

REPÚBLICA DOMINICANA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL CIBAO ORIENTAL
Universidad Patrimonio de la Comunidad



Facultad de Posgrado y Educación Continuada
Departamento de Posgrado

Trabajo de Posgrado para Optar por el Título de
Magíster en Química

TÍTULO:

Cuantificación de Plomo en Suelos Agrícolas aledaños a la Estación de Servicio de
Propa-Gas en el Distrito Municipal de Angelina: Implicaciones Para la Producción
Agrícola 2024.

Maestranes:

Wilmarys Hernández Rodríguez
Jennifer Ramos Santos

Asesor:

Dra. Lolymer Romero Maza

Cotuí, Provincia Sánchez Ramírez

Año académico 2024.

TÍTULO

**CUANTIFICACIÓN DE PLOMO EN SUELOS AGRÍCOLAS ALEDAÑOS A LA
ESTACIÓN DE SERVICIO DE PROPA-GAS EN EL DISTRITO MUNICIPAL DE
ANGELINA: IMPLICACIONES PARA LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA 2024.**

HOJA DE EVALUACIÓN

Cuantificación de plomo en suelos agrícolas aledaños a la estación de servicio de propagas en el distrito municipal de angelina: implicaciones para la producción agrícola 2024.

Por:

Jennifer Ramos Santos y Wilmarys Hernández Rodríguez

Trabajo de posgrado sometido a la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO).
Como requisito parcial para obtener el título de Magíster en Química.

Sustentantes

Wilmarys Hernández Rodríguez

Jennifer Ramos Santos

Dra.: Lolymer Romero Maza

Miguel Morales Toyo

Contenido

Dr. Antonio Rosario

Metodología

MA. Nelson Sánchez

Redacción

Lic. Dionicio Ripoll

Decano de la Facultad de Postgrado y Educación Continuada

Calificación _____

Índice

CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Planteamiento del problema.....	4
1.3 Justificación	6
1.4 Objetivos	8
1.4.1 Objetivo general.....	8
1.4.2 Objetivos específicos	8
1.5 Cuadro de Variables e indicadores	8
1.6 Definición de términos.....	9
1.7 Marco contextual.	10
1.8 Alcance y límites de la investigación.....	12
CAPITULO II.....	14
REVISIÓN DE LITERATURA	14
2.1 Introducción	14
2.2 pH del suelo	14
2.2.1 Nivel de acidez \alcalinidad del suelo.....	14
2.2.2 Variación del pH.....	16
2.3 Concentración de plomo en el suelo	16
2.3.1 Nivel de plomo en el suelo.....	17
2.4 Biodisponibilidad del plomo.....	18
2.4.1 Porcentaje de plomo disponible para ser absorbido por las plantas.....	19
2.4.2 Efecto del pH en la absorción de plomo por las plantas	20
2.5 Efectos en la agricultura.....	21
2.5.1 Rendimiento de los cultivos	22
2.5.2 Calidad de los productos agrícolas	23
CAPÍTULO III	25
METODOLOGÍA.....	25
3.1 Introducción	25

3.1 Tipo de diseño de investigación.....	25
3.2 Población y selección de muestra	26
3.3 Técnica y recolección de datos	26
3.4 Validez y confiabilidad	27
3.5 Análisis de datos	28
3.6 Procedimiento	275
3.7 Alcance y Límites	308
CAPÍTULO IV	259
RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	259
4.1 Introducción	29
4.2 Obtención del pH de los suelos agrícolas en diferentes zonas cercanas a la Estación de Servicio de Propa-gas en el Distrito Municipal de Angelina	30
4.3 Relación del pH y la biodisponibilidad del plomo en los suelos agrícolas cercanos a la Estación de Servicio de Propa-gas	31
CAPÍTULO IV	34
CONCLUSIONES Y REFERENCIAS	34
5.1 Introducción	34
5.2 Conclusiones	34
5.2 Recomendaciones	35
Referencias Bibliográficas	37

AGRADECIMIENTOS

A Dios

En primer lugar, quiero elevar una oración de gratitud a Dios, fuente infinita de sabiduría y bondad, por guiarme en este camino y otorgarnos la fortaleza necesaria para superar cada obstáculo. A ti, Señor, te debemos todo lo que somos y todo lo que hemos logrado.

A la Universidad Tecnológica Del Cibao Oriental (UTECO), le agradezco por abrirme las puertas al conocimiento y por proporcionarme un ambiente de aprendizaje estimulante y enriquecedor. Los valores y herramientas que adquirí en esta casa de estudios serán mi guía a lo largo de mi vida profesional.

Nuestro más sincero agradecimiento **a la MESCYT** por su invaluable apoyo financiero y académico. Gracias a esta institución, pude concentrarme en mis estudios y dedicar todo mi tiempo a la investigación. Su compromiso con la educación superior es un ejemplo a seguir.

A nuestra asesora, Lolymar Romero Maza, le expreso mi más profunda admiración y gratitud. Su paciencia, dedicación y conocimientos fueron fundamentales para el éxito de este trabajo. Sus enseñanzas trascenderán más allá de este proyecto y me acompañarán en mi desarrollo profesional.

Expresamos el más sincero agradecimiento a todo el cuerpo docente de este programa de maestría. Sus conocimientos, dedicación y pasión por la enseñanza fueron fundamentales para mi formación académica. En especial, quiero agradecer a Laura Méndez, Amable Santos y Jairo Utate, cuyas clases y tutorías enriquecieron significativamente mi experiencia.

DEDICATORIA

A Dios

Con profundo agradecimiento a Dios, quien me ha dado la fuerza y la inspiración para llevar a cabo este trabajo. A Ti, Señor, que me has concedido el don de la vida y la oportunidad de crecer intelectualmente. Este logro es un testimonio de Tu infinita bondad.

A mis padres

Juan José Hernández y Maritza Rodríguez, quienes me enseñaron el valor del trabajo duro, la perseverancia y el amor. Sus sacrificios y su apoyo incondicional han sido fundamentales en mi vida.

A mi esposo

A mi amado esposo, Antoni Belén, mi compañero de vida y mi mejor amigo. Gracias por tu apoyo incondicional, tu paciencia infinita y por creer en mí siempre. Tu amor me ha dado la fuerza para superar cualquier obstáculo.

A mi hija

Mi pequeña Anmeyrys Belén, la razón de mi sonrisa y mi mayor alegría. Tu inocencia y tu amor me inspiran a ser una mejor persona cada día. Este logro es para ti, mi amor.

A mis hermanos

William Alberto Hernández y Juanlys Hernández, quienes siempre han estado a mi lado. Gracias por su amistad y por estar siempre a mi lado, celebrando mis éxitos y consolándome en mis fracasos.

A mi compañera de tesis

A Jennifer Ramos Santos, mi compañera de tesis y mi amiga. Juntas hemos recorrido un largo camino, enfrentando desafíos y celebrando éxitos. Nuestra colaboración ha sido más que un trabajo académico; ha sido una experiencia de crecimiento personal y profesional. Gracias por compartir conmigo esta aventura y por convertirte en una parte tan importante de mi vida.

A mis compañeras

Jennifer, Eneroliza, Arnally y Andreina, gracias por formar parte de esta aventura conmigo, Gracias por las enriquecedoras discusiones, por las ideas compartidas y por la paciencia que han tenido conmigo. Juntas hemos construido una red de apoyo invaluable que nos ha permitido superar cualquier obstáculo.

Wilmarys Hernández Rodríguez

DEDICATORIA

A Dios

A Dios, mi roca eterna, por guiarme en cada paso de este viaje académico y darme la fuerza para perseverar. Gracias por ser mi fuente de fortaleza y entendimiento en esta meta final. Por siempre darme más de lo que espero, por tu amor, tu fidelidad en mi vida, contigo lo logró todo, eres mi pastor y sé que junto a ti nada me faltará.

A mis padres

Sandy Antonio Ramos y Francisca Santos, gracias por darme la vida, por su amor ayuda y deseo de verme alcanzar mi triunfo, gracias papi por siempre decirme que soy tu orgullo más grande cada sacrificio que hiciste por mi educación es invaluable. Mi éxito académico es un reflejo de tu amor y guía. Gracias, padres por inculcar en mí, el ejemplo de esfuerzo y valentía de no temer a las adversidades porque Dios está siempre conmigo. Lo amo ¡Este logro es de ustedes también!

A mi esposo

Leonel Ramón Brito, mi compañero, un hombre maravilloso, tu amor y apoyo han sido la base de nuestro hogar. Esta tesis es un tributo a la colaboración, paciencia, palabras de aliento y comprensión que has brindado a lo largo de este viaje académico. Gracias por ser un pilar de fortaleza y un ejemplo para nuestros hijos. Tu presencia en mi vida es un regalo invaluable, y este logro es nuestro, en equipo. Te amo porque nunca me has dejado sola, siempre has creído y has apostado a mí.

A mis hijos

A mis amados, Nerleudys, Jenilis y Jeylen; cada día que paso a su lado es un regalo que atesoro en mi corazón. Sus risas, curiosidad e infinita capacidad de amar han sido la inspiración detrás de cada esfuerzo en mi vida. Esta tesis es un corto testimonio de todo lo que he construido, lo hago pensando en ustedes. Gracias por llenar mi mundo de amor y dulzura. Son mi fuente inagotable de fortaleza, mi mayor inspiración y el amor en mi búsqueda de conocimiento. Esta tesis va dedicada a ustedes, lo amo con todo mi corazón. Mis pequeños gigantes.

A mi suegra

Carmen Elena Lazala, una madre para mí y mis hijos, me siento en deuda de gratitud contigo, gracias por el cuidado de mis hijos, eres una fuente de inspiración como persona, tu amor incondicional hacia nosotros, cuyo apoyo y aliento han sido fundamentales en cada etapa de este proceso, tú has sido mi columna de soporte en mis éxitos académicos, valoro mucho el cariño que siempre me has brindado. Esta tesis es un tributo a tu legado y a la eterna admiración que siento por ti. Gracias por ser la mejor suegra del mundo. Te quiero muchísimo.

A mi tía

En honor a mi tía Josefa Santos mi fuente de inspiración y sabiduría. Aunque ya no estés físicamente conmigo, tu espíritu y amor continúan guiándome en cada paso de este camino, fuiste una persona que se esforzó bastante para verme triunfar. Este logro es un tributo a su legado y a la eterna gratitud que siento en mi corazón, te extraño todos los días.

A mi compañera de tesis

Wilmarys Hernández, la cual se ha convertido en una hermana para mí. Gracias por su invaluable apoyo y colaboración a lo largo de esta maestría. Trabajar contigo ha sido no solo una experiencia de aprendizaje enriquecedora, sino también una fuente de inspiración constante. Eres un gran ser humano, una persona con honestidad y un corazón inmenso. Vamos por más, porque esto no termina Aquí. Solo es el comienzo de lo que juntas podemos lograr. Te quiero amiga.

