triturar las muestras previamente secas en un mortero con el pilón.
- ✓ Tamizar de las muestras en un tamiz de 2 mm para eliminar piedras o materia vegetal.
- ✓ Almacenar las muestras en un envase de vidrio ámbar, su tiempo máximo de conservación es de 28 días.

2.2.2 Método de determinación mediante espectrofotometría de absorción atómica

2.2.2.1 Determinación del Hg, Pb, As y Cd en las muestras de suelo. Los análisis para la determinación de los metales pesados (Hg, Pb, As y Cd), se realizó por duplicado en el laboratorio de ANAVANLAB Analítica Avanzada Asesoría y Laboratorios Cia. Ltda con el método de referencia AAA-PE-S016/ EPA 6020B/ EPA3051, dicho laboratorio cuenta con acreditación (SAE) de la normativa NTE INEM ISO / IEC170025:2006.

2.2.1.7 Medición del pH. La medición del pH de las muestras de suelos se realizó siguiendo los siguientes pasos.⁴³

- ✓ Se utilizaron 20 g de la muestra previamente tratada.
- ✓ Colocar los 20 g de la muestra en un vaso de precipitación con 50 ml de agua destilada.
- ✓ Agitar durante 2 minutos.

- ✓ Dejar reposar la mezcla por 15 minutos.
- ✓ Realizar la lectura del pH con un Ph-metro.

En relación con el pH del suelo la interpretación de resultados se realizó según la **Tabla5**

Tabla 5. Interpretación de los resultados del Laboratorio para la región costa de Ecuador para pH del suelo.

Categoría	Valor
Ácido	5,5 o menos
Ligeramente ácido	5,6-6,4
Prácticamente neutro	6,5-7,5
Ligeramente alcalino	7,6-8,0
Alcalino	8,1 o más

Fuente: Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario.⁴⁴

2.3 Proceso de recolección y análisis de datos

2.3.1 Análisis estadísticos. Para determinar si existen o no diferencias estadísticas significativas entre las diferentes fincas con plantaciones de cacao en función de las variables contenido de cadmio, plomo, arsénico, mercurio y pH del suelo se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de un factor intergrupos; segmentada para cada una de las dos profundidades del perfil (0-30 cm y 30-60 cm) estudiadas. Previamente se verificó el cumplimiento de los supuestos de normalidad de datos (test de Kolmogorov-Smirnov) y homogeneidad de varianzas (test de Levene). La separación de medias para establecer entre qué finca cacaotera se encuentran diferencias o similitudes se realizó mediante la prueba de rangos y comparaciones múltiples de Duncan.

Los resultados fueron representados mediante un gráfico de barras agrupadas donde las letras iguales o diferentes indican similitudes o diferencias entre las fincas de plantaciones de cacao para cada profundidad del perfil.

Para representar los valores percentiles de cada variable en las fincas de plantaciones de cacao objeto de estudio en comparación con los límites máximos permisibles por la norma nacional (TULSMA) e internacionales (Comunidad Europea y Estados Unidos) se construyeron gráficos de caja y sesgos agrupados.

Los datos obtenidos en la investigación fueron procesados estadísticamente mediante el software estadístico SPSS versión 25 de prueba para Windows, con una confiabilidad en la estimación del 95% ($\alpha=0,05$).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Concentración de Metales pesados en las fincas con plantaciones de cacao a dos profundidades del perfil

Cadmio

Los resultados del contraste de hipótesis realizado con el ANOVA de un factor intergrupos muestra en las profundidades del perfil 0-30 cm y 30-60 cm que se presentan diferencias altamente significativas entre las fincas con plantaciones de cacao en relación con el contenido de Cd, debido a que el p-valor obtenido en ambas profundidades es menor a 0,05 (**Tabla 6**).

Tabla 6. Resultados del contraste de hipótesis realizado con el ANOVA de un factor intergrupos en función del contenido de Cd en cada profundidad del perfil de suelo en las fincas de plantaciones de cacao.

Profundidad del suelo	Fuentes de variación	Suma de cuadrados	gl	Cuadrados medios	F	p-valor
0-30 cm	Entre grupos	1,300	4	0,325	1547,9	0,000
	Dentro de grupos	0,001	5	0,000		
	Total	1,301	9			
30-60 cm	Entre grupos	0,365	4	0,091	702,6	0,000
	Dentro de grupos	0,001	5	0,000		
	Total	0,366	9			

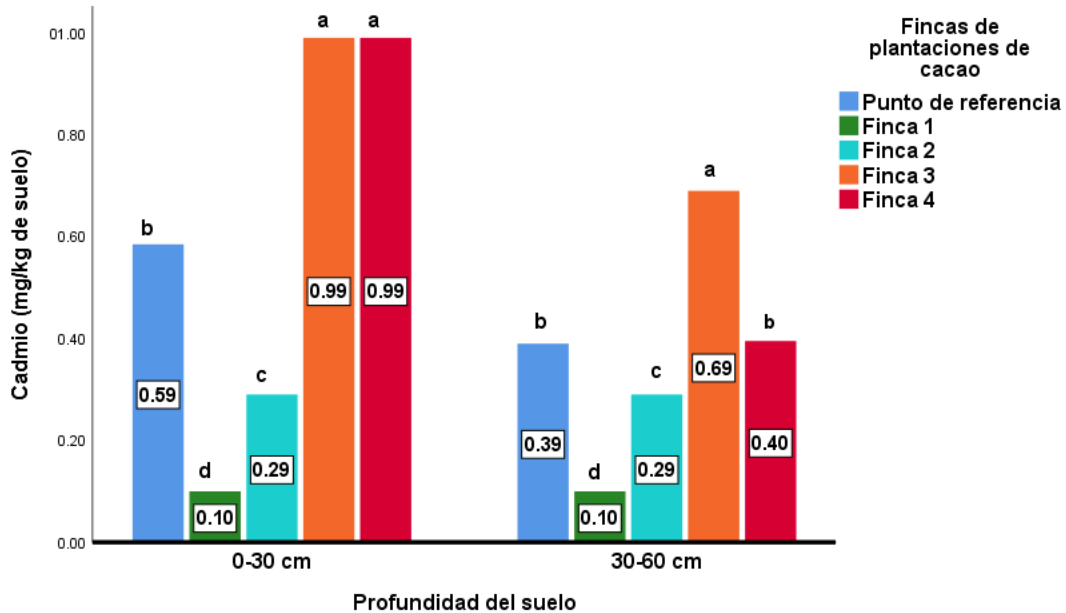
Nota: gl=grados de libertad. F=estadístico calculado.

Fuente: Los autores.

En la profundidad del perfil de suelo de 0-30 cm se registraron los mayores contenidos de Cd en las fincas 3 (0,99 mg/kg de suelo) y finca 4 (0,99 mg/kg de suelo), diferentes al alcanzado en el punto de referencia (0,59 mg/kg de suelo), finca 2 (0,29 mg/kg de suelo) y finca 1 (0,10 mg/kg de suelo). A los 30-60 cm de profundidad se alcanzó el mayor valor de Cd en la finca 3 (0,69 mg/kg de suelo) diferente al obtenido en finca 4 (0,40 mg/kg de suelo), punto de referencia (0,39 mg/kg de suelo), finca 2 (0,29 mg/kg de suelo) y finca 1 (0,10 mg/kg de suelo). Los resultados obtenidos pueden estar atribuidos a la influencia de la actividad minera que se realiza cercana a las fincas 3 y 4 que provoca contaminación en el manto freático, además, del manejo agrícola que se realiza por los productores donde se aplican de forma sistemática productos químicos

con la finalidad de controlar arvenses, nutrición de las plantas, control de plagas, entre otros (Figura 8).

Figura 8. Efecto de las fincas con plantaciones de cacao en las concentraciones de cadmio (mg/kg de suelo) en áreas productivas del cantón Santa Rosa.



Fuente: Los autores.

*Letras diferentes, dentro de cada profundidad del perfil, indican diferencias estadísticas significativas entre fincas de plantaciones de cacao para un p-valor < 0,05 (según prueba Duncan).

Las concentraciones de Cd en las cuatro fincas con las plantaciones de cacao y en el punto de referencia a profundidades de 0-30 cm y 30-60 cm, se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles según la normativa ecuatoriana, sin embargo, los valores obtenidos a una profundidad de 0-30 cm en la finca 3 (0,99 mg/kg de suelo), finca 4 (0,99 mg/kg de suelo) y punto de referencia (0,59 mg/kg de suelo) fueron superiores a los reportado en comparación con los resultados reportados por Furcal-Beriguete et al. (2020)⁴⁵, quienes desarrollaron una investigación con el objetivo de determinar las concentraciones de cadmio en suelo, en dos regiones productoras de cacao en Costa Rica, alcanzándose un valor de 0,38 mg/kg de suelo en la región sur. La misma situación se presentó en un estudio desarrollado por Calla (2021)⁴⁶ que tenía como objetivo evaluar la relación de la concentración de cadmio en el suelo y los órganos vegetales de cacao, mediante coeficientes biológicos en San Gabán, Carabaya, Puno, quien obtuvo un promedio de 0,0448 mg/kg de Cd en el suelo. El

análisis anterior evidencia la compleja situación que se presenta en la zona estudiada debido a la afectación que puede causar el metal pesado en la salud de las personas.

Plomo

Los resultados del contraste de hipótesis realizado con el ANOVA de un factor intergrupos muestra en las profundidades del perfil 0-30 cm y 30-60 cm que se presentan diferencias altamente significativas entre las fincas con plantaciones de cacao en relación con el contenido de Pb, debido a que el p-valor obtenido en ambas profundidades es menor a 0,05 (**Tabla 7**).

Tabla 7. Resultados del contraste de hipótesis realizado con el ANOVA de un factor intergrupos en función del contenido de Pb en cada profundidad del perfil de suelo en las fincas de plantaciones de cacao.

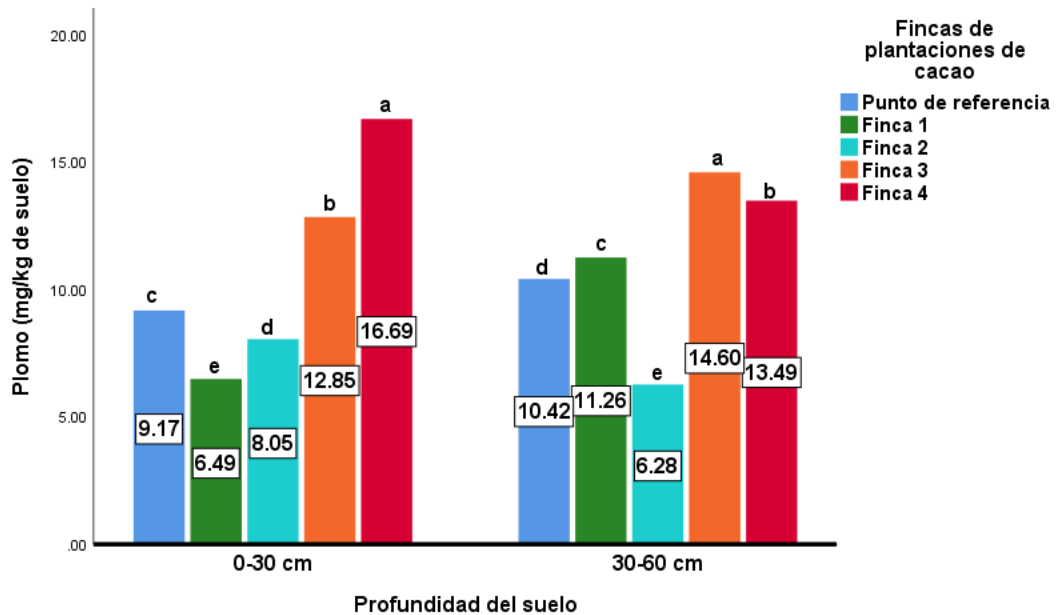
Profundidad del suelo	Fuentes de variación	Suma de cuadrados	gl	Cuadrados medios	F	p-valor
0-30 cm	Entre grupos	135,246	4	33,812	14700,7	0,000
	Dentro de grupos	0,011	5	0,002		
	Total	135,258	9			
30-60 cm	Entre grupos	83,358	4	20,840	5455,3	0,000
	Dentro de grupos	0,019	5	0,004		
	Total	83,378	9			

Nota: gl=grados de libertad. F=estadístico calculado.

Fuente: Los autores.

