



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
“DR. JACOBO BUCARAM ORTÍZ”
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

ANÁLISIS DE LA PRESENCIA DE METALES PESADOS
EN SUELOS AGRÍCOLAS EN UNA UNIDAD DE
PRODUCCIÓN AGRÍCOLA, DEL CANTÓN PAJÁN
TRABAJO DE TITULACIÓN NO EXPERIMENTAL

Trabajo de titulación presentado como requisito para la
obtención del título de
INGENIERA AMBIENTAL

AUTORA
SANCHEZ MACIAS HEIDY STEFANIA

TUTOR
ING. ARCOS JÁCOME DIEGO ARMANDO M.Sc.

GUAYAQUIL – ECUADOR

2024



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, **ARCOS JACOME DIEGO ARMANDO**, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: **“ANÁLISIS DE LA PRESENCIA DE METALES PESADOS EN SUELOS AGRÍCOLAS EN UNA UNIDAD DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA, DEL CANTÓN PAJÁN”**, realizado por la estudiante **SANCHEZ MACIAS HEIDY STEFANIA**; con cédula de identidad N° **0950665661** de la carrera **Ingeniería Ambiental**, Unidad Académica Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Ing. Diego Arcos Jácome

Guayaquil, 04 de junio del 2024



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: “**ANÁLISIS DE LA PRESENCIA DE METALES PESADOS EN SUELOS AGRÍCOLAS EN UNA UNIDAD DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA, DEL CANTÓN PAJÁN**”, realizado por la estudiante **SANCHEZ MACIAS HEIDY STEFANIA**, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

PhD. Diego Portalanza Peralta
PRESIDENTE

Ing. Liliam Garzon Reyes, MSc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Helen Rodriguez Saltos, MSc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Diego Arcos Jácome, M.Sc.
EXAMINADOR SUPLENTE

Guayaquil, 04 de junio del 2024

Dedicatoria

El presente trabajo es dedicado primeramente a Dios ya que fue la luz y fortaleza que me dio para poder seguir adelante con este proyecto. A mis padres que con todo su esfuerzo me apoyaron -y a mis tías y abuelos que con todo su amor me dieron fortaleza para seguir adelante.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por darme fuerzas y salud para así cumplir con la meta.

A mis padres, por su apoyo y amor incondicional en todo momento para poder finalizar con éxito mi proyecto.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo, SANCHEZ MACIAS HEIDY STEFANIA, en calidad de autor(a) del proyecto realizado, sobre “ANÁLISIS DE LA PRESENCIA DE METALES PESADOS EN SUELOS AGRÍCOLAS EN UNA UNIDAD DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA, DEL CANTÓN PAJÁN” para optar el título de INGENIERA AMBIENTAL, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor(a) me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, 04 de junio de 2024

SANCHEZ MACIAS HEIDY STEFANIA

C.I. 0950665661

Índice general

PORTADA	1
APROBACIÓN DEL TUTOR	2
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	3
Dedicatoria	4
Agradecimiento	5
Autorización de Autoría Intelectual	6
Índice de tablas	13
Índice de figuras	14
1. Introducción	18
1.1 Antecedentes del problema	18
1.2 Planteamiento y formulación del problema	19
1.2.1 Planteamiento del problema	19
1.2.2 Formulación del problema	21
1.3 Justificación de la investigación	21
1.4 Delimitación de la investigación.....	24
1.5 Objetivo general.....	24

1.6 Objetivos específicos	24
1.7 Hipótesis.....	25
2. Marco teórico	26
2.1 Estado del arte	26
2.2. Bases teóricas.....	33
2.2.1 Suelos	33
2.2.1.1 <i>Propiedades del suelo</i>.....	33
2.2.1.2 <i>Suelos degradados</i>.....	33
2.2.1.3 <i>Erosión del suelo</i>.....	34
2.2.1.4 <i>Suelos contaminados</i>.....	34
2.2.2 Pérdida de fertilidad.....	34
2.2.3 Agricultura intensiva	34
2.2.3.1 <i>Explotación agrícola</i>.....	35
2.2.3.2 <i>Sustentabilidad agrícola</i>	35
2.2.4 Pérdida de biodiversidad	35
2.2.5 Agroquímicos.....	36
2.2.6 Metales pesados	36