A mis Familias

Un agradecimiento especial a mi tía y una madre para mi Juana Santos, mi hermana Elanny Princess y mi hermano Jonelfri Ramos, por su fe inquebrantable en mi potencial y por estar siempre presente con una palabra de ánimo en los momentos más desafiantes. Los amo son parte de mí.

A mis amigas

Para mis cinco increíbles amigas: a Wilmaris, Arnally, Andreina, Enerolisa y Julianny, gracias por enseñarme que la vida es más divertida cuando hay compañía. Esta tesis es el resultado de años de compartir risas, secretos y un armario abarrotado de conocimiento compartidos.

Jennifer Ramos Santos

RESUMEN

El propósito de la investigación fue cuantificar el contenido de plomo en suelos agrícolas aledaños a la Estación de Servicio de Propa-gas en el Distrito Municipal de Angelina. Para la determinación del contenido de plomo y pH se tomaron las muestras de suelos en tres puntos con una distancia de 50 metros y a una profundidad de 30 cm; y los análisis se realizaron por duplicado. Los tres puntos de muestreo se encuentran en la zona limítrofe de las fincas a la Estación de Servicio, la Finca Lado Derecho (FLD) está a una distancia de 5 metros y la Finca Lado Izquierdo (FLI) a 16 metros de la Estación de Servicio de Propa-gas Angelina. Se encontró que el pH del punto 1 de la FLD se encuentra moderadamente ácido, mientras que los otros dos puntos de la FLD y los tres puntos de nuestros de la FLI se encontraban el pH dentro de los valores permitidos para suelos agrícolas. Se encontró la presencia de plomo en los tres puntos de la FLD y FLI, donde los puntos 1 (0.619 ± 0.175) y el punto 2 (0.614 ± 0.264) de la FLD y el punto 1 (0.609 ± 0.180) de la FLI presentaron un aumento de contenido de plomo acumulado en las muestras de suelos, esa variación del contenido plomo puede deberse a la distancia que se encuentra la FLD con respecto a la estación de servicio en comparación la FLI que se encuentra a mayor distancia. Mientras el punto 1 de FLI es debido a que esa muestra es la cercana a los límites de la estación de servicio. Las concentraciones encontradas de plomo en ambas fincas están dentro de los niveles permitidos para suelos de zonas agrícolas según la Comisión Europea de Agricultura, ECA. En conclusión, el contenido de plomo encontrado en las fincas cercanas a la Estación de Servicio de Propa-gas Angelina no es un riesgo tóxico para los suelos y cultivos.

Palabras clave: Suelos agrícolas, acidez de los suelos, contenido de plomo, calidad de los suelos.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Este primer capítulo aborda los componentes fundamentales que constituyen la base de esta investigación. Se exploran los antecedentes que respaldan el estudio, se plantea la problemática a investigar, se argumenta la relevancia del trabajo, se establecen los objetivos a alcanzar, se identifican las variables e indicadores pertinentes, se clarifican los términos clave, se contextualiza el marco de referencia, y se delimitan tanto el alcance como las limitaciones de la investigación.

1.1 Antecedentes

Contreras et al. (2004) realizaron un estudio sobre la “Determinación de metales pesados en aguas y sedimentos del Río Haina. En los resultados obtenidos se encontraron altos niveles de concentraciones de metales pesados en los sedimentos del Río Haina. Estos valores están en la mayoría de los casos por encima de los estándares internacionales, lo cual implica alta contaminación de dicho río por metales pesados. Se encontraron bajos niveles de metales pesados en las aguas del Río Haina, valores que se encuentran por debajo de los estándares nacionales. Los bajos niveles de metales pesados en las aguas se explican por la baja solubilidad de estos metales en ese líquido y la tendencia natural de ellos a precipitar y acumularse en los sedimentos. En el caso de los sedimentos existe una variación pronunciada con las estaciones del año. Los más altos niveles se registraron en los meses de verano e invierno.

Mientras, Peris (2006) en el estudio de metales pesados en suelos bajo cultivos hortícolas de la provincia de Castellón”. determino que las concentraciones medias de metales “pseudo-totales” (mg/kg) en el área de estudio fueron que el 0,328 para el Cd, 7,7 para el Co, 33,3 para el Cr, 36,6 para el Cu, 16.915 para el Fe, 385 para el Mn, Conclusiones 292 19,3 para el Ni, 55,8 para el Pb y 78,5 para el Zn. Estos resultados reflejan, mayoritariamente, niveles normales para suelos agrícolas en base a la comparación realizada con otros estudios descritos en la bibliografía. Por lo tanto, generalmente, las prácticas agrícolas realizadas en la zona no parece que aporten un nivel excesivo de metales. Sin embargó un análisis individualizado de las parcelas refleja la existencia de niveles elevados de Cr, Cu, Pb y Zn en algunas parcelas. Estos valores elevados son consecuencia de algún proceso puntual de contaminación ya que la parcela MPC-68, situada al sur de la Plana de Castellón, es la única que presenta un elevado contenido de Cr “pseudo-total” (204,4 mg/kg). El origen del Cr en esta parcela probablemente es debido a antiguos residuos de industrias de calzado en la zona, ya que este tipo de actividad suele utilizar compuestos con este elemento.

Según Gonzales et al. (2011), realizaron una investigación sobre “Biodisponibilidad y fraccionamiento de metales pesados en suelos agrícolas enmendados con biosólidos de origen municipal”, donde determinaron que la concentración biodisponible (fracción intercambiable) de Cd, Cu, Ni, Pb y Zn en suelos enmendados con biosólidos no muestra una tendencia consistente para todos los metales. Cada metal muestra una tendencia particular. La biodisponibilidad del cobre y del plomo disminuye con el transcurso del tiempo. La del níquel y la del zinc aumentan. Por lo tanto, la antigüedad de la aplicación de biosólidos no influye de manera determinante en el

aumento de la biodisponibilidad de los metales, la distribución de Cu, Pb y Zn en las cuatro fracciones extraídas es modificada con la antigüedad de aplicación de los biosólidos. La distribución del níquel es la menos afectada.

Mahecha et al. (2017) en su estudio “Análisis de estudios en metales pesados en zonas agrícolas de Colombia” en su investigación propusieron establecer los valores de referencia para Colombia, donde consideraron que es importante como primer paso para enfrentar el riesgo de salud pública que representan los metales pesados, ya que estos permiten establecer los valores de referencia de calidad y de contaminantes, que aporten datos que puedan ser integrados en el proceso de gestión del recurso suelo. Es necesario que en Colombia se cree una norma técnica, indispensable para evaluar la calidad de los suelos, que tenga en cuenta la implementación de valores de referencia para parámetros químicos, físicos y biológicos propios. Es una tarea complicada, pero esencial, ya que, la generación de conocimiento es uno de los pasos esenciales para los procesos de gobernabilidad, en este caso del recurso suelo en Colombia.

Por otra partes, Lago (2018) realizó una investigación titulada “Biodisponibilidad de metales pesados en suelos contaminados” concluyeron que los microbiotest Phytotoxkit son eficaces para identificar suelos tóxicos y que las tres especies de plantas *Cytisus scoparius*, *L.*, *Festuca ovina*, *L.*, *Sinapis alba*, *L.*, respondieron de forma diferente a los distintos suelos y niveles de EPTs. Los valores de los índices de germinación, basados en bioensayos de germinación de semillas y elongación de las raíces, revelaron un aumento de la sensibilidad de la planta a los suelos contaminados en el siguiente orden: *F. ovina* < *S. alba* < *L. sativa*. El amplio rango de valores obtenido para los índices de

germinación indica que la respuesta de las plantas a los suelos contaminados no sólo depende de los niveles de EPTs sino también de las características de los suelos.

Así mismo, Mendoza et al. (2021) en su investigación sobre “Concentración de metales pesados en suelos agrícolas bajo diferentes sistemas de labranza, concluyeron que el contenido de Co, Cu, Ni, Cd y Zn fue mayor en el sistema de siembra directa debido al uso prolongado de abonos fosfatados, Asimismo, la mayor acumulación se observó en la napa baja, lo cual estuvo relacionado a un mayor contenido de arcilla y a la capacidad de intercambio catiónico. Finalmente, se determinó que los valores de Co, Cu y Cd estuvieron por encima de los valores máximos permitidos por las normas ambientales internacionales. La acumulación de metales pesados en suelos de Turén, tanto en el sistema de labranza convencional como en el de siembra directa, son producto del uso continuo de agroquímicos, en particular de la fertilización fosfatada, por lo que se recomienda reducir el uso de agroquímicos, además de llevar cabo acciones de biorremediación para su eliminación del suelo y evitar los problemas de contaminación que a largo plazo y problemas de salud asociada a la presencia de los mismos en suelos y aguas.

1.2 Planteamiento del problema

La contaminación por metales pesados en los suelos agrícolas a nivel mundial es un tema cada vez más preocupante debido a sus efectos negativos en el medio ambiente y la salud humana. El plomo es uno de los metales pesados más comunes y problemáticos que pueden afectar la productividad de los suelos, estos metales pueden llegar al suelo a través de diferentes actividades como industriales, desechos de las industrias y el uso de productos químicos en la agricultura.

En el Distrito Municipal de Angelina, es donde está ubicada la Estación de Servicio de Propa-gas, la cual suministra combustible a vehículos y maquinarias agrícolas de la zona. Dada la presencia de plomo en el gas y otros adictivos de petróleo que utiliza esta estación de servicio, los suelos agrícolas circundantes se encuentren contaminados con este metal pesado. La acumulación de metales pesados en los cultivos de arroz representa un riesgo para la salud humana, ya que estos elementos pueden ser tóxicos y causar diversos problemas de salud, incluyendo enfermedades crónicas como cáncer, problemas neurológicos y renales.

Hasta el momento no se ha realizado un estudio riguroso para cuantificar los niveles de plomo en los suelos agrícolas aledaños a la Estación de Servicio de Propa-gas en el Distrito Municipal de Angelina. La carencia de informaciones precisas sobre la contaminación por plomo en estos suelos reduce la capacidad de los agricultores y las autoridades locales para tomar medidas preventivas y correctivas.

Además, la contaminación por metales pesados afecta la calidad del suelo, reduce la productividad agrícola y contribuye a la degradación ambiental.

Dada esta situación de contaminación por metales pesados en los suelos del Distrito Municipal de Angelina, las consecuencias negativas para la salud humana, la productividad agrícola y el medio ambiente serán cada vez más graves. Si esto persiste puede provocar en la salud Aumento de las enfermedades crónicas relacionadas con la exposición a metales pesados, como cáncer, problemas neurológicos, renales, respiratorios y reproductivos, en la producción agrícola causa Reducción de la

productividad de los cultivos debido a la toxicidad de los metales pesados y disminución de la calidad de los productos agrícolas, haciéndolos no aptos para el consumo humano.