En la profundidad del perfil de suelo de 0-30 cm se alcanzó el mayor contenido de Pb en la finca 4 (16,7 mg/kg de suelo), diferente al alcanzado en finca 3 (12,9 mg/kg de suelo), punto de referencia (9,2 mg/kg de suelo), finca 2 (8,1 mg/kg de suelo) y finca 1 (6,5 mg/kg de suelo). A los 30-60 cm de profundidad se alcanzó el mayor valor de Pb en la finca 3 (14,6 mg/kg de suelo), diferente estadísticamente al obtenido en finca 4 (13,5 mg/kg de suelo), finca 1 (11,3 mg/kg de suelo), punto de referencia (10,4 mg/kg de suelo) y finca 2 (6,3 mg/kg de suelo). Los resultados alcanzados en las fincas 3 y 4 pueden estar atribuidos a la influencia de la actividad minera y al manejo convencional de los sistemas de producción con el uso excesivo de productos químicos (Figura 9).

Figura 9. Efecto de las fincas con plantaciones de cacao en las concentraciones de plomo (mg/kg de suelo) en áreas productivas del cantón Santa Rosa.



Fuente: Los autores.

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre las fincas con plantaciones de cacao (Según prueba de Duncan).

Las concentraciones de Pb en las cuatro fincas de plantaciones de cacao y en el punto de referencia a profundidades de 0-30 cm y 30-60 cm se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles según la normativa ecuatoriana, sin embargo, los valores encontrados a una profundidad de 0-30 cm en la finca 4 (16,7 mg/kg de suelo) y finca 3 (12,9 mg/kg de suelo) se encuentran por debajo a lo expresado por Enrique Arévalo et al. 2016⁴⁷ quienes realizaron una investigación con el objetivo de determinar los metales pesados en diferentes regiones de plantaciones de cacao en Perú, alcanzando un valor de 21,81 mg/kg de suelo en la región sur. Estos resultados coinciden con los resultados obtenido por Jimmy Rosales et al. 2021⁴⁸ quienes identificaron los metales pesados en zonas de cultivos de cacao y establecieron un promedio de 19,44 mg/kg de Cd en suelo agrícola en la zona de Sapito-Junín en Perú. Así mismo, este análisis subraya que las áreas investigadas no presentan un riesgo significativo para la salud de las personas.

Arsénico

Tabla 8. Resultados del contraste de hipótesis realizado con el ANOVA de un factor intergrupos en función del contenido de As en cada profundidad del perfil de suelo en las fincas de plantaciones de cacao.

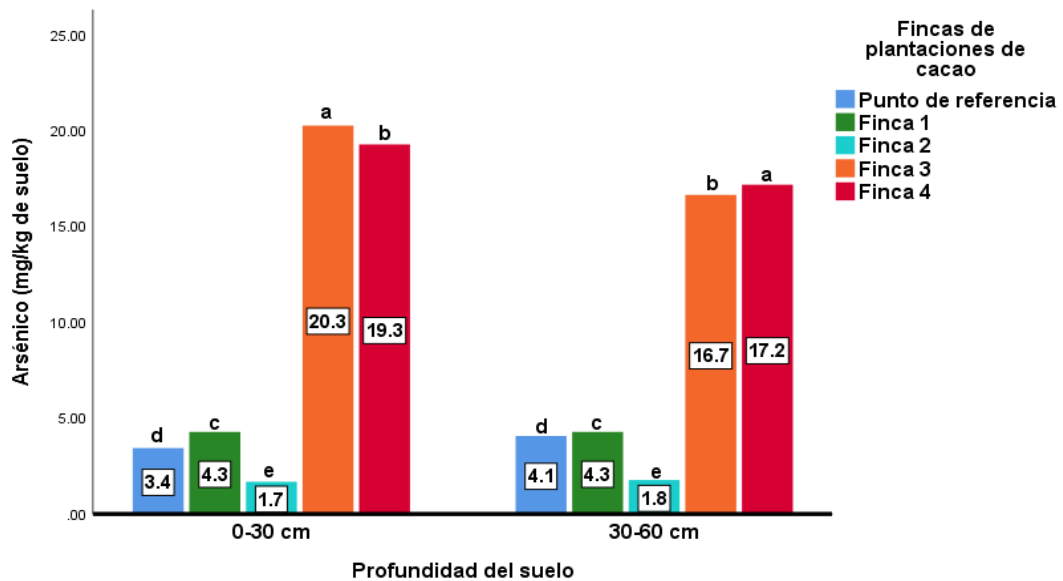
Profundidad del suelo	Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrados medios	F	p-valor
0-30 cm	Entre grupos	672,062	4	168,015	97683,4	0,000
	Dentro de grupos	0,009	5	0,002		
	Total	672,071	9			
30-60 cm	Entre grupos	447,816	4	111,954	63973,7	0,000
	Dentro de grupos	0,009	5	0,002		
	Total	447,825	9			

Nota: gl=grados de libertad. F=estadístico calculado.

Fuente: Los autores.

En la profundidad del perfil de suelo de 0-30 cm se alcanzó el mayor contenido de As en la finca 3 (20,3 mg/kg de suelo), diferente estadísticamente al alcanzado en finca 4 (19,3 mg/kg de suelo), finca 1 (4,3 mg/kg de suelo), punto de referencia (3,4 mg/kg de suelo), y finca 2 (1,7 mg/kg de suelo). A los 30-60 cm de profundidad se registró el valor máximo de As en la finca 4 (17,2 mg/kg de suelo), diferente estadísticamente al obtenido en finca 3 (16,7 mg/kg de suelo), finca 1 (4,3 mg/kg de suelo), punto de referencia (4,1 mg/kg de suelo) y finca 2 (1,8 mg/kg de suelo). Los resultados alcanzados en las fincas 3 y 4 pueden estar atribuidos a la influencia de la actividad minera, manejo convencional de los sistemas de producción con el uso excesivo de productos químicos (Figura 10).

Figura 10. Efecto de las fincas con plantaciones de cacao en las concentraciones de arsénico (mg/kg de suelo) en áreas productivas del cantón Santa Rosa.



Fuente: Los autores.

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre las fincas con plantaciones de cacao (Según prueba de Duncan).

Las concentraciones de As en las fincas de plantaciones de cacao presentan que en las finca 1, finca 2 y punto de referencia en profundidades de 0-30 cm y 30-60 cm se ubican por debajo de los límites máximos permisibles; sin embargo, a una profundidad de 0-30 cm en la finca 3 se registró un valor (20,3 mg/kg de suelo) y en la finca 4 (19,3 mg/kg de suelo); además, a una profundidad de 30-60 cm la finca 3 (16,7 mg/kg de suelo) y finca 4 (17,2 mg/kg de suelo) se encuentran por encima de los límites máximos permisibles según la normativa ecuatoriana, así mismo lo respalda Ostz Albán (2023)⁴⁹ quien determinó el contenido de metales pesados en los suelos de plantaciones de cacao en el sector San Jacinto provincia de los Ríos Ecuador el cual estableció un promedio de 13,80 mg/kg de As en el suelo, lo que indica una contaminación de este metal en el cultivo. Del mismo modo lo expresan Lourdes Chambi et al (2012)⁵⁰ quienes como evaluaron la presencia de metales pesados en suelos agrícola y señalaron que el uso de aguas contaminadas por la actividad minera es una de las causas de la contaminación del suelo con este metal.

Mercurio

Las concentraciones de Hg en las cuatro fincas con las plantaciones de cacao y en el punto de referencia a profundidades de 0-30 cm y 30-60 cm, se encuentran por debajo

de los límites máximos permisibles según la normativa ecuatoriana, de igual manera lo expresado por Carolina Ramos (2022)¹³ quien como objetivo de estudio evaluó la sostenibilidad de cultivo de cacao reporto que los valores de las concentraciones de Hg son las más baja siendo de (< 0,00 mg/kg de suelo) en las muestras de suelos; de igual manera Soto et al (2020)⁴ quien como objetivo de estudio analizo las concentraciones de varios metales en suelos y productos agrícolas dando como valor (<0,01 mg/kg de suelo) se encontraron valores que no sobrepasan los límites máximos permisibles.

Esto indica que los niveles del Hg están controlados y no representan un riesgo significativo para la salud humana ni para el ecosistema.

3.2 pH del suelo a dos profundidades del perfil en fincas con plantaciones de cacao

Los resultados del pH del suelo muestran que en la Finca cacaotera 2 se obtuvieron los valores más bajos en 0-30 cm y 30-60 cm de profundidad en el perfil, y se clasifica según AGROCALIDAD como un suelo ácido, condición que afecta la solubilidad de los nutrientes en el suelo y el crecimiento vegetal. En el resto de las fincas evaluadas el pH del suelo en ambas profundidades se encuentra en valores aceptables (ligeramente ácido) (Tabla 9).

Tabla 9. Valores de pH del suelo a 0-30 cm y 30-60 cm en las fincas con plantaciones de cacao objeto de estudio.

Profundidad	Fincas con plantaciones de cacao	pH	Categoría
30 cm	Punto de referencia (sin cacao)	7,30	Prácticamente neutro
60 cm		8,15	Alcalino
30 cm	Finca 1	6,09	Ligeramente ácido
60 cm		6,16	Ligeramente ácido
30 cm	Finca 2	5,23	Ácido
60 cm		5,13	Ácido
30 cm	Finca 3	6,39	Ligeramente ácido
60 cm		6,18	Ligeramente ácido
30 cm	Finca 4	6,36	Ligeramente ácido
60 cm		6,13	Ligeramente ácido

Fuente: Los autores.

Los valores de pH de suelo analizados en las plantaciones de cacao finca 1, finca 3 y finca 4 se encuentran en un rango de 6,09 a 6,39 en las profundidades de 0 -30 cm y 30- 60 cm, lo que indica que son ligeramente ácidos y óptimos para la producción de cacao, mientras en la finca 2, se observan valores ácidos en ambas profundidades

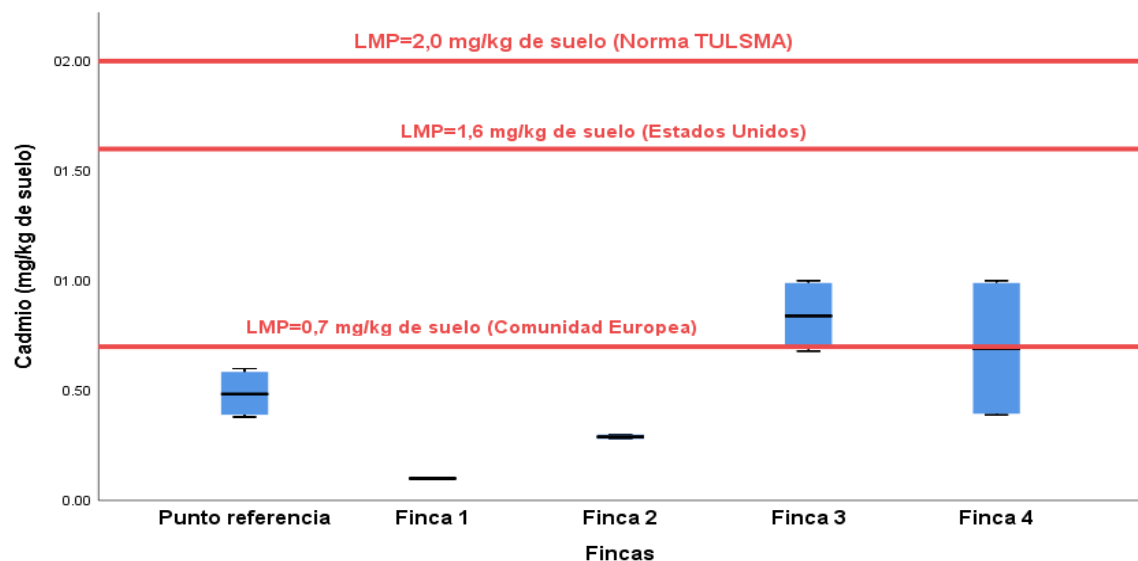
oscilando entre 5,13 y 5,23. Esta observación coincide con lo expresado por Mario Guevara (2021)⁵¹, quien al analizar la incidencia del suelo para la bioacumulación del Cd en el cacao en el cantón Santa Clara, provincia de Pastaza obtuvo valores de 5,10 y 5,22 en el pH del suelo de cacao, sugiriendo que son ácidos por lo que se debe tener en cuenta que valores de pH inferiores a <5 no son adecuados para los cultivos.