2.2.7 Toxicidad	36
2.2.8 Impacto ambiental.....	37
2.2.8.1 Contaminación ambiental	37
2.2.8.2 Salud ambiental	38
2.2.8.3 Conservación ambiental	38
2.2.8.4 Fluorescencia de rayos x	39
2.2.9 Análisis Gravimétrico	39
2.3. Marco legal	39
2.3.1 Constitución de la República del Ecuador (2008)	39
2.3.3 Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, uso y Gestión de suelo (2016)	44
2.3.4. Planeamiento del uso y de la gestión del suelo	44
2.3.5. Reglamento al código orgánico del ambiente [RCOA]	47
2.3.6. Derechos del buen vivir sección séptima: salud	47
2.3.7. Acuerdo Ministerial 097- A (2017).....	48
3. Materiales y métodos.....	51
3.1. Enfoque de la investigación.....	51
3.1.1 Tipo de investigación	51

	10
3.1.1.1. Investigación aplicada.....	51
3.1.1.2. Investigación descriptiva.....	51
3.1.1.3. Investigación documental.....	52
3.1.2 Diseño de investigación.....	52
3.2 Metodología.....	52
3.2.1 Variables.....	52
3.2.1.1 Variables independientes.....	52
3.2.1.2 Variables dependientes.....	53
3.2.2. Tratamientos.....	53
3.2.3 Diseño experimental.....	53
3.2.4 Recolección de datos.....	53
3.2.4.1. Recursos.....	54
3.2.4.2 Métodos y técnicas.....	54
3.2.5.1. Presentación e interpretación de los resultados.....	57
3.2.6 Método de fluorescencia de rayos x.....	59
3.2.7 Manual de buenas prácticas ambientales en suelo de la parroquia Rio Hondo.....	59
3.3 Análisis estadístico.....	60

4. Resultados.....	61
4.1 Levantamiento de la información mediante encuestas a los agricultores sobre el uso de agroquímicos en el suelo en la unidad experimental del cantón Paján	61
4.2 Propiedades físicas y químicas del suelo	69
4.3 Ficha Técnica del manual de Buenas Prácticas Ambientales	77
5. Discusión.....	79
6. Conclusiones	83
7. Recomendaciones	84
8. Bibliografía	85
9. Anexos	95
9.1 Anexo 1. Ubicación del sitio de estudio.....	95
9.2 Anexo 2. Formato de encuesta que se realizó a los agricultores del cantón Paján	96
9.3. Anexo 3. Propuesta de un Manual de Buenas Prácticas Ambientales para el cantón Paján.....	99
9.4 Anexo 4. Registro fotográfico de la encuesta a los agricultores del sitio de estudio	115

9.5 Anexo. 5. Registro fotográfico de los análisis de las propiedades físicas en el laboratorio.....	119
9.6. Anexo 6. Análisis de muestras obtenidas de suelo mediante el método de fluorescencia de rayos x en el laboratorio de suelos y nutrición vegetal de la Espol.	123

Índice de tablas

Tabla 1. Muestra de suelos procesadas	69
Tabla 2. Muestra de suelos procesadas	69
Tabla 3. Peso final de las muestras.....	70
Tabla 4. Materia orgánica contenida en el suelo	71
Tabla 5. Resultado para la determinación de Textura en el suelo	72
Tabla 6. Concentración de arsénico en la zona de estudio	73
Tabla 7. Concentración de cadmio en la zona de estudio	74
Tabla 8. Concentración de plomo en la zona de estudio	75
Tabla 9. Concentración de cromo en la zona de estudio.....	76

Índice de figuras

Figura 1. Pregunta 1: ¿Es usted dueño(a) de su unidad de producción	61
Figura 2. Pregunta 2: ¿Cuál es el tamaño de su producción.....	62
Figura 3. Pregunta 3: ¿Qué cultivos realiza en sus tierras?	62
Figura 4. Pregunta 4: ¿Qué productos agroquímicos aplica en sus.....	63
Figura 5. Pregunta 5: ¿Con qué frecuencia aplica los agroquímicos?	64
Figura 6. Pregunta 6: ¿Dónde almacena los productos agroquímicos?	64
Figura 7. Pregunta 7: ¿Sigue indicaciones técnicas para el manejo	65
Figura 8. Pregunta 8: ¿En qué período se han aplicado más	66
Figura 9. Pregunta 9: ¿Dónde limpia los equipos de fumigación	66
Figura 10. Pregunta 10: ¿En qué jornadas del día aplica los	67
Figura 11. Pregunta 11: ¿Está familiarizado(a) con los peligros	68
Figura 12. Pregunta 12: ¿Sabe cómo la presencia de metales.....	68
Figura 13. Materia orgánica contenida en el suelo.....	71
Figura 14. Comparación de concentración de arsénico con el límite máximo..	73
Figura 15. Comparación de concentración de cadmio con el límite máximo....	74
Figura 16. Comparación de concentración de plomo con el límite máximo permisible.....	76
Figura 17. Comparación de concentración de cromo con el límite máximo permisible.....	77
Figura 18. Manual de buenas prácticas ambientales	78
Figura 19. Mapa de ubicación de una unidad de producción agrícola,	95
Figura 20. Presentación del cuestionario tomado a agricultores	98
Figura 21. Empleo de encuestas a los agricultores del sitio de estudio.	115
Figura 22. Evidencia fotográfica a la entrada al cantón, Paján.....	115