Por lo tanto, surge la necesidad de investigar Cuantificación de Plomo en Suelos Agrícolas aledaños a la Estación de Servicio de Propa-gas en el Distrito Municipal de Angelina, con el fin de proporcionar información relevante para la producción agrícola y la gestión adecuada de los suelos. Es crucial determinar si la variación del pH puede ser utilizada como una estrategia efectiva para reducir la biodisponibilidad de metales pesados en suelos agrícolas y mitigar los riesgos asociados con la contaminación por metales pesados en la producción de alimentos.

Con todo lo expuesto anterior se propone la siguiente interrogante: ¿Cuál será la concentración de Plomo en Suelos Agrícolas aledaños a la Estación de Servicio de Propa-gas en el Distrito Municipal de Angelina?

1.3 Justificación

La contaminación de suelos por metales pesados es un problema ambiental de gran relevancia a nivel mundial. Estos metales, como el plomo, el cadmio y el mercurio, son tóxicos para los seres vivos y pueden tener efectos perjudiciales en la salud humana y el medio ambiente. La producción agrícola en suelos contaminados representa un riesgo potencial para la seguridad alimentaria, ya que los cultivos pueden absorber y acumular estos metales en sus tejidos.

Un estudio de la ONU reveló que la contaminación por metales pesados afecta a más del 70% de los suelos agrícolas del mundo. Los metales pesados pueden tener efectos nocivos en la salud humana, incluso a bajas concentraciones. Algunos de los efectos más

comunes incluyen problemas neurológicos, digestivos, renales y reproductivos (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO, 2023).

Esta investigación aportará conocimiento sobre la cuantificación de plomo en suelos agrícolas aledaños a la estación de servicio de propa-gas en el Distrito Municipal de Angelina. Se generará información valiosa para la evaluación de riesgo y el desarrollo de estrategias de recuperación de los suelos. La investigación contribuirá a la comprensión de los mecanismos de absorción de metales pesados por las plantas y su impacto en la calidad de los productos agrícolas. permitirá mejorar la gestión de suelos contaminados con plomo en el Distrito Municipal de Angelina, protegiendo la salud de la población y la calidad de los alimentos.

Esta investigación proporcionará información valiosa a los agricultores sobre la influencia del pH en la biodisponibilidad de metales pesados en los suelos contaminados. Esto les permitirá tomar decisiones más informadas sobre el manejo del suelo y las prácticas agrícolas para minimizar los riesgos asociados con la presencia de metales pesados. Podrán implementar estrategias de mitigación adecuadas y adoptar prácticas agrícolas sostenibles que promuevan la salud de los cultivos y la calidad de los alimentos producidos.

Los resultados de este estudio beneficiarán a la comunidad local del Distrito Municipal de Angelina al proporcionar información sobre los riesgos asociados con la contaminación por metales pesados en los suelos agrícolas. Esto aumentará la conciencia pública sobre los posibles efectos negativos en la salud y el medio ambiente. Asimismo,

las estrategias de manejo del suelo y las prácticas agrícolas sostenibles recomendadas ayudarán a garantizar la producción de alimentos seguros y de calidad para la comunidad.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Cuantificación de Plomo en Suelos Agrícolas aledaños a la Estación de Servicio de Propa-gas en el Distrito Municipal de Angelina: Implicaciones para la Producción Agrícola 2024.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar el pH de los suelos en diferentes zonas cercanas a la estación.
- Determinar las concentraciones de plomo en los suelos agrícolas cercanos a la estación.
- Relacionar el pH y la biodisponibilidad del plomo en los suelos agrícolas cercanos a la estación de propagas.
- Evaluar los posibles efectos del pH y contenido de plomo en la producción.

1.5 Cuadro de Variables e indicadores

Objetivo Específico	Variable	Indicador	Instrumento
Determinar el pH de los suelos en diferentes zonas cercanas a la estación.	pH del suelo	- Nivel de acidez/alcalinidad del suelo. - Variación del pH en diferentes zonas.	pHmetro
Determinar las concentraciones de plomo en los suelos	Concentración de plomo en el suelo	- Nivel de plomo en el suelo.	Espectrofotómetro de absorción atómica (EAA)

agrícolas cercanos a la estación.			
Relacionar el pH y la biodisponibilidad del plomo en los suelos agrícolas cercanos a la estación de propa-gas.	Biodisponibilidad del plomo	Porcentaje de plomo disponible para ser absorbido por las plantas. Efecto del pH en la absorción de plomo por las plantas	Espectrofotómetro de absorción atómica (EAA)
Evaluar los posibles efectos del pH y contenido de plomo en la producción.	Efectos en la agricultura	Rendimiento de los cultivos Calidad de los productos agrícolas	Observación de resultados del laboratorio

1.6 Definición de términos.

Plomo (Pb): El plomo es un metal pesado tóxico que puede acumularse en los suelos y ser absorbido por las plantas, representando un riesgo para la salud humana y animal (Motto, 2009).

Suelo: El suelo constituye uno de los recursos más importantes para la vida en el planeta, ya que es la base fundamental para la explotación agropecuaria y forestal. La producción de alimentos depende en un alto porcentaje del uso que se les dé a los suelos (Martin y Adad, 2006).

pH: El pH es una medida de la acidez o alcalinidad de una solución y se define como el logaritmo negativo en base 10 de la actividad de iones de hidrógeno (H^+) (Vera, 2018).

pH del suelo: El pH del suelo es una medida de la acidez o alcalinidad del mismo, que afecta la disponibilidad de nutrientes y la absorción de contaminantes como el plomo (FAO, 2023).

Producción agrícola: La producción agrícola se refiere a la cantidad y calidad de los cultivos obtenidos en una determinada área, la cual puede verse afectada por la contaminación del suelo con metales pesados como el plomo (Lara, 2008).

Biodisponibilidad del plomo: La biodisponibilidad del plomo en el suelo se refiere a la fracción del metal que puede ser absorbida y utilizada por las plantas. Está influenciada por factores como el pH, la materia orgánica y la textura del suelo (Moreno et al., 2008).

Suelos Agrícolas: Suelos utilizados para el cultivo de plantas comestibles o forrajeras. Deben tener características físicas, químicas y biológicas adecuadas para el crecimiento de las plantas (FAO, 2023).

Estación de Servicio de Propa-gas: Lugar donde se vende y distribuye gas licuado de petróleo (GLP) para su uso en cocinas, calefactores y otros dispositivos domésticos o industriales (Amexgas, 2023).

1.7 Marco contextual.

Ubicación geográfica de la Provincia Sánchez Ramírez

Sánchez Ramírez es una de las 32 provincias de la República Dominicana y se encuentra en el centro del país, en la subregión del Cibao conocida como Cibao Central o meridional, en el Valle del Yuna. Su capital es el municipio de Cotuí. Esta Provincia limita por el norte con la provincia Duarte, por el este y el sur con la provincia Monte Plata y por el oeste con las provincias Monseñor Nouel y La Vega.

Ubicación geográfica del Municipio de Villa la Mata

Villa La Mata de la Provincia Sánchez Ramírez, es uno de los municipios más jóvenes de la República Dominicana. Se limita al norte con la Provincia Duarte, al oeste con el Municipio Fantino, y al sur y al este con el Municipio cabecera Cotuí.

Está formado por los distritos municipales de:

La Mata

La Bija

Angelina

Hernando Alonzo

Geografía de Villa La Mata

En lo que respecta a su relieve, ocupa un territorio llano casi en su totalidad. Estas llanuras son el resultado de la cercanía al río Yuna por el efecto de sus crecidas. En la zona urbana la mayor depresión que existe es la zona conocida como La Joya, nombre referente a la mayor cañada del Yuna. El suelo que predomina en el Municipio es el tipo arcillo-limoso, principalmente toda la franja arrocera. Sin pasar desapercibido el litoral del río Yuna, cuya textura y estructuras son distintas; compuesto básicamente por partículas finas de limo y arena.

Las redes hidrográficas de La Mata son casi todas artificiales. Han sido creadas para fines agrícolas o de consumo, excepto el río Yuna y los arroyos Guamita, Pontón, Yaquesillo y Bomita. Se comprueba la existencia de una cantidad de aguas subterráneas (Ramírez, 2020).

Breve descripción del Distrito Municipal de Angelina

El Distrito Municipal de Angelina, está ubicado a unos 17 kilómetros al suroeste de San Francisco de Macorís, a 11 kilómetros al Norte de la ciudad de Cotuí y a unos 42 kilómetros aproximadamente al Sureste de La Vega. Tiene una población de 18,000 habitantes, encontrándose en ella una gran población de inmigrantes haitianos, los cuales se dedican a las labores agrícolas, especialmente al cultivo de arroz (Oficina Nacional de Estadística, ONE, 2021)

Las condiciones climáticas imperantes se caracterizan por una temperatura promedio de 25.5°C y una precipitación pluvial de 1500 a 1600 mm/año; lo que permite ubicarla en la zona Bosque Húmedo Sub-tropical según el bosquejo de zonas de vida de Holdrige (1987).

Dentro de los ríos principales está el río Camú, afluente del río Yuna, que es el segundo en superficie y el de mayor caudal del país. El río Camú, es una de la afluente más importante por su tamaño y utilidad. Además de este río, los afluentes del río Yuna son: el Jima, Yami, Bacuí, Pontón, Cuayá, Jaya y Guiza (Regalado, 2009).

1.8 Alcance y límites de la investigación.

Delimitación de contenido:

Campo: Ciencias

Área: Química

Aspecto: Cuantificación de Plomo en Suelos Agrícolas aledaños a la Estación de Servicio de Propagas en el Distrito Municipal de Angelina: Implicaciones para la Producción Agrícola.

Delimitación espacial: El área de estudio se enfocará específicamente en los suelos agrícolas que se encuentran a una distancia de hasta 500 metros alrededor de la Estación de Servicio de Propagas. Esta selección se basa en la necesidad de comprender de manera detallada los posibles efectos de la contaminación por plomo proveniente de la estación de servicio en las tierras agrícolas más cercanas.

Esta investigación se realizará con la finalidad de investigar la Cuantificación de Plomo en Suelos Agrícolas aledaños a la Estación de Servicio de Propagas en el Distrito Municipal de Angelina, Implicaciones para la Producción Agrícola.

Delimitación temporal: La investigación se realizó durante el periodo de Mayo \ Agosto del 2024.