3.3 Comparación de las concentraciones de metales pesados con la norma nacional e internacional

Cadmio

Las concentraciones de cadmio en todas las fincas con plantaciones de cacao incluidas en este estudio se encuentran por debajo del LMP establecido por la norma ecuatoriana TULSMA (2,0 mg/kg de suelo) y el estándar establecido en los Estados Unidos de América (1,6 mg/kg de suelo), sin embargo, superan el valor establecido por la normativa de la Comunidad Europea (0,7 mg/kg de suelo), lo que indica una mayor exigencia en cuanto al nivel que se considera perjudicial para el entorno y salud de las personas. En el caso específico de las fincas con plantaciones de cacao, tanto la finca 3 como la finca 4 muestran los valores más elevados, aproximadamente 1 mg/kg de suelo, esta situación es motivo de preocupación, ya que existe la posibilidad de que estos valores sigan aumentando si se mantiene el mismo enfoque en el manejo del sistema productivo y explotación minera (Figura 11).

Figura 11. Efecto de las fincas con plantaciones de cacao en las concentraciones de cadmio (mg/kg de suelo) en áreas productivas del cantón Santa Rosa.



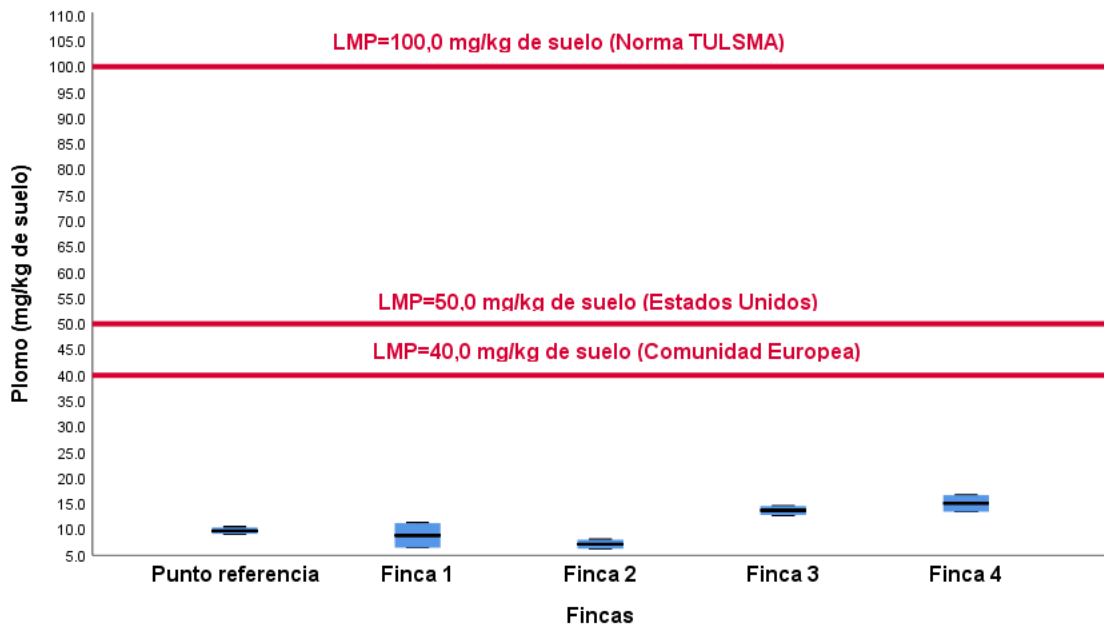
Fuente: Los autores.

Las concentraciones del Cd en las cuatro fincas y el punto de referencia según los LMP de la norma TULSMA (2,0 mg/kg de suelo) y la norma de Estados Unidos de América (1,6 mg/kg de suelo) no sobrepasan los límites, sin embargo, supera el valor establecido por la norma de la Comunidad Europea (0,7 mg/kg de suelo), de igual manera lo expresa Al Saad Mohammed et al (2018)³⁵ quien como objetivo de estudio analizó las concentraciones de Cd en suelos dando como valor (0,422-0,553 mg/kg de suelo) se encontraron valores que no sobrepasan los límites máximos permisibles, de igual manera lo expresado por Jorge Muñoz (2017)⁵² quien como objetivo de estudio analizó las concentraciones Cd en suelo agrícolas dando como valor (0,5 mg/kg de suelo) lo cual indica que no sobrepasó los límites máximos permisibles. Según la norma de la Comunidad Europea se puede que existe mayor exigencia en relación a valor que se considera dañino para el entorno y las personas.

Plomo

Las concentraciones de plomo en las fincas con plantaciones de cacao incluidas en el presente estudio se encuentran por debajo del LMP establecido por la norma ecuatoriana TULSMA (100 mg/kg de suelo), la norma establecida en Estados Unidos de América (50,0 mg/kg de suelo) y la Comunidad Europea (40,0 mg/kg de suelo). En relación con las fincas con plantaciones de cacao la 3 y la 4 muestran los mayores valores, cercanos a 15 mg/kg de suelo, lo cual, es una alerta debido a que puede continuar incrementándose sus valores de continuar el mismo manejo del sistema productivo y la explotación minera (Figura 12).

Figura 12. Efecto de las fincas con plantaciones de cacao en las concentraciones de plomo (mg/kg de suelo) en áreas productivas del cantón Santa Rosa.



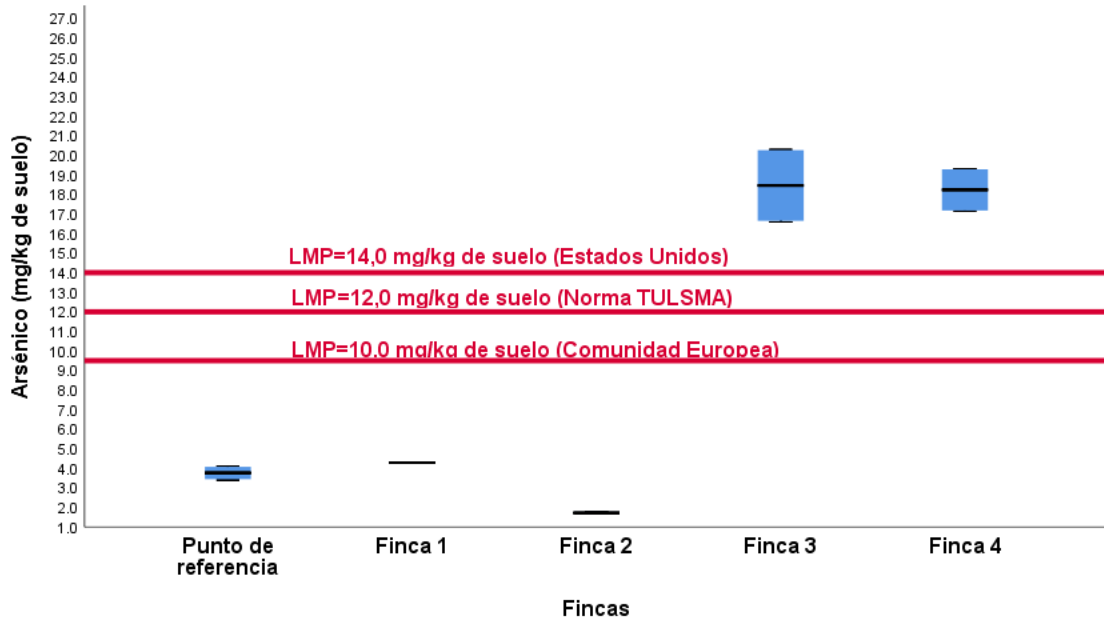
Fuente: Los autores.

Las concentraciones de Pb en las cuatro fincas y en el punto de referencia se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles según TULSMA (100 mg/kg de suelo), Normativa de Estados Unidos de América (50 mg/kg de suelo) y la Normativa de la Comunidad Europea (40 mg/kg de suelo), del mismo modo José López et al (2018)⁵³ quienes como objetivo de estudio determinaron la concentración de Cd y Pb en suelos, hojas y almendras en el jardín Interclonal Perú, encontrando en el suelo valores de Pb de un promedio de 10 mg/kg demostrando que sus valores están por debajo de los límites máximos permisibles de normativa europea, lo cual señalan que este metal no se considera dañino para el cultivo y para las personas.

Arsénico

Las concentraciones de As en las fincas con plantaciones de cacao 1, 2 y punto de referencia se encuentran por debajo del LMP establecido por la norma ecuatoriana TULSMA (12 mg/kg de suelo), la norma establecida en Estados Unidos de América (14,0 mg/kg de suelo) y la Comunidad Europea (10,0 mg/kg de suelo). En relación con las fincas con plantaciones de cacao la 3 y la 4 muestran valores superiores a los permitido por las tres normativas, lo cual, constituye un problema que debe tomar en cuenta y aplicar un plan de acción encaminado a atenuar o mitigar el efecto dañino de este metal pesado (Figura 13).

Figura 13. Efecto de las fincas con plantaciones de cacao en las concentraciones de arsénico (mg/kg de suelo) en áreas productivas del cantón Santa Rosa.



Fuente: Los autores.

Las concentraciones del As en las fincas 1, 2 y el punto de referencia según los LMP de la norma TULSMA (12 mg/kg de suelo), la norma de Estados Unidos de América (14 mg/kg de suelo) y la norma de la Comunidad Europea (10 mg/kg de suelo) no sobrepasan los límites, sin embargo, en la finca 3 y finca 4 superan los LMP valor establecido por la norma TULSMA (12 mg/kg de suelo), la norma de Estados Unidos de América (14 mg/kg de suelo) y la norma de la Comunidad Europea (10 mg/kg de suelo). De igual manera lo expreso el estudio realizado por Lourdes Chambi et al (2012)⁵⁰ quien como objetivo de estudio analizó las concentraciones As en suelo agrícola encontrando un valor de (55 mg/kg de suelo) lo cual indica que supera los límites máximos permisibles de las normas internacionales de la Comunidad Europea ; por otra lo reportado por Yancarlos Farelo (2021)⁵⁴ quien realizó el estudio de la determinación de metales pesados entre ellos el As en suelos agrícolas encontró un valor (9,801 mg/kg de suelo) por lo que este valor no sobrepasa los límites máximos permisibles de las normas internacionales. De acuerdo con la regulación TULSMA y la normativa de la Comunidad Europea, se ha detectado que en las fincas se ha excedido el límite máximo permitido de metales pesados, como el As. Esta situación puede ser resultado de procesos industriales, como la fundición de minerales metálicos, así como del uso frecuente de pesticidas en las plantaciones de cacao. Esto genera una gran

preocupación debido a los posibles efectos adversos que puede tener en la salud humana y animal, así como en la calidad del agua y los cultivos.

Mercurio

Las concentraciones del Hg en las cuatro fincas y el punto de referencia según los LMP de la norma TULSMA (0,8 mg/kg de suelo), la norma de Estados Unidos de América (0,5 mg/kg de suelo) y la norma de la Comunidad Europea (0,3 mg/kg de suelo) no sobrepasa los valores de los LMP, al igual que Alejandra Bueno et al (2018)⁵⁵ quien como objetivo de estudio analizó las concentraciones de Hg en suelos dando como valor (0,09; 0,04 y 0,02 mg/kg de suelo) lo cual indica que no sobrepasa los LMP, de igual manera lo expresado por Víctor Arostegui (2017)⁵⁶ quien como objetivo de estudio analizó las concentraciones Hg en suelo agrícolas dando valores inferiores a 0,10 mg/kg de suelo, indicando que los valores de los metales pesados no sobrepasan los LMP los cuales no tendrán consecuencias negativas para la salud del ser humano y el ecosistema.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos de las concentraciones de Cd en la finca 1, finca 2 y punto de referencia son bajos, lo que indica una menor presencia de contaminantes. Sin embargo, la finca 3 y finca 4 presentan concentraciones de Cd cercanas a 1 mg/kg de suelo, lo que indica la necesidad de tomar precauciones adicionales en relación con los desechos de la minería en el río y el uso de pesticidas. Estas fincas pueden requerir medidas de mitigación para evitar la contaminación del suelo y proteger la salud humana y el medio ambiente.

Los valores de las concentraciones del Pb y Hg en la finca 1, 2, 3, 4 y punto de referencia no presentan valores altos y, por lo tanto, no representan un riesgo significativo. Estos resultados son alentadores, ya que indican que los niveles de contaminación por Pb y Hg en el suelo de estas áreas están dentro de los límites aceptables. Sin embargo, es importante seguir monitoreando regularmente estos niveles para garantizar la salud y seguridad del medio ambiente.