Figura 23. Registro fotográfico de la recolección de muestras.....	116
Figura 24. Evidencia fotográfica de la muestra recolectada 1	116
Figura 25. Evidencia fotográfica de la muestra recolectada 2.....	117
Figura 26. Evidencia fotográfica de la muestra recolectada 3.....	117
Figura 27. Evidencia fotográfica de la muestra recolectada 4.....	118
Figura 28. Evidencia fotográfica de la muestra recolectada 5.....	118
Figura 29. Registro fotográfico de la toma del peso inicial con la balanza analítica del vaso de precipitado	119
Figura 30. Registro fotográfico de la toma del peso inicial con la balanza de precisión de las muestras del suelo.	119
Figura 31. Toma del peso final de las muestras tamizadas con la balanza de precisión de las muestras del suelo	120
Figura 32. Muestras puestas al horno	120
Figura 33. Peso final de la muestra salida del horno.....	121
Figura 34. Triangulo de Bouyoucos.....	121
Figura 35. Tabla 1. Criterios de calidad del suelo	122
Figura 36. Tabla 2: Criterios de Remediación (Valores Máximos.....	122

Resumen

El presente estudio de investigación se enfoca en analizar la presencia de metales pesados en suelos agrícolas en una unidad de producción agrícola, del Cantón Paján. Para alcanzar el objetivo se utilizó la técnica de la encuesta para conocer el uso adecuado de los agroquímicos y sus efectos al medio ambiente. Se aplicó la técnica de muestreo de suelos compuesta conformada por 5 muestras simples de la parcela agrícola en el cual se analizaron las propiedades físicas tales como, el porcentaje de materia orgánica (M.O, la textura porcentaje de arena (Ar), limo (Li) y arcilla (Ac), la presencia de metales pesados por el método de fluorescencia de rayos X para: arsénico (As), cadmio (Cd), plomo (Pb) y cromo (Cr), los cuales fueron comparados con los rangos óptimos y los límites máximos permisibles de acuerdo a la tabla N°2 del Acuerdo Ministerial 097-A, se obtuvieron valores de 5 puntos de muestreo donde se expresan valores para M.O entre 0,23%-0,85%, As 5,58-7,49 mg/kg, Cd 2.05-3.44 mg/kg, Pb 10.01-18.08 mg/kg y Cr 71,01-108.21mg/kg. Finalmente, la materia orgánica del suelo y el Pb estuvieron dentro del rango óptimo y los metales pesados como son; As, Cd y Cr sobrepasan los límites máximos permisibles de la normativa vigente ecuatoriana, siendo los herbicidas y los insecticidas los de mayor uso en las labores agrícolas,

Palabras Claves: Metales pesados, monitoreo y muestro ambiental, suelos, unidad de producción agrícola.

Abstract

The present research study focuses on analyzing the presence of heavy metals in agricultural soils in an agricultural production unit in Canton Paján. To achieve the objective, the survey technique was used to learn about the proper use of agrochemicals and their effects on the environment. A composite soil sampling technique was applied, consisting of 5 simple samples from the agricultural plot, in which physical properties such as the percentage of organic matter (M.O.), texture, sand percentage (M.O.), texture, sand percentage (M.O.), and soil moisture were analyzed. O, the texture percentage of sand (Ar), silt (Li) and clay (Ac), the presence of heavy metals by the X-ray fluorescence method for: arsenic (As), cadmium (Cd), lead (Pb) and chromium (Cr), which were compared with the optimum ranges and maximum permissible limits according to table N°2 of Ministerial Agreement 097-A, values were obtained from 5 sampling points where values are expressed for M. O between 0.23%-0.85%, As 5.58-7.49 mg/kg, Cd 2.05-3.44 mg/kg, Pb 10.01-18.08 mg/kg and Cr 71.01-108.21 mg/kg. Finally, soil organic matter and Pb were within the optimum range and heavy metals such as As, Cd and Cr exceeded the maximum permissible limits of the current Ecuadorian regulations, herbicides and insecticides being the most commonly used in agricultural work.

Keywords: Heavy metals, environmental monitoring and sampling, soils, agricultural production unit.