Alcance investigativo: Cuantificación de Plomo en Suelos Agrícolas aledaños a la Estación de Servicio de Propagas en el Distrito Municipal de Angelina: Implicaciones para la Producción Agrícola.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Introducción

En este capítulo se presenta una base sólida de conocimientos para sustentar la investigación. Se realizará un análisis exhaustivo de teorías, investigaciones, leyes y antecedentes relevantes, seleccionando cuidadosamente aquellos que se consideran válidos y confiables para sustentar esta investigación.

2.2 pH del suelo

El pH del suelo aporta una información de suma importancia en diversos ámbitos de la edafología. Uno de la más importante deriva del hecho de que las plantas tan solo pueden absorber los minerales disueltos en el agua, mientras que la variación del pH modifica el grado de solubilidad de los minerales. Por ejemplo, el aluminio y el manganeso son más solubles en el agua edáfica a un pH bajo, y cuando tal hecho ocurre, pueden ser absorbidos por las raíces, siendo tóxicos a ciertas concentraciones (Ibáñez, 2007).

El pH de los suelos más común va de 4.5 a 9.0. Pero el pH ideal para la mayoría de los cultivos está dentro del intervalo de 5.8 a 7.5, por ejemplo, el pH óptimo de crecimiento del maíz es de 5.5 – 7.5 y 4.8 – 6.5 para la papa (Gallo, 2017).

2.2.1 Nivel de acidez \alcalinidad del suelo

Dado que existen diferentes tipos de suelo en el mundo cada uno de ellos se diferencia por sus propias características en cuanto a los nutrientes, lo que creará o no las

condiciones necesarias para el desarrollo de las especies de plantas que en él crezcan. El pH del suelo, también conocido como acidez del suelo, se puede expresar usando la escala de pH, esta escala va desde 0 hasta 14 unidades. Los suelos con pH sobre 7 son básicos (Rivera et al., 2018).

La concentración de protones del suelo, expresada mediante el pH, puede tener valores tan extremos como 3 y 10. Desde el punto de vista agrícola se busca que los suelos estén en un rango de pH más estrecho, que estén entre 5,5 y 6,5, rango donde crecen satisfactoriamente la mayoría de los cultivos (FAO, 2023).

Los suelos con pH bajo 7 son ácidos, los suelos suelen ser sometidos a actividades humanas, que a menudo son para satisfacer sus necesidades básicas, por lo que esto lleva a exponer las alteraciones en su pH mediante la aplicación de químicos y herbicidas con el fin de mejorar la calidad y producción de cultivo, sin prestarle atención si afecta al suelo de manera muy directa. Por lo que, como consecuencia, los suelos se tornan salinos o incluso estériles (Rivera et al., 2018).

La acidez es provocada por la presencia de protones, los cuales tienen diversos orígenes en el suelo. La hidrólisis del dióxido de carbono proveniente de la respiración de los microorganismos, la hidrólisis de cationes metálicos y de los grupos ácidos de la materia orgánica, de los grupos oxhidrilos de las láminas de aluminosilicatos y de los fertilizantes, son algunos ejemplos. El proceso de lixiviación de bases está presente en todas aquellas situaciones con drenaje positivo, aunque de acuerdo al ambiente tendrá diferente magnitud. Su movimiento se debe a la presencia de aniones que, formando pares iónicos con las mencionadas bases, son arrastrados a lo largo del perfil en la solución

edáfica. Este proceso es relevante en ambientes tropicales. En áreas templadas la exportación de bases a través de las cosechas y la fertilización nitrogenada son las principales causas de la acidificación (Vázquez, 2017).

2.2.2 Variación del pH

El pH del suelo es un factor crucial en la agricultura, ya que afecta directamente la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Las plantas sólo pueden absorber minerales que están disueltos en el agua del suelo, y el pH influye en la solubilidad de estos minerales. Por ejemplo, minerales como el aluminio y el manganeso se vuelven más solubles en suelos con pH bajo. Cuando estos minerales son absorbidos por las raíces en concentraciones elevadas, pueden ser tóxicos para las plantas. En contraste, minerales esenciales como el fosfato de calcio son menos solubles en suelos con pH alto, lo que dificulta su absorción y, en consecuencia, su capacidad para nutrir a las plantas. Es importante mencionar que en la naturaleza existen plantas adaptadas a condiciones de pH extremas, ya sean altamente ácidas o básicas, lo que les permite prosperar en suelos que podrían ser inadecuados para otras especies (FAO, 2023).

2.3 Concentración de plomo en el suelo

El plomo es un metal altamente tóxico y, a menudo, se encuentra en combinación con el cadmio (Cd) y el zinc (Zn) debido a las similitudes que estos metales comparten (Ferrer, 2003). Estas características también se pueden asociar con el hierro (Fe), níquel (Ni) y cobalto (Co). La interacción de este trío de metales (Fe, Ni y Co) con las plantas y el suelo puede limitar la transferencia de plomo a la cadena alimenticia (Soto y Olvera, 2019). Cuando el plomo está presente en suelos alterados, su movilidad puede ser reducida

mediante la aplicación de fósforo y magnesio. Sin embargo, es importante tener en cuenta que esta intervención puede afectar la biodisponibilidad de otros metales esenciales para las plantas (Hettiarchchi y Pierzynski, 2002).

2.3.1 Nivel de plomo en el suelo

Los niveles de plomo en el suelo pueden variar ampliamente dependiendo del contexto industrial y agrícola, con concentraciones que pueden ir desde unos pocos miligramos por kilogramo hasta varios miles de miligramos por kilogramo en áreas altamente contaminadas (OMS, 2010).

De acuerdo a Oriundo (2019), se evaluaron los niveles de plomo en los suelos y techos de casas ubicadas cerca de fábricas en el distrito de Ñaña, Chaclacayo. Se encontró que las concentraciones normales de plomo en suelos no contaminados varían entre 5 y 25 mg/kg. Sin embargo, en áreas contaminadas, las concentraciones pueden alcanzar hasta 8 g/kg. Según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, una cantidad de 15 µg de plomo por litro en el suelo es preocupante, porque puede causar daño en el cerebro y el sistema nervioso.

Una vez que el plomo cae al suelo, se adhiere fuertemente a partículas en el suelo y permanece en la capa superior del suelo. Es por esta razón que los usos del plomo en el pasado, por ejemplo, en la gasolina con plomo, y en pinturas y plaguicidas han tenido un impacto tan importante en la cantidad de plomo que se encuentra en el suelo (Organización Mundial de la Salud, WHO, 2024)

2.4 Biodisponibilidad del plomo

La biodisponibilidad se refiere a la concentración de un elemento que se encuentra disponible para los organismos vivos, y está definida por la relación que hay entre la concentración en el suelo y el nivel "introducido en" o en el organismo. No es una simple función del contenido total en el suelo y está vinculada a los ciclos biológicos, a los geoquímicos y a los edáficos, e influenciada por las actividades antrópicas. Las diferentes formas en las que los EPTs pueden existir en los suelos se asocian con componentes muy heterogéneos y con contenidos diversos, tales como la materia orgánica y la fracción arcilla. Para comprender la biodisponibilidad y las vías de movilidad es necesario, por tanto, disponer de información precisa, tanto de la concentración total en el suelo como la de la disolución y su especiación, de las fases geoquímicas a la que se unen y del organismo receptor potencial (Vila, 2018).

Estudios han revelado que la adición de biosólidos en suelos agrícolas puede afectar la biodisponibilidad de metales como Cu, Pb, Ni y Zn a lo largo del tiempo. Por ejemplo, se observó que la mayor biodisponibilidad de Cu y Pb se presentó un año después de la aplicación de biosólidos, mientras que el Ni alcanzó su pico de biodisponibilidad a los 6 años. En el caso del Zn, su mayor biodisponibilidad se registró a los 2 años de la adición de biosólidos (González et al., 2011).

La fracción biodisponible depende de parámetros físicos y químicos del suelo, tales como la textura, el pH y el contenido de materia orgánica, los que interactúan para determinar los procesos de adsorción/desorción de los metales/metaloides en los suelos, afectando su disponibilidad para las plantas y otros organismos (Adriano, 2001).

Existen diversos estudios realizados desde la década del 70 que han demostrado que los vehículos que transitan por las carreteras se transforman en una fuente importante de Pb hacia zonas agrícolas adyacentes por deposición atmosférica de partículas de polvo con contenidos de Pb variable (Markus y Mcbratney, 2001).

2.4.1 Porcentaje de plomo disponible para ser absorbido por las plantas

El plomo forma diversos complejos con el suelo. componentes, y sólo una pequeña fracción del plomo presente como estos complejos en la solución del suelo son fitodisponibles. A pesar de su falta de función esencial en las plantas, el plomo es absorbido principalmente a través de las raíces de la solución del suelo y, por lo tanto, puede ingresar a la cadena alimentaria (García y Sánchez, 2012).

La absorción de plomo por las raíces se produce a través de la vía apoplástica o a través de canales permeables al Ca^{2+} . El comportamiento del plomo en el suelo y su absorción por las plantas está controlado por su especiación y por el pH del suelo, el tamaño de las partículas del suelo, la capacidad de intercambio catiónico, área de superficie radicular, exudación radicular y grado de transpiración micorrízica. Después de la absorción, el plomo se acumula principalmente en las células de la raíz, debido al bloqueo por las tiras de Caspar dentro de la endodermis. El plomo también queda atrapado por las cargas negativas que existen en las paredes celulares de las raíces (Ibíd, 2012).

La acumulación excesiva de plomo en el tejido vegetal perjudica diversas funciones morfológicas, fisiológicas y bioquímicas de las plantas, ya sea directa o indirectamente, e induce una variedad de efectos nocivos. Provoca fitotoxicidad al cambiar la permeabilidad de la membrana celular, al reaccionar con grupos activos de

diferentes enzimas involucradas en el metabolismo de las plantas y al reaccionar con los grupos fosfato de ADP o ATP, y al reemplazar iones esenciales. La toxicidad del plomo causa inhibición de la producción de ATP, peroxidación lipídica y daño al ADN por la producción excesiva de especies reactivas de oxígeno, denominada ROS (Oriundo, 2019).

Además, el plomo inhibe fuertemente la germinación de las semillas, el alargamiento de las raíces, el desarrollo de las plántulas, el crecimiento de las plantas, la transpiración, la producción de clorofila y el contenido de agua y proteínas. Los efectos negativos que el plomo tiene sobre el crecimiento vegetativo de las plantas se deben principalmente a los siguientes factores: distorsión de la ultraestructura del cloroplasto, obstrucción del transporte de electrones, inhibición de las enzimas del ciclo de Calvin, absorción deficiente de elementos esenciales, como Mg y Fe, y deficiencia inducida de CO₂ resultante. del cierre de las estomas (Pourrut et al., 2011).

2.4.2 Efecto del pH en la absorción de plomo por las plantas

En el estudio realizado por Mahdiah et al (2013) se menciona que la cantidad de plomo absorbido por las plantas está relacionada con la cantidad de biomasa generada durante la germinación. Un mayor pH del suelo puede influir en la cantidad de plomo absorbido por las plantas, ya que afecta la disponibilidad de este metal pesado en el suelo.