Los valores de las concentraciones del As en las fincas 1, 2 y punto de referencia son bajas y no plantean una preocupación inmediata. Sin embargo, la finca 3 a una profundidad de 0-30cm se encontró una concentración elevada de As (20,3 mg/kg de suelo) y a una profundidad de 30-60cm se encontró un valor de (16,7 mg/kg de suelo); del mismo modo en la finca 4 a una profundidad de 0-30 cm, se encontró una concentración elevada de As en el suelo (19,3 mg/kg de suelo) y a una profundidad de 30-60 cm se encontró una concentración de (17,2 mg/kg de suelo). Estos hallazgos indican la necesidad de una mayor atención y precaución en las fincas 3 y 4, ya que la presencia de niveles elevados de As en el suelo puede tener consecuencias negativas para la salud humana y el medio ambiente, se debe llevar a cabo una evaluación detallada de las prácticas agrícolas y ambientales en estas fincas para identificar las fuentes y tomar medidas adecuadas para mitigar los riesgos asociados con la contaminación.

Los resultados de las mediciones de pH en las fincas 1, 3, 4 y el punto de referencia indican que el suelo en estas áreas es adecuado para las plantaciones de cacao, ya que los valores de pH oscilan entre (6,09 y 7,30) se encuentran dentro de los rangos óptimos. Sin embargo, es importante destacar que en la finca 2 se encontraron valores de pH de 5,23 a una profundidad de 0-30cm y 5,13 a una profundidad de 30-60 cm, indicando que el suelo es ácido. Esta acidez puede afectar negativamente el crecimiento vegetal de la

plantación de cacao y el desarrollo de microorganismos, ya que contrarresta la solubilidad de los nutrientes en el suelo. Por lo tanto, se recomienda tomar medidas para corregir el pH del suelo en la finca 2, como la aplicación de enmiendas alcalinas, a fin de favorecer un ambiente óptimo para el cultivo de cacao y promover un adecuado desarrollo de las plantas y microorganismos beneficiosos en el suelo.

Los resultados de la concentración del Cd en las cuatro fincas y en el punto de referencia sobrepasaron los límites máximos permisibles para la normativa de las Comunidades Europeas, la cual se considera la más estricta en cuanto a las concentraciones de metales pesados, la presencia de Cd en el suelo puede afectar el crecimiento de las plantas de cacao ya que este metal reduce la fotosíntesis y puede causar la muerte de las raíces. Por otro lado, tanto la normativa TULSMA como la de Estados Unidos indican que las fincas y el punto de referencia están por debajo de los LMP, lo que sugiere que el Cd no causaría daño a los suelos de las plantaciones de cacao.

Las concentraciones de As en los suelos de plantaciones de cacao en la finca 3 presento valores de (20.3 mg/kg de suelo) a una profundidad de 0-30 cm, y en la profundidad de 30-60 cm (16.7 mg/kg de suelo) y finca 4 a una profundidad de 0-30 cm (19.3 mg/kg de suelo) y en la profundidad de 30-60cm (17.2 mg/kg de suelo) estos valores sobrepasaron los límites máximos permisibles para la norma ecuatoriana, Estados Unidos y Comunidad Europea teniendo en cuenta que en estas fincas ya presentan un grado de contaminación en el suelo de plantaciones de cacao en bases a investigaciones y observaciones in situ, una de las posibles causas puede ser por el uso de las aguas contaminadas por la actividad minera que se está desarrollando actualmente, también por el uso excesivo de fertilizantes y pesticidas.

4.2 Recomendaciones

- Es recomendable realizar análisis regulares del suelo para detectar la presencia de metales pesados y tomar acciones preventivas si es necesario. Esto permitirá identificar la contaminación temprana y evitar su propagación.
- Adoptar prácticas agrícolas que minimicen el uso de pesticidas y fertilizantes químicos. Estas prácticas ayudan a mantener la calidad del suelo y reducir la acumulación de metales pesados.
- La calidad del agua utilizada para el riego también puede afectar la acumulación de metales pesados en el suelo. Por lo tanto, es importante monitorear y controlar la calidad del agua utilizada en actividades agrícolas.
- Cumplir con las regulaciones ambientales existentes en relación con la gestión de residuos y la prevención de la contaminación del suelo. Esto incluye el adecuado manejo de productos químicos y el cumplimiento de los límites de descarga establecidos.
- Educar a los agricultores, comunidades sobre los riesgos de la contaminación por metales pesados en el suelo y las medidas preventivas necesarias, esto incluye optar por prácticas responsables de los productos químicos y el cumplimiento de los límites de descargas establecidos.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) Fernandez Ochoa, B.; Mullisaca Contreras, E.; Huanchi Mamani, L. Nivel de Contaminación del suelo con Arsénico y metales pesados en Tiquillaca (Perú). *Rev. Investig. Altoandinas - J. High Andean Res.* **2022**, Vol 24 (2), Pags 131–138. <https://doi.org/10.18271/ria.2022.416>.
- (2) Tang, B.; Tong, P.; Xue, K. S.; Williams, P. L.; Wang, J. S.; Tang, L. High-Throughput Assessment of Toxic Effects of Metal Mixtures of Cadmium(Cd), Lead(Pb), and Manganese(Mn) in Nematode *Caenorhabditis Elegans*. **2019**. Vol 234, Pags 232–241. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.05.271>.
- (3) Vilela Pincay, W.; Espinosa Encarnación M.; Bravo González, A. La Contaminación ambiental ocasionada por la minería en la Provincia de el Oro. *Estud. la Gestión. Rev. Int. Adm.* **2020**, Vol 8 (8), Pags 215–233. <https://doi.org/10.32719/25506641.2020.8.8>.
- (4) Soto Benavente, M.; Rodriguez Achata, L.; Olivera, M.; Sanchez, V. A.; Nano, C. C.; Quispe, J. G. Riesgo para la salud por metales pesados en productos agrícolas cultivados en áreas abandonadas por la minería aurífera en la Amazonía Peruana *Sci. Agropecu.* **2020**, Vol 11 (1), Pags 49–59. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.01.06>.
- (5) Arias Miranda, K.; Arévalo Castro, O.; Mero Valarezo, M. Cuantificación de Cadmio en suelos de cultivo de cacao en el Cantón Arenillas, Provincia de El Oro, Ecuador. *Rev. Cient. Cien. Nat. y Ambien.* **2022**, Vol 16 (1), Pags 303–315. <https://doi.org/10.53591/cna.v16i1.1596>.
- (6) Andrade Linarez, K.; Castillo Coaquira, I.; Quispe Riquelme, R. Determinación de metales pesados en suelos agrícolas y suelos para cultivo de *Solanum Tuberosum* de la bahía interior de Puno. *Investig. Desarro.* **2020**, Vol 20 (1), Pags 147–153. <https://doi.org/10.23881/idupbo.020.1-11i>.
- (7) Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente. TULSMA. Libro VI Anexo 2. Norma de Calidad Ambiental Del Recurso Suelo y Criterios de Remediación Para Suelos Contaminados. **2018**. <https://chavezsolutions.com/libro-vi-del-tulsma/>.
- (8) Fajardo, C.; Costa, G.; Nande, M.; Botías, P.; García-Cantalejo, J.; Martín, M. Pb,

- Cd, and Zn Soil Contamination: Monitoring Functional and Structural Impacts on the Microbiome. *Appl. Soil Ecol.* **2019**, *135*, Pags 56–64. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2018.10.022>.
- (9) Mahecha Pulido, J. D.; Trujillo González, J. M.; Torres Mora, M. A. Análisis de estudios en metales pesados en zonas agrícolas de Colombia. **2017**, Vol 21 (1), Pags 83–93. <https://doi.org/10.22579/20112629.434>
- (10) Elango, D.; Devi, K. D.; Jeyabalakrishnan, H. K.; Rajendran, K.; Thoomatti Haridass, V. K.; Dharmaraj, D.; Charuchandran, C. V.; Wang, W.; Fakude, M.; Mishra, R.; Vembu, K.; Wang, X. Agronomic, Breeding, and Biotechnological Interventions to Mitigate Heavy Metal Toxicity Problems in Agriculture. *J. Agric. Food Res.* **2022**, Vol 10, 100374. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100374>.
- (11) Castillo, B.; Ruiz, J.; Manrique, M.; Pozo, C. Contaminación por plaguicidas agrícolas en los campos de cultivos en Cañete (Perú) Contamination by Agricultural Pesticides in Crop Fields in Cañete. *Rev. Espac.* **2020**, Vol 41 (10), Pag 11. <https://www.revistaespacios.com/a20v41n10/a20v41n10p11.pdf>.
- (12) Rocha Román, L.; Olivero Verbel, J.; Caballero Gallardo, K. R. Impacto de la minería del Oro asociado con la contaminación por Mercurio en suelo superficial de San Martín de Loba, Sur de Bolívar (Colombia). *Rev. Int. Contam. Ambien.* **2018**, Vol 34 (1), Pags 93–102. <https://doi.org/10.20937/RICA.2018.34.01.08>.
- (13) Ramos Mejia, C. Sostenibilidad Del Cultivo de Cacao (Theobroma Cacao) En El Distrito Minero de Ponce Enríquez. Trabajo de Maestría, Universidad Andina Simón Bolívar **2022**. <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/8953/1/T3904-MCCSD-Ramos-Sustentabilidad.pdf>.
- (14) Capa Sarango, D; Valdivieso Palma, A; “ Categorización y gestión del riesgo asociado a la presencia de metales pesados producto de las actividades extractivas en el Cantón Santa Rosa , El Oro ” Trabajo de Titulación, Escuela Superior Politécnica del Litoral **2021**. <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/52306/1/T-70607%20CAPA%20-%20VALDIVIESO.pdf>.
- (15) Bravo Ramón, P. Madrid Celi. J. Sobrevivencia del Nematodo C. Elgans expuesto al agua del Rio Calera afectado por la actividad minera en el Cantón Portovelo.

- Trabajo de Titulación, Universidad Técnica de Machala *Repos.* **2020**, Pags 67.
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/16286>.
- (16) Reategui Barboza, L.; Reátegui Morales, C. “ Capacidad de absorción del Helianthus contaminados con Cadmio”. Tesis de Titulación, Universidad Nacional del Callao **2018**, Pags 1–160.
http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/3341/Reategui%20y%20Reategui_tesis_2018.pdf?sequence=4.
- (17) Haider, F. U.; Liqun, C.; Coulter, J. A.; Cheema, S. A.; Wu, J.; Zhang, R.; Wenjun, M.; Farooq, M. Cadmium Toxicity in Plants: Impacts and Remediation Strategies. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* **2021**, Vol 211, 111887.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111887>.
- (18) Huaraca Fernandez, J. N.; Pérez Sosa, L.; Bustinza Cabala, L. S.; Pampa Quispe, N. B. Enmiendas orgánicas en la inmovilización de cadmio en suelos agrícolas contaminados: una revisión. *Inf. Tecnol.* **2020**, Vol 31 (4), Pags 139–152.
<https://doi.org/10.4067/S0718-07642020000400139>.
- (19) Henríquez Caurapan, B. A. Transferencia suelo planta de Cadmio en hortalizas cultivadas en un Andisol, Tesis de Magister, Universidad Austral de Chile, **2018**.
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2018/fah519t/doc/fah519t.pdf>.
- (20) Pilco Yungan, J. C.; García Asencio, D. E. Determinación de Cadmio en suelos agrícolas del Cantón Pallatanga, Provincia de Chimborazo, Ecuador. *Rev. Cient Cien Nat. Ambient.* **2021**, Vol 14 (1), Pags 151–172.
<https://doi.org/10.53591/cna.v14i1.1288>.
- (21) Bravo Medina, C. A.; Alemán Pérez, R. D.; Freile Almeida, J. A.; Reyes Morán, H. F.; Andino Inmunda, M. W.; Alba Rojas, J. L.; Lazo Pérez, Y.; Marino Ibarra, E. Evaluación del uso de un Biocarbono sobre la absorción de Cadmio del suelo y la productividad del cultivo de Cacao (*Theobroma Cacao* L.) en la Amazonía Ecuatoriana. *Rev.Iberoam.Ambien.Sust.* **2019**, Vol 2 (1), Pags 6–15.
<https://doi.org/10.46380/rias.v2i1.33>.
- (22) Reyes Hinojosa, D.; Lozada Pérez, C. A.; Zamudio Cuevas, Y.; López Reyes, A.; Martínez Nava, G.; Fernández Torres, J.; Olivos Meza, A.; Landa Solis, C.; Gutiérrez Ruiz, M. C.; Rojas del Castillo, E.; Martínez-Flores, K. Toxicity of Cadmium in Musculoskeletal Diseases. *Environ. Toxicol. Pharmacol.* **2019**, Vol

72, 103219. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2019.103219>.

- (23) Morocho Matute, J.; Puente Rocano, B. Determinación de la concentración de Cadmio en suelo urbano y vegetación de cuenca por espectrometría ICP y cálculo del riesgo de exposición a la población. Trabajo de Titulación, Universidad Politécnica Salesiana **2019**, Pags 124. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18150>.
- (24) Lalangui López, K.; Lema Chóez, E.; García Larreta, F.; Mariscal Santi, W.; Mariscal Garcia, R. Determinación de mercurio en atún enlatado por espectrofotometría de absorción atómica. *Rev. Cient. Dom.Cien.* **2017**, Vol 3 (4), Pags 1–17. <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/555/pdf>.
- (25) Seelen, E. A.; Chen, C. Y.; Balcom, P. H.; Buckman, K. L.; Taylor, V. F.; Mason, R. P. Historic Contamination Alters Mercury Sources and Cycling in Temperate Estuaries Relative to Uncontaminated Sites. *Water Res.* **2021**, 190, 116684. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116684>.
- (26) Liu, Y.; Wang, J.; Guo, J.; Wang, L.; Wu, Q. Vertical Distribution Characteristics of Soil Mercury and Its Formation Mechanism in Permafrost Regions: A Case Study of the Qinghai-Tibetan Plateau. *J. Environ. Sci.* **2022**, Vol 113, Pags 311–321. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2021.06.016>.
- (27) Zhou, Y.; Aamir, M.; Liu, K.; Yang, F.; Liu, W. Status of Mercury Accumulation in Agricultural Soil across China: Spatial Distribution, Temporal Trend, Influencing Factor and Risk Assessment. *Environ. Pollut.* **2018**, Vol 240, Pags 116–124. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.03.086>.
- (28) Uriña Coello, V. Análisis De Metales Pesados, Cadmio Y Plomo, en el suelo de cultivo de Banano (Musa × Paradisiaca), en la Hacienda “Chaparral”, Cantón Balzar. Trabajo de Titulación, Universidad Agraria del Ecuador **2022**. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/URI%C3%91A%20COELLO%20VICTOR%20ARIEL.pdf>.
- (29) Sarmiento Sarmiento, G.; Febres Flores, S. Lead Recovery in Artificially Contaminated Agricultural Soil as a Remediation Strategy Using Sunflower and Vermicompost. *Rev. Chapingo, Ser. Hortíc.* **2021**, Vol 27 (3), Pags199–212. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2021.04.007>.

- (30) Tello, M. Determinación de Las Concentraciones de Plomo y Cadmio en suelos de sectores aledaños al parque Industrial de la ciudad de Cuenca. *Recimundo* **2018**, Vol 2, Pags 560–577. <https://doi.org/10.26820/recimundo/2.esp.2018.560-577>.
- (31) Díaz Arenas, J. F.; Silva Jiménez, K. J. Identificación de niveles de toxicidad de metales pesados en el suelo y los potenciales peligros a la Salud Humana. *Dinám Ambien.* **2018**, Vol 2 (2), Pags 70–80. <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/ambiental/article/view/5798/5387>.
- (32) Warke, M.; English, M.; De Marchi, L.; Sarkar, R. D.; Kannan, S.; Datta, R.; Rao, S. In-Vitro Cell Culture Model to Determine Toxic Effects of Soil Arsenic Due to Direct Dermal Exposure. *Environ. Technol. Innov.* **2022**, Vol 28, 102949. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102949>.
- (33) Liao, X.; Li, Y.; Miranda Avilés, R.; Zha, X.; Hernandez Anguiano, J. H.; Moncada Sánchez, C. D.; Puy Alquiza, M. J.; Piña González, V.; Rueda Garzon, L. F. In Situ Remediation and Ex Situ Treatment Practices of Arsenic-Contaminated Soil: An Overview on Recent Advances. *J. Hazard. Mater. Adv.* **2022**, Vol 8, 100157. <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2022.100157>.
- (34) Abd Elgawad, H.; Schoenaers, S.; Zinta, G.; Hassan, Y. M.; Abdel Mawgoud, M.; Alkhalifah, D. H. M.; Hozzein, W. N.; Asard, H.; Abuelsoud, W. Soil Arsenic Toxicity Differentially Impacts C3 (Barley) and C4 (Maize) Crops under Future Climate Atmospheric CO₂. *J. Hazard. Mater.* **2021**, 414. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125331>.
- (35) Ali Mohammed, A.S. Moniem Ahmed, H. A.; Azim Emara, H. A.; Naeem Janjua, M; Alhafez, N. Estimation and Bio Availability of Toxic Metals between Soils and Plants. *Pol. J. Environ. Stud.* **2019**, Vol 28 (1), Pags 15–24. <https://doi.org/10.15244/pjoes/81690>.
- (36) Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. Los criterios y estándares para declarar un suelo contaminado en Andalucía y la metodología y técnicas de toma de muestras y análisis para su investigación. **1999**. <https://www.ugr.es/~fjmartin/INFORMES/Criterios%20y%20estandares.pdf>.
- (37) Pérez López, E.; Barrantes Murillo, C. Evaluación de Tres Métodos Para La Recuperación de Metales Pesados En Fertilizantes. *UNED Res. J.* **2017**, Vol 9

- (2), Pags 257–265. <https://doi.org/10.22458/urj.v9i2.1666>.
- (38) Hidalgo Porras, J. M. Cuantificación de V, Ni, Zn y Fe en asfalto por Espectroscopia de Absorción Atómica. *Mét y Mat.* **2018**, Vol 7, Pags 20–28. <https://doi.org/10.15517/mym.v7i1.30322>.
- (39) Cuba Fuentes, J. Determinación de Pb⁺² Por Espectroscopía de Absorción Atómica (AAS) En Solanum Tuberosum L. (Papa) Cosechadas y Comercializadas En Yura, 2016 Al 2018. Trabajo de Titulación, Universidad Privada Autónoma del Sur **2018**, <https://fddocuments.ec/document/determinacin-de-pb-por-espectroscopa-de-absorcin.html?page=1104>.
- (40) Ibáñez, W. X.; Arcos, J. P.; Narvaez, J. M. Técnicas Espectroscópicas Utilizadas Para Determinar La Calidad Del Agua. *Rev Pol Con.* **2021**, Vol 6 (9), 2,6-7. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i9.3004>.
<https://www.studocu.com/co/document/universidad-de-cordoba-colombia/quimica/dialnet-tecnicas-espectroscopicas-utilizadas-para-determinar-la-8094582/66269052>.
- (41) Mendoza R; Espinoza A. Guía Técnica Para Muestreo de Suelos. **2017**. Pags 1-56. <https://repositorio.una.edu.ni/3613/1/P33M539.pdf>.
- (42) (FAO), Golsolan. Procedimiento Operativo Estandar Para La Manipulación y Preparación de Muestra de Suelo Para Análisis Químicos y Físicos. **2021**. Pag 19. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/CA8283ES>.
- (43) Adriana, C. *Qué es y cómo medir el pH de la tierra.* **2019**. <https://www.agroptima.com/es/blog/medir-ph-tierra/>.
- (44) Rodríguez Delgado, I; Pérez Iglesias, H; García Batista, R. Degradación del suelo en sistemas agrícolas de la granja Santa Ines, Provincia de El Oro, Ecuador. *Rev. Cient.* **2021**, Pags 8. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2349/2316>.
- (45) Furcal Beriguete, P.; Torres Morales, J. L. Determinación de concentraciones de Cadmio en plantaciones de Theobroma Cacao L. En Costa Rica. *Rev. Tecnol. Marcha* **2020**, Vol 33, Pags 122–137. <https://doi.org/10.18845/tm.v33i1.5027>.
- (46) Yeni Ester Calla Roque. “Evaluación de la concentración de cadmio en el suelo y su relación con los órganos vegetales de cacao (Theobroma Cacao L.) en San Gabán, Carabaya, Puno”. Tesis de Titulación, Universidad Nacional de Juliaca.

- 2021.** <http://repositorio.unaj.edu.pe/handle/UNAJ/189>.
- (47) Arévalo Gardini, E.; Obando Cerpa, M. E.; Zúñiga Cernades, L. B.; Arévalo Hernández, C. O.; Baligar, V.; He, Z. Metales pesados en suelos de plantaciones de cacao (*Theobroma Cacao L.*) en tres regiones del Perú. *Ecol. Apl.* **2016**, Vol 15 (2), Pag 81. <https://doi.org/10.21704/rea.v15i2.747>.
- (48) Rosales Huamani, J. A.; Centeno Rojas, L.; Cajacuri Perez, J. R.; Breña Ore, J.; Chávez Chapana, C. Identificación de Cadmio y Plomo en los cultivos de cacao ubicados en la zona de Satipo - Junín. *Tecnia* **2021**, Vol 21 (2), Pags 83–89. <https://doi.org/10.21754/tecnica.v21i2.1062>.
- (49) Albán Ávila O. G. Determinación de metales pesados en suelos de cultivo y en granos de plantaciones de cacao (*Theobroma Cacao L.*) pertenecientes a la zona litoral Central Del Ecuador. Trabajo de titulación, Universidad Técnica de Ambato **2023**.
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/37932/1/CBT%20021.pdf>.
- (50) Chambi, L.; Orsag, V.; Niura, A. Evaluación de la presencia de metales pesados y Arsénico en suelos agrícolas y cultivos en tres Micro-Cuencas Del Municipio de Poopó. *Rev. Boliv. Quím.* **2012**, Vol 29 (1), Pags 111–119. <http://www.scielo.org.bo/pdf/rbq/v29n1/v29n1a12.pdf>.
- (51) Guevara Uvidia, M. G. Incidencia del suelo para la bioacumulación de cadmio en la almendra de cacao (*TheobromacacaoL.*) de dos variedades Fino de Aroma y CCN51 cultivadas en el Cantón Santa Clara Provincia de Pastaza. Trabajo de Titulación Maestría en Química. Universidad Técnica de Ambato. **2021**. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/33231>.
- (52) Muñoz Bautista, J. Determinación de cadmio en fertilizantes, plantas de *Oryza Sativa L.* y suelos de la Provincia del Guayas: Propuesta de Saneamiento. Trabajo de Titulación. Universidad de Guayaquil. **2017**. Pags 1–72. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/17569>.
- (53) López Ucarieque, A.; Cartagena Cachique, T.; Vásquez Gómez, R. Niveles de concentración de cadmio (Cd) y plomo (Pb) en el suelo, hojas y almendras de ocho clones de Cacao (*Theobroma Cacao L.*) en el jardín interclonal de la Universidad Nacional de Ucayali. *Inst. Investig. Cienc.* **2018**. Pags 1–13. http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3928/UNU_AGRONOMIA_2

016_AC_TEOFILOCARTAGENA_ANTONIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

- (54) Falero Alvarado, Y. Determinación de metales pesados arsénico, cadmio, mercurio y plomo en banano orgánico producido en el Distrito de Buenos Aires, Valle Alto Piura - Morropon, Piura 2020. Trabajo de Titulación. Universidad Nacional de Piura. **2021**. Pags 1–53. <https://core.ac.uk/download/pdf/479881258.pdf>.
- (55) Bueno Penagos, A.; Villegas Peña, J.; Meza Sepúlveda, D. Evaluación de la presencia de metales pesados (Cd , Pb , Ni y Hg) en suelo y material vegetal de la Universidad Tecnológica de Pereira. **2018**, Pags 1–6. <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/b2d348c7-ca2a-46dc-99bf-da9134986326/content>.
- (56) Arostegui Sanchez, V. Determinación de los niveles de concentración de mercurio en suelos y plátano Musa Cultivar AAB, Sub Grupo Platain, En Sarayacu, Punkiri Chico e Iberia - Madre de Dios. Trabajo de Titulación. *Universidad Nacional Amazónica de Madre Dios*. **2017**, Pags 1–142. <https://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14070/248/004-2-3-051.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

ANEXOS

ANEXO A

COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

Anexo A1. Coordenadas de la Finca 1 y Finca 2.

Finca 1		Finca 2	
X	Y	X	Y
623787.691	9612482.376	623206.169	9612592.774
623851.012	9612494.335	623237.651	9612675.081
623915.053	9612514.079	623305.145	9612648.499
623973.4	9612530.291	623346.121	9612716.598
624023.918	9612542.973	623395.523	9612671.108
623980.464	9612489.225	623440.32	9612753.399
623922.099	9612457.44	623489.874	9612836.631
623852.343	9612417.173	623503.071	9612737.235
623784.711	9612369.117	623513.42	9612642.574
623875.07	9612388.123	623600.171	9612814.731
623942.657	9612398.661	623600.069	9612728.601
624015.224	9612409.9	623601.866	9612640.576

Fuente: Los autores.

Anexo A2. Coordenadas de la Finca 3 y Finca 4.