Por otro lado, García menciona que la cantidad de plomo absorbida por las plantas se ve afectada por el pH del suelo, entre otros factores como la materia orgánica y el contenido de fósforo. Un suelo con un pH específico puede influir en la acumulación de plomo en diferentes partes de la planta, como raíces, tallos y hojas (García, 2009).

2.5 Efectos en la agricultura

El impacto de los metales pesados en la agricultura es una preocupación creciente que afecta tanto la sostenibilidad ambiental como la seguridad alimentaria. Estos elementos, a menudo residuos de actividades industriales, pueden infiltrarse en los suelos agrícolas, alterando el equilibrio ecológico y poniendo en riesgo la salud de los cultivos. Su presencia en el suelo no solo compromete la calidad de los productos agrícolas, sino que también plantea serios riesgos para la salud humana (Martínez, 2019).

Los efectos de la contaminación por metales pesados en cultivos agrícolas representan un desafío considerable para la producción sostenible de alimentos. Estos metales, incluyendo plomo, cadmio y mercurio, pueden acumularse en los suelos agrícolas a través de fuentes como aguas residuales industriales, pesticidas y fertilizantes. Esta acumulación resulta en la absorción de metales por las plantas, afectando su crecimiento y desarrollo. Además, la presencia de estos contaminantes en los cultivos puede llevar a una disminución significativa en la calidad y seguridad de los alimentos producidos, planteando riesgos para la salud humana (Ibíd, 2019).

La preocupación por los metales pesados en la agricultura va más allá de la mera producción de cultivos. Estos elementos tóxicos tienen el potencial de entrar en la cadena alimentaria, donde su bioacumulación puede tener efectos perjudiciales para la salud. La exposición a largo plazo a estos metales en los alimentos puede causar problemas de salud serios, incluyendo trastornos neurológicos y daño renal. Por tanto, la monitorización y gestión de la contaminación por metales pesados en los suelos agrícolas es crucial para proteger tanto la seguridad alimentaria como la salud pública (Rodríguez et al., 2019).

Los metales pesados, como el cadmio, el plomo y el mercurio, pueden ser extremadamente tóxicos para los cultivos. Su presencia en el suelo puede inhibir el crecimiento de las plantas, reducir la fertilidad y comprometer la calidad de los frutos. Además, la acumulación de estos metales en los cultivos puede hacer que los alimentos sean inseguros para el consumo humano (Franni, 2024).

2.5.1 Rendimiento de los cultivos

Las condiciones climáticas juegan un papel fundamental en la determinación del rendimiento de los cultivos. Un clima favorable, como precipitaciones adecuadas y temperaturas óptimas, puede propiciar un crecimiento robusto de los cultivos y mayores rendimientos. Por el contrario, las sequías, las inundaciones o las temperaturas extremas pueden afectar gravemente la producción de cultivos, lo que resulta en menores rendimientos. Por ejemplo, en 2012, Estados Unidos experimentó una grave sequía que provocó una disminución significativa de los rendimientos del maíz y la soja. Como resultado, los precios agrícolas de estos productos básicos se dispararon, lo que afectó no sólo a los agricultores sino también a los consumidores que dependen de estos productos básicos (Gallardo et al., 2018).

Otro factor crucial que influye en el rendimiento de los cultivos es la adopción de tecnologías y prácticas agrícolas avanzadas. Las técnicas agrícolas modernas, como la agricultura de precisión y los cultivos genéticamente modificados, tienen el potencial de aumentar los rendimientos y mejorar la resiliencia de los cultivos. Al optimizar insumos como fertilizantes, agua y pesticidas, los agricultores pueden mejorar su productividad y, en última instancia, impactar los precios agrícolas (Brown y Green, 2017).

Uno de los factores más críticos que influyen en el rendimiento de los cultivos es la calidad y fertilidad del suelo en el que se cultivan. El suelo proporciona nutrientes y minerales esenciales necesarios para el crecimiento de las plantas. Factores como el pH del suelo, el contenido de materia orgánica, la disponibilidad de nutrientes y la textura del suelo pueden afectar significativamente la productividad de los cultivos. Por ejemplo, los cultivos que se cultivan en suelos arcillosos bien drenados con un nivel de pH entre 6 y 7 generalmente presentan rendimientos más altos en comparación con los que se cultivan en suelos arenosos o con mal drenaje. Los agricultores pueden mejorar la fertilidad del suelo adoptando prácticas como la rotación de cultivos, agregando materia orgánica (como abono o estiércol) y utilizando fertilizantes apropiados basados en análisis del suelo (Dakota, 2024).

2.5.2 Calidad de los productos agrícolas

La calidad en los alimentos es un atributo complejo que está en constante evolución. Esta posee diferentes cualidades que la hacen en algunos aspectos difícil de valorar ya que tiene dos vertientes diferenciadas, por un lado, está la calidad objetiva, la cual es medible y fácilmente reconocible y por otro lado existe un aspecto de la calidad subjetiva que depende del observador y por lo tanto no es fácil de determinar y medir. Para entender la noción de calidad hay que entender que no se refiere a algo en concreto, sino que está íntimamente relacionado todo el sistema productivo que tiene lugar desde el principio hasta que el producto está finalizado, un producto es de mejor calidad cuando es superior a otro en varios atributos que son reconocidos por el consumidor (Wright, y Stewart, 2015).

Consideramos que la calidad de un alimento se debe entender desde una visión holística que abarque todo el proceso productivo, el cual comprende una gran variedad de fases. Hay que respetar y controlar al máximo todas y cada una de las fases productivas, con el objetivo de que no se desvíen de la finalidad principal, que es producir un alimento seguro, sano y siguiendo un proceso que respete y promueva la vida y el bienestar animal, así como el cuidado y mantenimiento del medio ambiente (FAO, 2023).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Introducción

En este capítulo se presenta una explicación de la metodología que se procedió a utilizar para la realización de este estudio, cuyo objetivo es la Cuantificación de Plomo en Suelos Agrícolas aledaños a la Estación de Servicio de Propa-gas en el Distrito Municipal de Angelina: Implicaciones para la Producción Agrícola. Se presentarán todos los elementos que forman parte del diseño de investigación, población, selección de la muestra, método para la muestra, análisis de los datos.

3.2 Tipo de diseño de investigación

El presente estudio correspondió a un diseño de investigación analítico experimental, puesto que se utilizarán relaciones de causa y efecto entre variables, se tomarán muestras de suelo y serán analizadas en el laboratorio para determinar la cantidad de pH y de plomo que puedan tener estos suelos. Es transeccional o transversal ya que según Hernández et al. (2018), recolectan datos en un solo momento y un tiempo único.

Para la realización de este trabajo de investigación se utilizará un enfoque mixto, el cual, según Hernández et al. (2018), constituyendo el mayor nivel de investigación entre ambos enfoques, el cuantitativo y el cualitativo donde se combinan durante todo el proceso de investigación. por lo cual, en este estudio se presentarán los datos mediante porcentajes numéricos, utilizando cuadros y realizando deducciones a partir de los datos encontrados y a partir de los mismos se establecerán las conclusiones.

3.3 Población y selección de muestra

Para la realización de este estudio la población de interés estuvo formada por las dos parcelas de arroz cercanas a la estación de servicio, de las cuales se tomarán muestras para verificar la presencia de plomo y el pH en estos suelos.

Para el estudio de plomo y la determinación de pH en el suelo se tomarán doces muestras de 150 g a 30 cm de profundidad por cada parcela. Las muestras fueron seleccionadas de las dos parcelas más cercanas de la estación de servicio, las cuales están ubicadas una a su lado derecho y otra a su lado izquierdo, se seleccionarán 3 puntos de muestreos al alza o de forma aleatoria, considerando 3 distancias desde la estación de servicio a una profundidad de 0-30 cm.

3.4 Técnica y recolección de datos

Las muestras fueron recolectadas de manera directa por el equipo investigador según los estándares de validaciones y recomendaciones a seguir en las dos fincas más cercanas a la estación, las cuales serán etiquetadas y trasladadas en envases. Se colocó la muestra compuesta en una bolsa de plástico limpia o en un contenedor adecuado luego se etiqueta cada bolsa o contenedor con información relevante, como la ubicación del muestreo, la fecha y el tipo de suelo, utilizando un marcador permanente, para garantizar que estas pudieran conservar sus propiedades originales.

En el estudio de los suelos para observar la posible variabilidad de pH se tomó dos muestras por cada punto a diferente profundidad de los suelos agrícolas aledaños a la Estación de Servicio de Propa-gas en el Distrito Municipal de Angelina, luego se determinó el plomo utilizando Espectroscopía de Absorción Atómica (AA) a una longitud

de onda 283.31 nm y el pH con el uso de un pH metro en un rango 0 a 14, mediante la realización de pruebas y análisis de forma directa a las muestras de suelo. Para ello se recolectaron las muestras en las dos parcelas más cercanas a la estación de servicio y se analizaron en el Laboratorio Ambiental Energético LAMENER de Santo Domingo, para garantizar la confiabilidad y el cuidado de las muestras.

3.5 Validez y confiabilidad

Para asegurar la validez y confiabilidad de los resultados, se utilizaron materiales de referencia certificados por el laboratorio seleccionado para el análisis de esta investigación. Se tomaron seis repeticiones por cada parcela para tener la mayor reproducibilidad de los datos.

3.5.1 Análisis de los datos

Para el análisis de datos de los niveles de Pb se empleó el análisis de varianza para los resultados del contenido de plomo en suelo, con prueba de Tukey con significancia estadística ($p < 0.05$) para comparar los puntos de muestreo en las dos parcelas; para evidenciar la diferencia entre los resultados obtenidos de las diferentes parcelas a los parámetros evaluados. Se establecieron las asociaciones de los niveles de Pb con los diferentes parámetros evaluados, mediante un análisis de Regresión Lineal Simple ($p < 0.05$). Por otro lado, los resultados de pH se le realizará una estadística descriptiva. Todos los análisis se realizaron por duplicado. Los análisis estadísticos se realizaron por el ANOVA, con un nivel de confianza de 95% y un nivel de significancia de 0.05. Mediante el Software estadístico de Excel.