Finca 3		Finca 4	
X	Y	X	Y
621547.779	9616191.238	622055.671	9616746.154
621550.084	9616208.45	621971.458	9616727.099
621554.848	9616230.732	622047.68	9616698.208
621560.226	9616214.443	621945.64	9616676.079
621567.91	9616199.383	621847.289	9616695.134
621571.752	9616218.746	622040.303	9616651.491
621573.135	9616239.031	622130.049	9616643.5
621585.89	9616222.895	622203.049	9616661.326
621590.347	9616207.681	622138.04	9616687.143
621599.26	9616228.581	62212.418	9616717.263
621596.801	9616244.87	622152.178	9616755.989
621614.012	9616219.975	622227.785	9616755.375

Fuente: Los autores.

ANEXO B

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS

Anexo B1. Análisis en la Finca 4 del As, Hg y Pb a 30-60 cm de profundidad.



**ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS
ANAVANLAB CIA. LTDA.**

Matriz: La Primavera 1, Leonardo da Vinci S6-236 y Alberto Dumera, Cambaya.
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@anavallab.com.ec

Su cursal: Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca

Orden No. 51801-51810
Muestra ANAVLab No. 51801
Página 1 de 1

INFORME DE RESULTADOS No. 51801					
1.- DATOS GENERALES					
CLIENTE:	KATHERINE MARGOTH QU EVEDO ALVARADO	TELÉFONO:	097 899 3 289		
DIRECCION:	CIUDADELA FEDERICO PÁEZ	ATENCIÓN A:	ERICK FARFAN		
2.- INFORMACION DE LA MUESTRA		INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	FINCA SALVADOR
TIPO DE MUESTRA:	SUELO	FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	25/07/2023		
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	MS. 60CM UTMACH	RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE		
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	26/07/2023	PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	26/07/2023 al 03/08/2023		
3.- RESULTADOS					
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	+/- % U**
1	Arsénico	AAA-PE-S012/ EPA 7061 A / 7471 B, 3051.	mg/lq	17,2	10,0%
1	Mercurio	AAA-PE-S012/ EPA 7061 A / 7471 B, 3051.	mg/lq	< 0,25	20,0%
1	Pomo	AAA-PE-S011/ EPA 3051/7061 A	mg/lq	13,5	27,9%
AA (Acreditaciones):				NOTAS	
1. El ensayo se entro del alcance de acreditación N° SAE LEM 13-006 realizados en Matriz Quito.		2. En ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.		*Intercalaciones fuera del alcance de acreditación SAE.	
3. El ensayo se entro del alcance de acreditación N° SAE LEM 13-006 realizados en Sucursal Coa.		4. En ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.		**INCERTIDUMBRE (2%): Los valores se han estimado con un 2, nivel de confianza 95,45%.	
(*) En ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.		ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.		Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB AAA-PE-R001 / AAA-PE-S001.	
El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.					
Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.					
4.- OBSERVACIONES			INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR: Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 03/08/2023		

Fuente: Laboratorio ANAVANLAB CIA. LTDA.

Anexo B2. Análisis en la Finca 2 del As, Hg y Pb a 0-30 cm de profundidad.




**ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS
ANAVANLAB CIA. LTDA.**

Matriz: La Primavera I, Leonardo da Vinci 36-236 y Alberto Durero, Cumbaya.
Contactos: 3530852 / 5143303 / servicioalcliente@aanalab.com.ec

Sucursal: Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca

Orden No. 5 1801-5 18 10
Muestra ANAVANLAB No. 51802
Página 1 de 1

INFORME DE RESULTADOS No. 51802					
1.- DATOS GENERALES					
CLIENTE:	KATHERINE MARGOTH QUEVEDO ALVARADO			TELEFONO:	097 899 3289
DIRECCION:	CIUDADELA FEDERICO PÁEZ			ATENCION A:	ERICK FARFAN
2.- INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	FINCA PAUCAR	
TIPO DE MUESTRA:	SUELO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	25 /07 /2023	
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	M2 .30CM UTMACH		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE	
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	26 /07 /2023		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	26 /07 /2023 al 03 /08 /2023	
3.- RESULTADOS					
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	+/- % U**
1	Arsénico	AAA-PE-9012/ EPA 7061 A / 7471 B, 3051.	mg/kg	1,7	20,0%
1	Mercurio	AAA-PE-9012/ EPA 7061 A / 7471 B, 3051.	mg/kg	< 0,25	20,0%
1	Plomo	AAA-PE-9011/ EPA 3051/ 7061 A	mg/kg	8,1	27,9%
AA (Acreditaciones):			NOTAS		
1: Ensayos dentro del alcance de acreditación N° SAE LEN 13-006 realizados en Matriz Quito.		2: Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.		* Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.	
3: Ensayos dentro del alcance de acreditación N° SAE LEN 13-006 realizados en Sucursal Coca.		4: Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.		** INCERTIDUMBRE (U%): Los valores se han estimado con $k=2$, nivel de confianza 95,45%.	
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.		ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.		Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PE-A003 / AAA-PI-S001	
El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.					
Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplica.					
4.- OBSERVACIONES			INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR: Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 03/08/2023		

Fuente: Laboratorio ANAVANLAB CIA. LTDA.

Anexo B3. Análisis en la Finca 4 del As, Hg y Pb a 0-30 cm de profundidad.




**ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS
ANAVANLAB CIA. LTDA.**

Matriz: La Primavera 1, Leonardo da Vinci S6-236 y Alberto Duzera, Cumbaya.
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@anavallab.com.ec

Sucursal: Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca

Orden No. 51801-51810
Muestra ANAVLAB No. 51803
Página 1 de 1

INFORME DE RESULTADOS No. 51803					
1.- DATOS GENERALES					
CLIENTE:	KATHERINE MARGOTH QUEVEDO ALVARADO			TELEFONO:	097 899 3 289
DIRECCION:	CIUDADELA FEDERICO PÁEZ			ATENCION A:	ERICK FARFAN
2.- INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	FINCA SALVADOR	
TIPO DE MUESTRA:	SUJEO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	25/07/2023	
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	M5. 30CM UTMACH		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE	
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	26/07/2023		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	26/07/2023 al 03/08/2023	
3.- RESULTADOS					
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	+/- % U**
1	Arsénico	AAA-PE-S012/ EPA 7061 A / 7471 B, 3051.	mg/lg	19,3	10,0%
1	Mercurio	AAA-PE-S012/ EPA 7061 A / 7471 B, 3051.	mg/lg	< 0,25	20,0%
1	Pbomo	AAA-PE-S011/ EPA 3051/7061 A	mg/lg	16,7	27,9%
AA (Acreditaciones):			NOTAS		
1: Ensayo dentro del alcance de acreditación N° SAE LBN 13-006 realizados en Matriz Quito.		2: Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.		*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.	
3: Ensayo dentro del alcance de acreditación N° SAE LBN 13-006 realizados en Sucursal Coca.		4: Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.		**INCERTIDUMBRE (0%). Los valores se han estimado en nivel 2, nivel de confianza 95,45%.	
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de Acreditación SAE.		ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.		Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB AAA-PE-003 / AAA-PE-001.	
El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra o no se recibió.					
Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.					
4.- OBSERVACIONES			INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR: Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 03/08/2023		

Fuente: Laboratorio ANAVANLAB CIA. LTDA.

Anexo B4. Análisis en la Finca 3 del As, Hg y Pb a 30-60 cm de profundidad




**ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS
ANAVANLAB CIA. LTDA.**

Matriz: La Primavera 1, Leonardo da Vinci 56-236 y Alberto Duseña, Cambaya.
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@anavallab.com.ec

Sucursal: Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca

Orden No. 51801-51810
Muestra ANAVLAB No. 51804
Página 1 de 1

INFORME DE RESULTADOS No. 51804					
1.- DATOS GENERALES					
CLIENTE:	KATHERINE MARGOTH QU EVEDO ALVARADO			TELEFONO:	097 899 3289
DIRECCION:	CIUDADELA FEDERICO PÁEZ			ATENCION A:	ERICK FARFAN
2.- INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	FINCA FLORES	
TIPO DE MUESTRA:	SUELO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	25/07/2023	
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	M3. 60CM UTMACH		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE	
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	26/07/2023		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	26/07/2023 al 03/08/2023	
3.- RESULTADOS					
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	+/- % U**
1	Arsénico	AAA-PE-S012/ EPA 7061 A / 7471 R, 3051.	mg/kg	16,7	10,0%
1	Mercurio	AAA-PE-S012/ EPA 7061 A / 7471 R, 3051.	mg/kg	< 0,25	20,0%
1	Plomo	AAA-PE-S011/ EPA 3051/7061 A	mg/kg	14,6	27,9%
AA (Acreditaciones):			NOTAS		
1: El ensayo se entro del alcance de acreditación N° SAE I EN 13-006 realizados en Matriz Quito.		2: En sayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.		*Intepretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.	
3: El ensayo se entro del alcance de acreditación N° SAE I EN 13-006 realizados en Sucursal Coa.		4: En sayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.		**IMC BRIDGEMORE (5%): Los valores se han estimado en nivel 2, nivel de confianza 95,45%.	
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de Acreditación SAE.		ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.		Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB AAA-PE-0003 / AAA-PE-0001	
El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.					
Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.					
4.- OBSERVACIONES			INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR: Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 03/08/2023		

Fuente: Laboratorio ANAVANLAB CIA. LTDA.

Anexo B5. Análisis en la Finca 1 del As, Hg, Cd y Pb a 0-30 cm de profundidad.




**ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS
ANAVANLAB CIA. LTDA.**

Matriz: La Primavera 1, Leonardo da Vinci 56-236 y Alberto Duseña, Cumbaya.
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@anavallab.com.ec

Su cursal: Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca

Orden No. 51801-51805
Muestra ANAVANLAB No. 51805
Página 1 de 1

INFORME DE RESULTADOS No. 51805					
1.- DATOS GENERALES					
CLIENTE:	KATHERINE MARGOTH QUEVEDO ALVARADO			TELEFONO:	097 899 3289
DIRECCION:	CIUDADELA FEDERICO PÁEZ			ATENCION A:	ERICK FARFAN
2.- INFORMACION DE LA MUESTRA		INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	FINCA PACHECO
TIPO DE MUESTRA:	SUELO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	25/07/2023	
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	M4. 30CM UTMACH		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE	
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	26/07/2023		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	26/07/2023 al 03/08/2023	
3.- RESULTADOS					
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	+/- % U**
1	Arsénico	AAA-PE-S012/ EPA 7061 A / 7471 B, 3051.	mg/kg	4,3	20,0%
1	Cadmio	AAA-PE-S011/ EPA 3051/7061 A	mg/kg	< 0,1	15,9%
1	Mercurio	AAA-PE-S012/ EPA 7061 A / 7471 B, 3051.	mg/kg	< 0,25	20,0%
1	Pomo	AAA-PE-S011/ EPA 3051/7061 A	mg/kg	6,5	27,9%
AA (Acreditaciones):				NOTAS	
1. Ensayo(s) dentro del alcance de acreditación N° SAE LEM 13-006 realizados en Matriz Quito.		2. Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.		*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.	
3. Ensayo(s) dentro del alcance de acreditación N° SAE LEM 13-006 realizados en Sucursal Coa.		4. Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.		**INCERTIDUMBRE (U%): Los valores se han estimado en el 2.º nivel de confianza 95,45%.	
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.		ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.		Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB AAA-P1-003 / AAA-P1-001	
El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra o no se recibió.					
Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.					
4.- OBSERVACIONES			INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR: Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 03/08/2023		

Fuente: Laboratorio ANAVANLAB CIA. LTDA.

Anexo B6. Análisis en la Finca 3 del As, Hg y Pb a 0-30 cm de profundidad.



**ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS
ANAVANLAB CIA. LTDA.**

Matriz: La Primavera 1, Leonardo da Vinci 56-236 y Alberto Durrer, Cumbaya.
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@anavallab.com.ec

Su cursal: Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca

Orden No. 51801-51810
Muestra ANAVLAB No. 51806
Página 1 de 1

INFORME DE RESULTADOS No. 51806					
1.- DATOS GENERALES					
CLIENTE:	KATHERINE MARGOTH QUEVEDO ALVARADO			TELEFONO:	097 899 3289
DIRECCION:	CIUDADELA FEDERICO PÁEZ			ATENCION A:	ERICK FARFAN
2.- INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	FINCA FLORES	
TIPO DE MUESTRA:	SUELO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	25/07/2023	
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	M3. 30CM UTMACH		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE	
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	26/07/2023		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	26/07/2023 al 03/08/2023	
3.- RESULTADOS					
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	+/- % U**
1	Arsénico	AAA-PE-S012/ EPA 7061 A / 7471 R, 3051.	mg/kg	20,3	10,0%
1	Mercurio	AAA-PE-S012/ EPA 7061 A / 7471 R, 3051.	mg/kg	< 0,25	20,0%
1	Pomo	AAA-PE-S011/ EPA 3051/7061 A	mg/kg	12,9	27,9%
AA (Acreditaciones):			NOTAS		
1. Ensayo sd entro del alcance de acreditación n° SAEI EN 13-006 realizados en Matriz Quito.		2. Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.		*Interpretación fuera del alcance de acreditación SAE.	
3. Ensayo sd entro del alcance de acreditación n° SAEI EN 13-006 realizados en Sucursal Coa.		4. Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.		**INC BITEGUMBI (0%): Los valores se han estimado con el 2 nivel de confianza 95,45%.	
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAEI.		ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.		Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB AAA-P1-0003 / AAA-P15001	
El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra o no se recibió.					
Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.					
4.- OBSERVACIONES			INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR: Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 03/08/2023		

Fuente: Laboratorio ANAVANLAB CIA. LTDA.

Anexo B7. Análisis en la Finca 1 del As, Hg, Cd y Pb a 30-60 cm de profundidad.



**ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS
ANAVANLAB CIA. LTDA.**

Matriz: La Primavera 1, Leonardo da Vinci S6-236 y Alberto Durea, Cumbaya
Contacto: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@aanalab.com.ec

Sucursal: Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca

Orden No. 51807-51810
Muestra AANLab No. 51807
Página 1 de 1

INFORME DE RESULTADOS No. 51807						
1.- DATOS GENERALES						
CLIENTE:	KATHERINE MARGOTH QUEVEDO ALVARADO			TELEFONO:	097 899 3289	
DIRECCION:	CIUDADELA FEDERICO PÁEZ			ATENCION A:	ERICK FARFAN	
2.- INFORMACION DE LA MUESTRA		INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	FINCA PACHECO	
TIPO DE MUESTRA:	SUELO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	25/07/2023		
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	M4. 60CM UTMACH		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE		
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	26/07/2023		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	26/07/2023 al 03/08/2023		
3.- RESULTADOS						
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO		UNIDADES	RESULTADO	+/- % U**
1	Arsénico	AAA-PE-S012/ EPA 7061 A / 7471 R, 3051.		mg/lq	4,3	20,0%
1	Cadmio	AAA-PE-S011/ EPA 3051,7061 A		mg/lq	< 0,1	15,9%
1	Mercurio	AAA-PE-S012/ EPA 7061 A / 7471 R, 3051.		mg/lq	< 0,25	20,0%
1	Pomo	AAA-PE-S011/ EPA 3051,7061 A		mg/lq	11,3	27,9%
AA (Acreditaciones):				NOTAS		
1. Ensayo(s) dentro del alcance de acreditación N° SAE/EN 13-006 realizados en Matriz Quito.		2. Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.		*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.		
3. Ensayo(s) dentro del alcance de acreditación N° SAE/EN 13-006 realizados en Sucursal Coa.		4. Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.		**INCERTIDUMBRE (U%): Los valores se han estimado en un 2, nivel de confianza 95,45%.		
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.		ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.		Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB AAA-PE-003 / AAA-PE001		
El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.						
Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.						
4.- OBSERVACIONES				INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR: Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 03/08/2023		

Fuente: Laboratorio ANAVANLAB CIA. LTDA.

Anexo B8. Análisis en el Punto de referencia del As, Hg y Pb a 0-30 cm de profundidad.




**ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS
ANAVANLAB CIA. LTDA**

Matriz: La Primavera 1, Leonardo da Vinci 56-236 y Alberto Durrer, Cumbaya
Contactos: 3550832 / 5143303 / servicioalcliente@anavallab.com.ec

Sucursal: Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca

Orden No. 51801-51810
Muestra AANLab No. 51808
Página 1 de 1

INFORME DE RESULTADOS No. 51808					
1.- DATOS GENERALES					
CLIENTE:	KATHERINE MARGOTH QUEVEDO ALVARADO			TELEFONO:	097 899 3289
DIRECCION:	CIUDADELA FEDERICO PÁEZ			ATENCION A:	ERICK FARFAN
2.- INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	PUNTO BLANCO	
TIPO DE MUESTRA:	SUELO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	25/07/2023	
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	M1. 30CM UTMACH		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE	
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	26/07/2023		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	26/07/2023 al 03/08/2023	
3.- RESULTADOS					
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	+/- % U**
1	Arsénico	AAA-PE-S012/ EPA 7061 A / 7471 B, 3051.	mg/lq	3,4	20,0%
1	Mercurio	AAA-PE-S012/ EPA 7061 A / 7471 B, 3051.	mg/lq	< 0,25	20,0%
1	Plomo	AAA-PE-S011/ EPA 3051,7061 A	mg/lq	9,2	27,9%
AA (Acreditaciones):			NOTAS		
1: El ensayo se entro del alcance de acreditación N° SAEI.BN.1.3-006 realizados en Matriz Quito.		2: En sayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.		*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.	
3: El ensayo se entro del alcance de acreditación N° SAEI.BN.1.3-006 realizados en Sucursal Coa.		4: En sayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.		**INCERTIDUMBRE (0%): Los valores se han estimado en nivel 2, nivel de confianza 95,45%.	
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de Acreditación SAE.		ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.		Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB AAA-P1-003 / AAA-P15001	
El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.					
Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.					
4.- OBSERVACIONES			INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR: Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 03/08/2023		

Fuente: Laboratorio ANAVANLAB CIA. LTDA.

Anexo B9. Análisis del As, Hg y Pb en el punto de referencia a una profundidad de 30-60 cm.



**ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS
ANAVANLAB CIA. LTDA.**

Matriz: La Primavera 1, Leonardo da Vinci 56-236 y Alberto Duzero, Cumbaya
Contacto: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@anavallab.com.ec

Sucursal: Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca

Orden No. 51801-51810
Muestra ANAVLAB No. 51809
Página 1 de 1

INFORME DE RESULTADOS No. 51809						
1- DATOS GENERALES						
CLIENTE:	KATHERINE MARGOTH QUEVEDO ALVARADO			TELEFONO:	097 899 3 289	
DIRECCION:	CIUDADELA FEDERICO PÁEZ			ATENCION A:	ERICK FARFAN	
2-INFORMACION DE LA MUESTRA		INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	PUNTO BLANCO	
TIPO DE MUESTRA:	SUELO			FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	25/07/2023	
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	M L 60CM UTMACH			RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE	
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	26/07/2023			PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	26/07/2023 al 03/08/2023	
3-RESULTADOS						
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO		UNIDADES	RESULTADO	+/- % U**
1	Arsénico	AAA-PE-S012/ EPA 7061 A / 7471 B, 3051.		mg/kg	4,1	20,0%
1	Mercurio	AAA-PE-S012/ EPA 7061 A / 7471 B, 3051.		mg/kg	< 0,25	20,0%
1	Pbomo	AAA-PE-S011/ EPA 3051/7061 A		mg/kg	10,5	27,9%
AA (Acreditaciones):				NOTAS		
1. Ensayo si entro del alcance de acreditación N° SAEI/BN 13-006 realizados en Matriz Quito.		2. Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.		*Intepretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.		
3. Ensayo si entro del alcance de acreditación N° SAEI/BN 13-006 realizados en Sucursal Coon.		4. Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.		**INC BITECUMBERE (3%) Los valores se han estimado en el 2 nivel de confianza 95,45%.		
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAEI.		ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.		Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB AAA-P1-003 / AAA-P1-S001		
El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.						
Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.						
4-OBSERVACIONES				INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR: Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 03/08/2023		

Fuente: Laboratorio ANAVANLAB CIA. LTDA.

Anexo B10. Análisis del As, Hg y Pb en la Finca 2 a una profundidad de 30-60 cm.



**ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS
ANAVANLAB CIA. LTDA.**

Matriz: La Primavera 1, Leonardo da Vinci 56-236 y Alberto Duterro, Cumbaya.
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@anavallab.com.ec

Sucursal: Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca

Orden No. 51801-51810
Muestra AAVLAB No. 51810
Página 1 de 1

INFORME DE RESULTADOS No. 51810


1- DATOS GENERALES			
CLIENTE:	KATHERINE MARGOTH QUEVEDO ALVARADO	TELEFONO:	097 899 3289
DIRECCION:	CIUDADELA FEDERICO PÁEZ	ATENCION A:	ERICK FARFAN

2-INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	FINCA PAUCAR
TIPO DE MUESTRA:	SUELO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	25/07/2023
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	M2. 60CM UTMACH		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	26/07/2023		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	26/07/2023 al 03/08/2023

3-RESULTADOS					
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	+/- % U**
1	Arsénico	AAA-PE-S012/ EPA 7061 A / 7471 B, 3051.	mg/lg	1,8	20,0%
1	Mercurio	AAA-PE-S012/ EPA 7061 A / 7471 B, 3051.	mg/lg	< 0,25	20,0%
1	Pbmo	AAA-PE-S011/ EPA 3051/7061 A	mg/lg	6,3	27,9%

AA (Acreditaciones):		NOTAS
1. Ensayo dentro del alcance de acreditación N° SAE/EN 13-006 realizados en Matriz Quito.	2. Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.	*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.
3. Ensayo dentro del alcance de acreditación N° SAE/EN 13-006 realizados en Sucursal Coa.	4. Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.	**UNC BULTIDUMBRE (0%): Los valores se han estimado en nivel 2, nivel de confianza 95,45%.
(* Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.	ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.	Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB AAA-PE-001 / AAA-PE-001

El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.
Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.

4-OBSERVACIONES	INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR: Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 03/08/2023	
-----------------	--	---

Fuente: Laboratorio ANAVANLAB CIA. LTDA.

Anexo B11. Análisis del Cd en el punto de referencia a una profundidad de 0-30 cm.




**ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS
ANAVANLAB CIA. LTDA.**

Matriz: La Primavera 1, Leonardo da Vinci 36-236 y Alberto Durero, Cumbaya.
Contactos: 3590852 / 5143303 / servicioalcliente@aanalab.com.ec

Sucursal: Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Caca

Orden No. 522 E3-52220
Muestra ANAVANLAB No. 522 E3
Página 1 de 1

INFORME DE RESULTADOS No. 52213						
1.- DATOS GENERALES						
CLIENTE:	QUEVEDO ALVARADO KATHERINE MARGOTH			TELÉFONO:	0978904966	
DIRECCIÓN:	MACHALÁ, CIUDADELA FEDERICO PAEZ			ATENCIÓN A:	KATHERINE QUEVEDO	
2.- INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	NO DISPONIBLE		
TIPO DE MUESTRA:	SUELO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	09/08/2023		
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	PUNTO BLANCO 30 CM		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE		
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	10/08/2023		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	10/08/2023 al 21/08/2023		
3.- RESULTADOS						
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO		UNIDADES	RESULTADO	+/- % U**
1	Cadmio	AAA-PE-S011/ EPA 3051/7061 A		mg/kg	0,6	15,9%
AA (Acreditaciones):				NOTAS		
1. Ensayos dentro del alcance de acreditación N° SAE IEN 13-006 realizados en Matriz Quito.		2. Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.		* Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.		
3. Ensayos dentro del alcance de acreditación N° SAE IEN 13-006 realizados en Sucursal Caca.		4. Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.		** INCERTIDUMBRE (%): Los valores se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%.		
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.		ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.		Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PE-A003 / AAA-PI-S001		
El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.						
Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplica.						
4.- OBSERVACIONES			INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR: Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 21/08/2023			

Fuente: Laboratorio ANAVANLAB CIA. LTDA.

Anexo B12. Análisis del Cd en el punto de referencia a una profundidad de 30-60 cm.



**ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS
ANAVANLAB CIA. LTDA.**

Matriz: La Primavera 1, Leonardo da Vinci 56-236 y Alberto Duster, Cumbaya.
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@anavallab.com.ec

Sucursal: Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa Esquina, El Coca

Orden No. 522 E3-02220
Muestra AAALab No. 52214
Página 1 de 1

INFORME DE RESULTADOS No. 52214					
1.- DATOS GENERALES					
CLIENTE:	QUEVEDO ALVARADO KATHERINE MARGOTH			TELEFONO:	0978904966
DIRECCION:	MACHALA, CIUDADELA FEDERICO PAEZ			ATENCION A:	KATHERINE QUEVEDO
2.- INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	NO DISPONIBLE	
TIPO DE MUESTRA:	SUELO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	09/08/2023	
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	PUNTO BLANCO 60 CM		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE	
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	10/08/2023		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	10/08/2023 al 21/08/2023	
3.- RESULTADOS					
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	+/- % U**
1	Cadmio	AAA-PE-S011/ EPA 3051/7061 A	mg/kg	0,4	15,9%
AA (Acreditaciones):			NOTAS		
1: Ensayo dentro del alcance de acreditación N° SAE/EN 13-006 realizados en Matriz Quito.		2: Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.		* Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.	
3: Ensayo dentro del alcance de acreditación N° SAE/EN 13-006 realizados en Sucursal Cocha.		4: Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.		** INCERTIDUMBRE (%): Los valores se han estimado en el 2, nivel de confianza 95,45%.	
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.		ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.		Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-P1-003 / AAL-P15001	
El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra o como se recibió.					
Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.					
4.- OBSERVACIONES			INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR: Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 21 /08/2023		

Fuente: Laboratorio ANAVANLAB CIA. LTDA.