3.6 Procedimiento

El procedimiento que se empleó en esta investigación se basó en las metodologías planteadas por Montes de Oca et al. (2022) para la determinación de Pb y por Tello et al. (2018) para el manejo de muestra y la determinación de pH. A continuación, se detallará las etapas del procedimiento a seguir:

3.6.1 Recolección de muestra

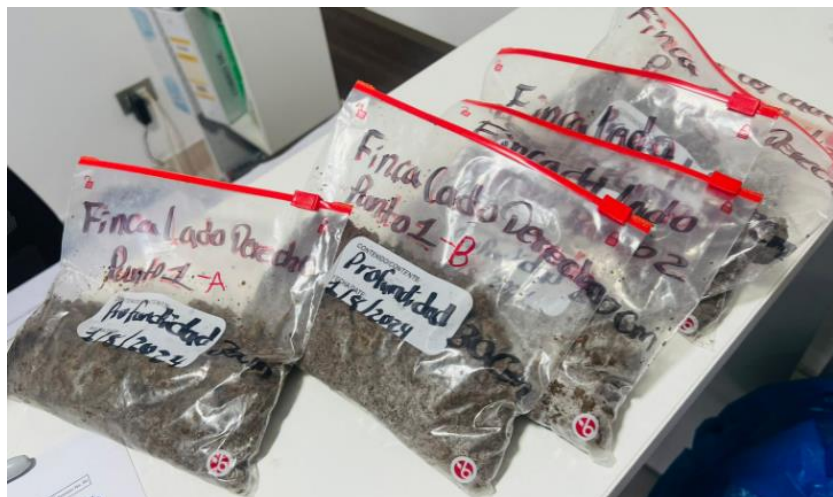
1. Seleccionar aleatoriamente los 3 puntos de muestreo considerando las distancias y profundidades establecidas. Las muestras de suelo serán seleccionadas, considerando el tipo de cultivo y las características del suelo en la zona. Considerando la profundidad de 0-30 cm.
2. Utilizar el GPS o la cinta métrica para ubicar los puntos de muestreo exactos.
3. Retirar la vegetación y cualquier material extraño de la superficie del suelo en el punto de muestreo.
4. Utilizar una barrena de suelo o una pala para extraer muestras de suelo intactas en las profundidades establecidas.
5. Empaquetar las muestras: Colocar cada muestra de suelo en una bolsa individual, etiquetándola con la identificación del punto de muestreo, la profundidad y la fecha de recolección.
6. Almacenar las muestras: Transportar las muestras de suelo al laboratorio en un recipiente limpio y seco como se muestra en la imagen 1.

3.6.2 Tratamiento de la muestra

1. Mezclar cuidadosamente la muestra de suelo dentro de la bolsa para homogenizarla.

2. Transferir una porción de la muestra de suelo a un vaso de precipitados.
3. Agregar agua destilada o desionizada en una proporción 1:1 (p/v) suelo: agua.
4. Agitar la mezcla vigorosamente durante 5 minutos y dejar reposar durante 30 minutos.

Imagen 1. Muestras recolectadas en los diferentes puntos de las fincas aledañas a la Estación de Servicio Propa-gas en el Distrito Municipal de Angelina



Fuente: Imagen propia

3.6.3 Determinación de pH

1. Calibración del pH metro.
2. Sumergir el electrodo de pH en la suspensión de suelo preparada.
3. Esperar unos minutos hasta que la lectura se estabilice.
4. Registrar los valores de pH y a los datos se aplicó un análisis estadístico descriptivo.
5. Interpretar los resultados de acidez y alcalinidad del suelo

3.6.4 Cuantificación de plomo

1. Para la cuantificación de plomo se analizó los tres puntos muestreo por duplicado.
2. La determinación de concentración de plomo se realizaron en el Laboratorio de LAMENER, mediante AA con digestión ácida.

3. Se empleó una curva de calibración patrón a partir de concentraciones conocidas. Los niveles de plomo se expresarán en ppm.
4. Los datos se interpretaron por las normativas que regula los niveles óptimos de plomo y se le aplicó pruebas de significancia.

3.7 Alcance y Límites

Este estudio permitirá cuantificar los niveles de plomo en los suelos agrícolas cercanos a la Estación de Servicio de Propa-gas y determinar si existen riesgos para la producción agrícola.

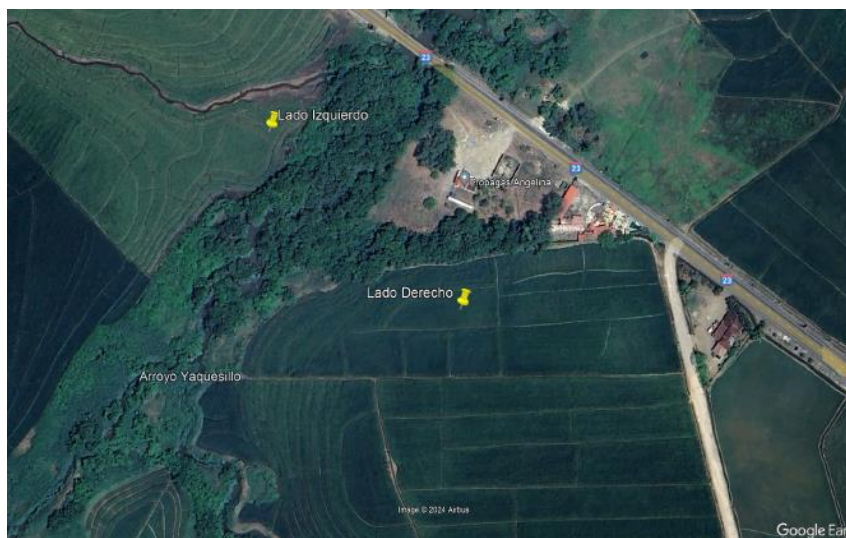
CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Introducción

En este capítulo se presentan los resultados y discusión de la investigación para cuantificar el contenido de plomo presente en los suelos agrícolas alrededor de la Estación de Servicio de Propa-Gas en el Distrito Municipal de Angelina. Los resultados están organizados en función de las variables y el muestreo fue realizado en dos fincas una al lado derecho e izquierdo como se muestra en la imagen 2.

Imagen 2. Localización de las fincas para el muestro de los suelos agrícolas alrededor de la Estación de Servicio de Propa-Gas en el Distrito Municipal de Angelina



Fuente: Imagen extraída del Reporte de los Resultados del Laboratorio LAMENER

(Anexo 1)

Para la determinación de pH y el contenido de plomo en cada finca se tomaron las muestras en tres puntos con una distancia de 50 metros y a una profundidad de 30 cm; y

los análisis se realizaron por duplicado. Los tres puntos de muestreo se encuentran en la zona limítrofe de las fincas a la Estación de Servicio, la Finca Lado Derecho (FLD) está a una distancia de 5 metros y la Finca Lado Izquierdo (FLI) a 16 metros de la Estación de Servicio de Propa-gas Angelina.

4.2 Obtención del pH de los suelos agrícolas en diferentes zonas cercanas a la Estación de Servicio de Propa-gas en el Distrito Municipal de Angelina

En la tabla 1 se muestra los resultados de pH obtenidos para los suelos agrícolas de las fincas de la lado derecho e izquierdo de la Estación de Servicio de Propa-gas en el Municipio Angelina. Se observa en la tabla 1 que las muestras de suelos de agrícolas de los puntos 2 y 3 de la FLD y los puntos 1, 2 y 3 de FLI se encuentran en un pH neutro permitiendo el desarrollo de una gran variedad de cultivos. Mientras en el punto 1 de la FLD se encuentra moderadamente ácido porque son suelos usados para una limitada variedad de cultivo (Japa, et al; 2020).

Tabla 1. Valores de pH de los suelos agrícolas en diferentes zonas cercanas a la Estación de Servicio de Propa-gas en el Distrito Municipal de Angelina

Muestras de Suelos Agrícolas	pH		
	Punto 1	Punto 2	Punto 3
Finca Lado Derecho (FLD)	5.63 ± 0.26	6.28 ± 0.13	6.37 ± 0.15
Finca Lado Izquierdo (FLI)	6.68 ± 0.13	6.93 ± 0.04	7.30 ± 0.02

Fuente: Datos del Reporte de los Resultados del Laboratorio LAMENER (Anexo 1),2024.

También se puede inferir que los resultados de pH de la FLI se encuentra dentro pH óptimo por estar a una distancia de 16 metros de la Estación Servicio Propa-gas con respecto a la FLD que se observa valores de pH moderadamente bajos por estar a una distancia de 5 metros. Según Bentón (2003) reporta que la causa de suelos ácidos es debida a la toxicidad o que los elementos no se encuentran en los niveles adecuados (citado por Ibarra, 2009).

4.3 Determinación de las concentraciones de plomo en los suelos agrícolas en diferentes zonas cercanas a la Estación de Servicio de Propa-gas en el Distrito Municipal de Angelina

Se observa en la tabla 2 los resultados de las muestras de los suelos agrícolas de la FLD y FLI, las cuáles presentan contenido de plomo y los niveles plomo disminuye de acuerdo a la distancia equidistante entre los puntos de muestreos. También se observa en los resultados que la FLD presenta niveles de plomo mayores en los puntos 1 y 2 con respecto a los puntos de muestreo de la FLI, se puede inferir que el aumento del contenido de plomo acumulado en la FLD se debe al estar 5 metros de distancia de la estación de servicio, ya que las partículas de plomo por acción de viento se pueden sedimentar en los suelos con facilidad y la actividad humana (Jiménez et al., 2017 citado por Sarmiento y Febres, 2021).

Las concentraciones encontradas de plomo en ambas fincas están dentro de los niveles permitidos para suelos de zonas agrícolas según la Comisión Europea de Agricultura, ECA (2002), lo cual el contenido de plomo hallado en las fincas puede ser debida a los niveles de contaminación generado por la Estación de Servicio de Propa-gas

Angelina, siendo la combustión de la gasolina unos de los principales contaminantes de plomo en el suelo (Zia et al., 2007 citado por Sarmiento y Febres, 2021)

Tabla 2. Contenido de plomo de los suelos agrícolas en diferentes zonas cercanas a la Estación de Servicio de Propa-gas en el Distrito Municipal de Angelina

Muestras de Suelos Agrícolas	Contenido de Plomo (mgKg^{-1})		
	Punto 1	Punto 2	Punto 3
Finca Lado Derecho (FLD)	0.619 ± 0.175	0.614 ± 0.264	0.359 ± 0.167
Finca Lado Izquierdo (FLI)	0.609 ± 0.180	0.368 ± 0.174	0.239 ± 0.009

Fuente: Datos del Reporte de los Resultados del Laboratorio LAMENER (Anexo 1),2024.

4.3 Relación del pH y la biodisponibilidad del plomo en los suelos agrícolas cercanos a la Estación de Servicio de Propa-gas

En la tabla 3 y 4 se muestra cómo se relaciona los valores del pH y la biodisponibilidad del plomo, se puede observar en la FLD y FLI que a medida que aumenta el pH el contenido de plomo disminuye, debido a la distancia equidistante entre los puntos muestreo. Mientras más alejados estén los puntos de la zona limítrofe de la estación de servicio favorece a suelos apto para el cultivo, a pesar de que la FLD se encuentra a 5 metros de distancia de la Estación de Servicio Propa-gas con respecto FLI.