Anexo B13. Análisis del Cd en la Finca 4 a una profundidad de 0-30 cm.



**ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS
ANAVANLAB CIA. LTDA.**

Matriz: La Primavera 1, Leonardo da Vinci S6-236 y Alberto Dusterro, Cumbaya
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@anavallab.com.ec

Su cursal: Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca

Orden No. 52213-52220
Muestra ANAVANLAB No. 52215
Página 1 de 1

INFORME DE RESULTADOS No. 52215						
1.- DATOS GENERALES						
CLIENTE:	QUEVEDO ALVARADO KATHERINE MARGOTH			TELEFONO:	0978904966	
DIRECCION:	MACHALA, CIUDADELA FEDERICO PAEZ			ATENCION A:	KATHERINE QUEVEDO	
2.- INFORMACION DE LA MUESTRA		INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	NO DISPONIBLE	
TIPO DE MUESTRA:	SUELO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:		09/08/2023	
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	FINCA SALVADOR 30 CM			RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE	
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	10/08/2023		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	10/08/2023 al 23/08/2023		
3.- RESULTADOS						
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO		UNIDADES	RESULTADO	+/- % U**
1	Cadmio	AAA-PE-S011/ EPA 3051/7061 A		mg/kg	1,0	15,9%
AA (Acreditaciones):				NOTAS		
1. Ensayos dentro del alcance de acreditación N° SAE LEM 13-006 realizados en Machala Quito.		2. Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.		*Interrupción fuera del alcance de acreditación SAE.		
3. Ensayos dentro del alcance de acreditación N° SAE LEM 13-006 realizados en Sucursal Coa.		4. Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.		**INCERTIDUMBRE (5%): Los valores se han estimado en nivel 2, nivel de confianza 95,45%.		
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.		ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.		Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-P1-003 / AAA-P15001		
El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.						
Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.						
4.- OBSERVACIONES				INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR: Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 23/08/2023		

Fuente: Laboratorio ANAVANLAB CIA. LTDA.

Anexo B14. Análisis del Cd en el punto de referencia a una profundidad de 30-60 cm.



**ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS
ANAVANLAB CIA. LTDA.**

Matriz: La Primavera 1, Leonardo da Vinci S6-236 y Alberto Duenas, Cumbaya
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@anavallab.com.ec

Su cursal: Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca

Orden No. 52213-52219
Muestra ANAVLab No. 52216
Página 1 de 1

INFORME DE RESULTADOS No. 52216						
1.- DATOS GENERALES						
CLIENTE:	QUEVEDO ALVARADO KATHERINE MARGOTH			TELEFONO:	0978904966	
DIRECCION:	MACHALA, CIUDADELA FEDERICO PAEZ			ATENCION A:	KATHERINE QUEVEDO	
2.- INFORMACION DE LA MUESTRA		INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	NO DISPONIBLE	
TIPO DE MUESTRA:	SUELO			FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	09/08/2023	
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	FINCA SALVADOR 60 CM			RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE	
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	10/08/2023			PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	10/08/2023 al 21/08/2023	
3.- RESULTADOS						
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO		UNIDADES	RESULTADO	+/- % U**
1	Cadmio	AAA-PE-S011/ EPA 3051/7061 A		mg/kg	0,4	15,9%
AA (Acreditaciones):				NOTAS		
1. Ensayo(s) dentro del alcance de acreditación N° SAEI 0N13-006 realizados en Macha Quito.		2. Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.		* Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.		
3. Ensayo(s) dentro del alcance de acreditación N° SAEI 0N13-006 realizados en Sucursal Guas.		4. Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.		** INCERTIDUMBRE (3%) Los valores se han estimado en el 2. nivel de confianza 95,45%.		
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAEI.		ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.		Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB AAA-P1-R003 / AAA-P15001		
El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra o no se recibió.						
Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.						
4.- OBSERVACIONES			INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR: Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 21/08/2023			

Fuente: Laboratorio ANAVANLAB CIA. LTDA.

Anexo B15. Análisis del Cd en la Finca 2 a una profundidad de 0-30 cm.




**ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS
ANAVANLAB CIA. LTDA.**

Matriz: La Primavera 1, Leonardo da Vinci S6-236 y Alberto Durrer, Cumbaya.
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@anavallab.com.ec

Sucursal: Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca

Orden No. 52213-52220
Muestra ANAVANLAB No. 52217
Página 1 de 1

INFORME DE RESULTADOS No. 52217					
1.- DATOS GENERALES					
CLIENTE:	QUEVEDO ALVARADO KATHERINE MARGOTH			TELEFONO:	0978904966
DIRECCION:	MACHALA, CIUDADELA FEDERICO PAEZ			ATENCION A:	KATHERINE QUEVEDO
2.- INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	NO DISPONIBLE	
TIPO DE MUESTRA:	SUELO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	09/08/2023	
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	FINCA PAUCAR 30 CM		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE	
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	10/08/2023		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	10/08/2023 al 21/08/2023	
3.- RESULTADOS					
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	+/- % U**
1	Cadmio	AAA-PE-S011/ EPA 3051/7061 A	mg/kg	0,3	15,9%
AA (Acreditaciones):			NOTAS		
1. Ensayos dentro del alcance de acreditación N° SAE/EN 13-006 realizados en Matriz Quito.		2. Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.	* Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.		
3. Ensayos dentro del alcance de acreditación N° SAE/EN 13-006 realizados en Sucursal Coa.		4. Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.	** INCERTIDUMBRE (5%): Los valores se han estimado en el 2, nivel de confianza 95,45%.		
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.		ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.	Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB AAA-PE-003 / AAA-PI-001		
El presente informe se lo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra o no se recibió.					
Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.					
4.- OBSERVACIONES			INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR: Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 21/08/2023		

Fuente: Laboratorio ANAVANLAB CIA. LTDA.

Anexo B16. Análisis del Cd en la Finca 2 a una profundidad de 30-60 cm.



**ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS
ANAVANLAB CIA. LTDA.**

Matriz: La Primavera 1, Leonardo da Vinci S6-236 y Alberto Duseña, Cumbaya.
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@anavallab.com.ec

Su cursal: Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Caca

Orden No. 522 E3-522 20
Muestra AAVLAB No. 522 B8
Página 1 de 1

INFORME DE RESULTADOS No. 52218					
1.- DATOS GENERALES					
CLIENTE:	QUEVEDO ALVARADO KATHERINE MARGOTH			TELEFONO:	0978904966
DIRECCION:	MACHALA, CIUDADELA FEDERICO PAEZ			ATENCION A:	KATHERINE QUEVEDO
2.- INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	NO DISPONIBLE	
TIPO DE MUESTRA:	SUELO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	09/08/2023	
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	FINCA PAUCAR 60 CM		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE	
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	10/08/2023		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	10/08/2023 al 21/08/2023	
3.- RESULTADOS					
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO		UNIDADES	RESULTADO +/- % U**
1	Cadmio	AAA-PE-S011/ EPA 3051/7061 A		mg/kg	0,3 15,9%
AA (Acreditaciones):				NOTAS	
1: El ensayo se entro del alcance de acreditación n° SAE LEN 13-006 realizados en Macha Quito.		2: En ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.		*Interpretación fuera del alcance de acreditación SAE.	
3: El ensayo se entro del alcance de acreditación n° SAE LEN 13-006 realizados en Sacamal Coos.		4: En ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.		**INCERTIDUMBRE (95%): Los valores se han estimado en el nivel de confianza 95,45%.	
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.		ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.		Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB AAA-P1-003 / AAA-P15001	
El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.					
Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.					
4.- OBSERVACIONES			INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR: Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 21/08/2023		

Fuente: Laboratorio ANAVANLAB CIA. LTDA.

Anexo B17. Análisis del Cd en la Finca 3 a una profundidad de 30-60 cm.




**ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS
ANAVANLAB CIA. LTDA.**

Matriz: La Primavera 1, Leonardo da Vinci S6-236 y Alberto Durrer, Cumbaya.
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@anavallab.com.ec

Sucursal: Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca

Orden No. 522 E3-52220
Muestra ANAVANLAB No. 522 E9
Página 1 de 1

INFORME DE RESULTADOS No. 52219					
1.- DATOS GENERALES					
CLIENTE:	QUEVEDO ALVARADO KATHERINE MARGOTH			TELEFONO:	0978904966
DIRECCION:	MACHALA, CIUDADELA FEDERICO PAEZ			ATENCION A:	KATHERINE QUEVEDO
2.- INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	NO DISPONIBLE	
TIPO DE MUESTRA:	SUELO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	09/08/2023	
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	FINCA FLORES 60 CM		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE	
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	10/08/2023		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	10/08/2023 al 21/08/2023	
3.- RESULTADOS					
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	+/- % U**
1	Cadmio	AAA-PE-S011/ EPA 3051/7061 A	mg/kg	0,7	15,9%
AA (Acreditaciones):			NOTAS		
1. El ensayo se entro del alcance de acreditación N° SAE LEN 13-006 realizados en Matriz Quito.		2. En sayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.	*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.		
3. El ensayo se entro del alcance de acreditación N° SAE LEN 13-006 realizados en Sucursal Cochas.		4. En sayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.	**UNC BERTIDOMBRE (0%): Los valores se han estimado en los 2, nivel de confianza 95,45%.		
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.		ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.	Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB AAA-P1-0003 / AAA-P1S01		
El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.					
Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.					
4.- OBSERVACIONES			INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR: Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 21/08/2023		

Fuente: Laboratorio ANAVANLAB CIA. LTDA.

Anexo B18. Análisis del Cd en la Finca 3 a una profundidad de 0-30 cm.




**ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS
ANAVANLAB CIA. LTDA**

Matriz: La Primavera 1, Leonardo da Vinci S6-236 y Alberto Duzera, Cumbaya
Contactos: 3550832 / 5143303 / servicioalcliente@anavallab.com.ec

Sucursal: Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboaesquina, El Coca

Orden No. 522 E3-52220
Muestra ANAVLAB No. 52220
Página 1 de 1

INFORME DE RESULTADOS No. 52220					
1.- DATOS GENERALES					
CLIENTE:	QUEVEDO ALVARADO KATHERINE MARGOTH			TELEFONO:	0978904966
DIRECCION:	MACHALA, CIUDADELA FEDERICO PAEZ			ATENCION A:	KATHERINE QUEVEDO
2.- INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	NO DISPONIBLE	
TIPO DE MUESTRA:	SUJEO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	09/08/2023	
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	FINCA FLORES 30 CM		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	ANAVANLAB CIA. LTDA	
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	10/08/2023		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	10/08/2023 al 23/08/2023	
3.- RESULTADOS					
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	+/- % U**
1	Cadmio	AAA-PE-S011/ EPA 3051/7061 A	mg/kg	1,0	15,9%
AA (Acreditaciones):			NOTAS		
1. El ensayo se entro del alcance de acreditación n° SAE LEM 13-006 realizados en Macha, Quito.		2. Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.	*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.		
3. El ensayo se entro del alcance de acreditación n° SAE LEM 13-006 realizados en Sucursal Coas.		4. Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.	**INC. DITDCUMBRE (3%): Los valores se han estimado en nivel 2, nivel de confianza 95,45%.		
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.		ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.	Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB AAA-PE-003 / AAA-PE-S011.		
El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.					
Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.					
4.- OBSERVACIONES			INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR: Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 23/08/2023		

Fuente: Laboratorio ANAVANLAB CIA. LTDA.

ANEXO C

PRETRATAMIENTO DE MUESTRAS DE SUELO

Anexo C1. Pretratamiento de las muestras de suelo.



Fuente: Los autores.

Anexo C2. Secado de las muestras de suelo a 25 °C por 72h



Fuente: Los autores.

Anexo C3. Trituración de las muestras secas.



Fuente: Los autores.

Anexo C4. Tamizado de las muestras secas.



Fuente: Los autores.

ANEXO D

LECTURAS DE pH

Anexo D1. Preparación de las muestras para lecturas de pH.



Fuente: Los autores.

Anexo D2. Lecturas de pH.



Fuente: Los autores.