También es de resaltar que el punto 1 de la FLD presentó un pH moderadamente ácido y mayor contenido de plomo, según Sánchez (2014) para que haya una adsorción de plomo por las plantas del suelo se incrementa a $\text{pH} < 5$, por lo tanto, esa relación no afecta a que los microorganismos de suelos sean envenenados por esa cantidad de plomo ni los cultivos. La presencia de plomo en los suelos de la FLD y un pH moderadamente ácido permite mayor movilidad y biodisponibilidad para las plantas, promoviendo un intercambio catiónico con otros minerales, formando así compuestos con mayor solubilidad (Montes et al., 2022).

Tabla 3. Relación del pH y el contenido de plomo de los suelos agrícolas en la finca de lado derecho (FLD) de la Estación de Servicio de Propa-gas en el Distrito Municipal de Angelina

Muestras de Suelos Agrícolas			
FLD	Punto 1	Punto 2	Punto 3
pH	5.63 ± 0.26	6.28 ± 0.13	6.37 ± 0.156
Contenido de Plomo (mgKg^{-1})	0.619 ± 0.175	0.614 ± 0.264	0.359 ± 0.167

Fuente: Datos del Reporte de los Resultados del Laboratorio LAMENER (Anexo 1), 2024.

Por último, la relación de pH y biodisponibilidad de plomo no afecta los cultivos de arroz en FLD y FLI; con respecto a la cercanía de ambas fincas a la Estación de Servicio Propa-gas Angelina y a los cultivos arroz se infiere que los suelos son enriquecidos

sustancias húmicas que inmoviliza fuertemente el plomo y mejora la acidez de los suelos (Sánchez, 2014).

Tabla 4. Relación del pH y el contenido de plomo de los suelos agrícolas en la finca de lado izquierdo (FLI) de la Estación de Servicio de Propa-gas en el Distrito Municipal de Angelina

Muestras de Suelos Agrícolas			
FLI	Punto 1	Punto 2	Punto 3
pH	6.68 ± 0.13	6.93 ± 0.04	7.30 ± 0.02
Contenido de Plomo (mgKg ⁻¹)	0.609 ± 0.180	0.368 ± 0.174	0.239 ± 0.009

Fuente: Datos del Reporte de los Resultados del Laboratorio LAMENER (Anexo 1), 2024

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Introducción

En esta sección, se sintetizaron las conclusiones más importantes derivadas de los datos analizados y se proporcionan recomendaciones basadas en esos hallazgos.

5.2 Conclusiones

Las conclusiones se hicieron en base a los objetivos específicos planteados en el punto 1.4.

Determinar el pH de los suelos en diferentes zonas cercanas a la estación

Se encontró que los valores de pH de los puntos de muestreos de suelos agrícolas de FLI se encuentran dentro de los rangos aceptable de pH (6 a 7.5) para suelos agrícolas, sin embargo, los valores de pH de la FLD estuvieron bajo con respecto a la FLI, no obstante los valores pH de los puntos 2 y 3 de la FLD están dentro del rango, a excepción del punto 1 que presentó una acidez moderadamente ($\text{pH} < 6$) la diferencia de pH se asume a que la distancia la FLD está a 5 metros de la Estación de Servicio Propa-gas Angelina con respecto a la FLI que se encuentra a 16 metros, pero ese pH de 5.63 ± 0.26 no presenta un riesgo inmediato para los cultivos agrícolas que se encuentra FLD.

Determinar las concentraciones de plomo en los suelos agrícolas cercanos a la estación

Se determinó la presencia de plomo en los suelos agrícolas de las FLD y FLI de la Estación de Servicio Propa-gas Angelina en concentraciones bajas que variaba entre 0.619 ± 0.175 y $0.239 \pm 0.009 \text{ mgKg}^{-1}$, los valores se encontraban dentro de los valores

permitidos por ECA, los cuáles no presenta un riesgo inmediato para los cultivos agrícolas y la población humana.

Relacionar el pH y la biodisponibilidad del plomo en los suelos agrícolas cercanos a la estación de propa-gas

La relación de pH y biodisponibilidad de plomo no afecta los cultivos de arroz en FLD y FLI; con respecto a la cercanía de ambas fincas a la Estación de Servicio Propa-gas Angelina y a los cultivos arroz se infiere que los suelos son enriquecidos sustancias húmicas que inmoviliza fuertemente el plomo y mejora la acidez de los suelos.

Evaluar los posibles efectos del pH y contenido de plomo en la producción

Los valores encontrados de pH y contenido de plomo no afectan la producción de cultivo arroz presente en ambas físicas porque se encuentra por debajo de los límites establecidos, promoviendo un intercambio catiónico con otros minerales presente en la planta.

5.3 Recomendaciones

Al Ministerio de Agricultura

Se recomienda llevar a cabo análisis periódicos del contenido de plomo y pH de las fincas agrícolas que se encuentra cercanas a las Estaciones de Servicios. Estos análisis deben realizarse en intervalos regulares y en diferentes momentos del año para monitorear la calidad de los suelos agrícolas. Esto facilitará la implementación de medidas preventivas y correctivas para evitar un deterioro significativo de los suelos, garantizando así la protección de la población.

A futuros Investigadores y Agricultores

Se sugiere ampliar el alcance de la investigación para incluir un análisis más exhaustivo como los micro y macronutrientes, % de humedad, cantidad de materia orgánica. Esta ampliación del estudio no solo proporcionará una comprensión más integral de la calidad de los suelos agrícolas y de los cultivos. Se recomienda que los agricultores realicen análisis de suelo de manera periódica, al menos una vez al año, para monitorear los niveles de plomo y otros contaminantes. Esto permitirá detectar cualquier aumento en la concentración de metales pesados y tomar medidas a tiempo.

Al Ayuntamiento Municipal y las Comunidades Locales

Se recomienda implementar programas de educación ambiental que promuevan la gestión adecuada del manejo de los combustibles y otras sustancias que promueva la contaminación de plomo en los suelos agrícolas, agua y alimentos. Estos programas deben incluir talleres, charlas y actividades prácticas que involucren a la comunidad en la protección de los diferentes ecosistemas. La participación activa de los ciudadanos es esencial para fomentar una cultura de conservación y sostenibilidad de los suelos agrícolas para la población humana.

Referencias Bibliográficas

- Adriano, D. (2001). Trace Elements in terrestrial environment: biogeochemistry, bioavailability and risks of metals. 2ª edición. Estados Unidos: Springer. 867p.
- Cayago, E., & Bonilla, S (2016). Absorción de plomo de suelos altamente en especies vegetativas usadas para el consumo animal y humano. *La Granja*. 23(1), 39-51
<https://www.redalyc.org/journal/4760/476051461004/html/>
- Contreras, J; Mendoza, C., & Gómez, A. (2004). Determinación de metales pesados en aguas y sedimentos del Río Haina. *Ciencias y Sociedad*. (19)1,38-71.
<https://revistas.intec.edu.do/index.php/ciso/article/view/711/1859>
- Del Orbe, R; Concepción, A., & Gil, N. (1997). Diagnóstico de las malezas que afectan el cultivo del arroz (*Oryza sativa*) y factores que influyen en su control en condiciones bajo riego en el proyecto AC-35 de Angelina, Provincia Sánchez Ramírez. Instituto Tecnológico del Cibao Oriental (ITECO), Cotuí, Provincia Sánchez Ramírez, República Dominicana. [Tesis grado, Universidad UTECO]. Repositorio en físico de tesis y trabajos de investigación.
- ECA, Comisión Europea de Agricultura, (2002). *Ordenación sostenible de tierras y recursos hídricos: Lucha contra la desertificación y prevención de la degradación de las tierras*. <https://www.fao.org/4/y6498s/y6498s.htm>
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, (2023). *Suelos y nutrición*. <https://www.fao.org/soils-portal/portal-de-suelos-de-la-fao/es/>
- Ferrer, A. (2003). Intoxicaciones por metales. Anales del sistema sanitario de Navarra, 26(1), 141-153. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1137-66272003000200008
- García, Y., Ramírez, W., & Sánchez, S. (2012). Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. *Pastos y Forrajes*, 35 (2), 125–138.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942012000200001&script=sci_arttext

- Lago, M. (2018). Biodisponibilidad de metales pesados en suelos contaminados. Tesis de doctorado, Universidad de Rioja]. Repositorio digital de tesis y trabajos de investigación
<https://www.investigacion.biblioteca.uvigo.es/xmlui/handle/11093/1123>
- Lara, R. (2008). Evaluación de la presencia de plomo a través de huertos hortícolas urbanos en la ciudad de Cuenca. [Tesis grado, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador]. Repositorio digital de tesis y trabajos de investigación.
<https://dspace.upse.edu.ec/handle/123456789/17317>
- Machecha, J; Trujillo; J; & Torres; M. (2017). Análisis de estudios en metales pesados en zonas agrícolas de Colombia. Orinoquia, 21(1), 83-93.
<https://www.redalyc.org/pdf/896/89659219003.pdf>
- Manahan, S. (2010). Environmental Chemistry (9th ed.). CRC Press.
- Markus, J; & Mcbratney, A. (2001). A review of the contamination of soil with lead: II. Spatial distribution and risk assessment of soil lead. *Environment International*, 27(5), 399-411.
- Martínez, R. (2019). Evaluación de la contaminación por plomo en suelos agrícolas de áreas industriales. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio digital de tesis y trabajos de investigación.
<https://repositorio.unam.mx/handle/123456789/112233>.
- Mendoza, B; Torres, D; Merú, L; Gómez, C; Estanga, M., & García, Y. (2021). Concentración de metales pesados en suelos agrícolas bajo diferentes sistemas de labranza. *Tecnológica*, 24(51), 1738-2031.
<https://www.redalyc.org/journal/3442/344265925001/html/>
- Morales, M. (2020). Capacidad de absorción del girasol (*Helianthus annuus*) en suelos contaminados a diferentes concentraciones de plomo nivel laboratorio [Tesis grado, Universidad Perú Unión]. Repositorio digital de tesis y trabajos de investigación.
https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/3188/Mercy_Trabajo_Bachiller_2020.pdf?isAllowed=y&sequence=1

- Montes de Oca, R; Pérez, J., & Rodríguez, M. (2022). Niveles de plomo en suelo, pasto y agua en localidades cercanas al río Lerma, del Estado de México, dedicada a la ganadería. *Tierra Latinoamericana*, 40(1), 1-8.
- Moreno, E., Peñalosa, J., Carpena, R., & Esteban, E. (2008). Comparison of arsenic resistance in Mediterranean woody shrubs used in restoration activities. *Chemosphere*, 70(7), 466-473.
- Motto, H., Daines, R., Chilko, D., & Motto, C. (2009). Lead in soils and plants: its relation to traffic volume and proximity to highways. *Environmental Science & Technology*, 43(12), 4361-4367.
- Oriundo, J. (2019). Determinación de los niveles de plomo en suelos y techos de casas próximas a fábricas en el distrito de Ñaña – Chacabayo, 2019 [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio digital de tesis y trabajos de investigación. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/4089>
- Pourrut, B., Shahid, M., Dumat, C., Winterton, P., & Pinelli, E. (2011a). Absorción, toxicidad y desintoxicación del plomo en las plantas. *Reseñas de contaminación y toxicología ambiental*. Springer Nueva York.
- Rodríguez, N., McLaughlin, M., & Pennock, D. (2019). *La contaminación del suelo: una realidad oculta*. FAO. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/7d70ca8d-7503-4839-8d6b-8250e9add8ac/content>
- Rivera, E., Sánchez, M., & Domínguez, H. (2018). pH como factor de crecimiento en plantas. *Revista de Iniciación Científica*, 4(1), 101–105. <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v4.0.1829>
- Sánchez, L. (2014). Distribución de los elementos Cu-Pb-Zn en suelos de la plancha 168 (Argelia). *Boletín de Ciencias de La Tierra*, (36), 10-17. <http://dx.doi.org/10.15446/rbct.n36.37300>
- Sarmiento; G; & Febres, S. (2021). Recuperación de plomo en suelo agrícola contaminado artificialmente como estrategia de remediación mediante girasol y vermicompost.

Revista Chapingo, Serie horticultura, 27(3), 199-211.
<https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2021.04.007>

- Soto, M; & Olvera, M. (2019). Elementos potencialmente tóxicos (Cd, Hg, Pb y Zn) en suelos impactados por planta recicladora de plomo (Zacatecas, México), a una década de parar operaciones. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35(3), 1-19. <https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.03.11>
- Tello, L; Jave, J., & Guerreiro, J. (2018). Análisis de cuantificación de plomo en suelos de parques recreacionales de la ciudad de Lima – Perú. *Ecología Aplicada*, 17(1), 1-12.
- Vázquez, M. (2017). Manejo y conservación de suelos: con especial énfasis en situaciones argentinas. *Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo*. (1ra Ed).
- Vera, O. (2018). Trastornos del equilibrio ácido-base. *Revista Médica de La Paz*, 24(2), 65-76.
- World Health Organization. (2010). "Exposure to Lead: A Major Public Health Concern". WHO Document Production Services, Geneva, Switzerland.

ANEXOS

Anexo 1. Reporte de resultados del Laboratorio LAMENER

	Código documento		CARACTERIZACIÓN DE SUELOS			
	LM-IF-01		JENNIFER RAMOS-WILMARYS HERNÁNDEZ			
	Revisión No. 2					
Documento Oficial	No. Servicio	LM-AS-4876	Fecha	02 AGOSTO 2024	Página	1

Caracterización de Suelos en el Municipio Villa
La Mata, Provincia Sánchez Ramírez, R. D.

LABORATORIO AMBIENTAL Y ENERGÉTICO



Monitoreo Realizado Para
JENNIFER RAMOS-WILMARYS HERNÁNDEZ

Agosto 2024
Santo Domingo, República Dominicana

LAMENER SRL, Santo Domingo, R.D.	hespinosa@lamener.com
Manzana B, No.15, Residencial Don Gregorio, Km 15 Aut. Duarte	Teléfono 809-372-5521

	Código documento		CARACTERIZACIÓN DE SUELOS JENNIFER RAMOS-WILMARYS HERNÁNDEZ			
	LM-IF-01					
	Revisión No. 2					
Documento Oficial	No. Servicio	LM-AS-4876	Fecha	02 AGOSTO 2024	Página	2

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	3
RECOLECCIÓN DE MUESTRAS	4
RECEPCIÓN DE MUESTRAS EN EL LABORATORIO	6
METODOLOGÍA	6
ASPECTOS ORGANOLÉPTICOS	7
EQUIPOS UTILIZADOS PARA LOS ANÁLISIS	7
RESULTADOS	8
INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	9

LAMENER SRL, Santo Domingo, R.D.	hespinosa@lamener.com
Manzana B, No.15, Residencial Don Gregorio, Km 15 Aut. Duarte	Teléfono 809-372-5521

	Código documento		CARACTERIZACIÓN DE SUELOS JENNIFER RAMOS-WILMARYS HERNÁNDEZ			
	LM-HF-01					
	Revisión No. 2					
Documento Oficial	No. Servicio	LM-AS-4876	Fecha	02 AGOSTO 2024	Página	3

INTRODUCCIÓN

A continuación, se presentan los resultados del análisis de muestras de suelos de la Finca No. 37 y 39 en el Distrito Municipal Angelina, Villa La Mata, Provincia Sánchez Ramírez, República Dominicana.

El muestreo fue realizado por el cliente el 01 de agosto de 2024 y las muestras fueron trasladadas a las instalaciones de LAMENER el 02 de agosto de 2024, en horario diurno en condiciones adecuadas.

LAMENER SRL, Santo Domingo, R.D.	hespinosa@lamener.com
Manzana B, No.15, Residencial Don Gregorio, Km 15 Aut. Duarte	Teléfono 809-372-5521

	Código documento		CARACTERIZACIÓN DE SUELOS JENNIFER RAMOS-WILMARYS HERNÁNDEZ			
	LM-IF-01					
	Revisión No. 2					
Documento Oficial	No. Servicio	LM-AS-4876	Fecha	02 AGOSTO 2024	Página	4

I- RECOLECCIÓN DE MUESTRAS

Las muestras fueron recolectadas por el cliente y entregadas en las instalaciones de LAMENER en condiciones adecuadas.



Figura 1.1. y 1.2- Toma de muestras de suelos por parte del cliente.

LAMENER SRL, Santo Domingo, R.D.	hespinosa@lamener.com
Manzana B, No.15, Residencial Don Gregorio, Km 15 Aut. Duarte	Teléfono 809-372-5521

	Código documento		CARACTERIZACIÓN DE SUELOS			
	LM-IF-01		JENNIFER RAMOS-WILMARYS HERNÁNDEZ			
	Revisión No. 2					
Documento Oficial	No. Servicio	LM-AS-4876	Fecha	02 AGOSTO 2024	Página	5



Figura 1.3- Localización de puntos muestreados.

LAMENER SRL, Santo Domingo, R.D.	hespinosa@lamener.com
Manzana B, No.15, Residencial Don Gregorio, Km 15 Aut. Duarte	Teléfono 809-372-5521

	Código documento		CARACTERIZACIÓN DE SUELOS			
	LM-IF-01		JENNIFER RAMOS-WILMARYS HERNÁNDEZ			
	Revisión No. 2					
Documento Oficial	No. Servicio	LM-AS-4876	Fecha	02 AGOSTO 2024	Página	7

IV- ASPECTOS ORGANOLÉPTICOS

Al recibir las muestras de suelos recolectadas se encontraban de la siguiente forma:

Parámetros/Estado	Muestras de Suelo Lado Derecho	Muestras de Suelo Lado Izquierdo
Color	Marrón oscuro	Marrón oscuro
Olor	Característico	Característico

Tabla 1.1- Aspectos Organolépticos al Instante del monitoreo.

V- EQUIPOS UTILIZADOS PARA LOS ANÁLISIS

Para el análisis fisicoquímico se utilizaron los últimos espectrofotómetros de luz visible y el DR-3900 y de absorción atómica Perkin Elmer.



Figura 1.5 y 1.6- DR 3900 y Perkin Elmer.

LAMENER SRL, Santo Domingo, R.D.	hespinosa@lamener.com
Manzana B, No.15, Residencial Don Gregorio, Km 15 Aut. Duarte	Teléfono 809-372-5521

	Código documento		CARACTERIZACIÓN DE SUELOS			
	LM-IF-01		JENNIFER RAMOS-WILMARYS HERNÁNDEZ			
	Revisión No. 2					
Documento Oficial	No. Servicio	LM-AS-4876	Fecha	02 AGOSTO 2024	Página	8

VI- RESULTADOS

Parámetros	Localización	pH	Plomo
FINCA LADO DERECHO PARCELA No. 39 19 Q X-0373572 ; Y- 2114879			
Punto 1-A		5.51	0.495
Punto 1-B		5.75	0.742
Punto 2-A		6.48	0.732
Punto 2-B		6.26	0.496
Punto 3-A		6.19	0.241
Punto 3-B		6.37	0.477
FINCA LADO IZQUIERDO PARCELA No. 37 19 Q X-0373454 ; Y- 2114887			
Punto 1-A		7.31	0.245
Punto 1-B		7.28	0.491
Punto 2-A		6.90	0.482
Punto 2-B		6.96	0.736
Punto 3-A		6.59	0.232
Punto 3-B		6.77	0.245
Unidad		-	mg/kg
Norma		8.0 - 8.8	19.0
Método		ASTM D4872-20	SM-3600-Pb
METODOLOGÍA: Métodos adaptados desde Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, en su versión en inglés, (22 ^{da}), año 2012.			
Fecha Inicio Análisis:	Hora Inicio Análisis:	Fecha Fin Análisis:	Hora Fin Análisis:
18/02/24	9:00 a. m.	18/02/24	5:30 p. m.
Fecha Recopila:	Recibido en el lab. por:	Análisis:	Revisado:
18/02/24	Ing. Emily Scott	Ing. Francisco Bona	Ing. Harvey Espinosa

Tabla 1.2- Resultados Fisicoquímicos de las muestras de suelo.

LAMENER SRL, Santo Domingo, R.D.	hespinosa@lamener.com
Manzana B, No.15, Residencial Don Gregorio, Km 15 Aut. Duarte	Teléfono 809-372-5521

	Código documento		CARACTERIZACIÓN DE SUELOS JENNIFER RAMOS-WILMARYS HERNÁNDEZ			
	LM-IF-01					
	Revisión No. 2					
Documento Oficial	No. Servicio	LM-AS-4876	Fecha	02 AGOSTO 2024	Página	9

VII- INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados se compararon con la Norma Técnica de Suelo del Ecuador.

Las muestras analizadas presentaron valores de plomo dentro del rango permitido por la norma y la mayoría de las muestras presentaron el pH dentro de norma, las muestras del punto 1-A y 1-B del lado derecho de la finca parcela no. 39 presentaron valores de pH por debajo del límite establecido por la norma, demostrando ser mas ácidos.



Ing. Harvey R. Espinosa R., MSc.

Director Técnico

Consultor Ambiental No. 13-582



LAMENER SRL, Santo Domingo, R.D.	hespinosa@lamener.com
Manzana B, No.15, Residencial Don Gregorio, Km 15 Aut. Duarte	Teléfono 809-372-5521