1. Introducción

1.1 Antecedentes del problema

El suelo permite el desarrollo de la vida y el crecimiento poblacional, teniendo relevancia crítica en la protección de la biodiversidad, servicios ecosistémicos, regulación del clima y seguridad alimentaria (Romero, 2023).

Wang, Zhe, y Hu (2023), mencionan que para satisfacer la creciente demanda de los recursos proporcionados por la tierra se incurre al uso intensivo del suelo, conllevando a la degradación irreversible del suelo, siendo un problema de interés global por la dificultad de mantener las condiciones óptimas del suelo.

En América Latina, existen diversos factores impulsores de la degradación del suelo, como el cambio climático, la pérdida de la biodiversidad causada por la deforestación que da como resultado a la erosión del suelo (Gallegos, 2020). El cambio del uso del suelo de tierras forestales a agrícola contribuye en gran medida al daño irreversible del suelo ligado al uso excesivo de agroquímicos para sostener la demanda alimentaria de las poblaciones en crecimiento (Descalzo, 2021).

Ecuador es propenso a presentar suelos degradados por la agricultura intensiva por el uso indebido de agroquímicos, los cuales provocan daños significativos causados por la contaminación química de metales pesados, afectando negativamente a la fertilidad del suelo, su capacidad de mantener cultivos saludables y resistentes a las condiciones ambientales (Aguilar, 2021).

En el área que realizaron el estudio existen graves problemas con la degradación del suelo debido al mal manejo de los suelos acompañado de la deforestación, sobrepastoreo, quema de suelos y malas técnicas agrícolas, afectando a los recursos naturales disminuyendo su capacidad productiva dificultando la conservación (Gomez, 2022).

Según indican Peñafiel y Alban (2023), el uso de los agroquímicos va de la mano con la pobreza rural tanto como la inseguridad social y alimentaria que representa el sector, por ende, el uso excesivo de agroquímicos por parte de los agricultores, se puede observar problemas en el suelo por la presencia de metales pesados como pérdida de fertilidad, aumento de la salinidad y erosiones en ciertas partes del suelo siendo uno de los mayores desafíos en la agricultura del cantón Paján (Fernández, 2020).

Relata Sornoza (2020), dentro la unidad experimental del cantón Paján se realizará la investigación de tipo descriptivo donde se describe los daños ocasionados por la agricultura intensiva, además de encontrar metales pesados por el uso excesivo de agroquímicos dentro de la agricultura intensiva que producen daños en el sitio de estudio.

Los agroquímicos se utilizan ampliamente en la producción de cultivos. Estos productos químicos, como pesticidas y fertilizantes, se aplican para proteger los cultivos de plagas y enfermedades, así como para mejorar su rendimiento y calidad. Sin embargo, los agricultores no miden los impactos ambientales y a la salud a corto y largo plazo, por lo que el uso inadecuado y la falta de conocimiento sobre su manejo seguro representan un riesgo directo expuesto a los agroquímicos (Organización Mundial de la Salud[OMS], 2022).

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

Bonilla y Singaña (2019) mencionan que, Ecuador al ser un país con bases económicas forjadas por el sector productor agrícola, utilizan ampliamente agroquímicos para asegurar la productividad y rentabilidad de las cosechas,

independientemente de la calidad del producto en función a la cantidad de contaminantes químicos que presenten en su composición y en la calidad del suelo siendo que tiene poca relevancia frente a la productividad a largo plazo.

En el cantón Paján al ser una zona agrícola utilizan altas dosis de agroquímicos los cuales no son controlados por normativas de estándar de calidad establecidos a nivel nacional e internacional sobre los límites máximos permitidos sobre metales pesados, por lo que los metales pesados pueden generar impactos ambientales considerables junto a los efectos negativos en la salud humana que consumen productos agrícolas contaminados y por la exposición directa de los químicos presentes (Alcivar, 2018).

Los agroquímicos cumplen diversas funciones como proteger, mejorar el rendimiento y resistencia de los cultivos, reducción de riesgos económicos frente a pérdidas. Sin embargo, el uso desmedido de los agroquímicos puede conllevar a complicaciones por la presencia de metales pesados como el plomo (Pb), Cadmio (Cd), los cuales se encuentran como impurezas o como componentes activos, representando riesgos a la salud por ser altamente tóxicos y para el ambiente (Calderón M. , 2021).

Los metales pesados pueden causar dificultades en el suelo, generando pérdida de la biodiversidad de microbiota ocasionada por la contaminación, dificultando los procesos productivos y la fertilidad, afectando a las plantas y organismos presentes. Los metales pesados contenidos en el suelo pueden lixiviarse y contaminar las aguas subterráneas (Lago, 2018).

Carrera y Viera (2018) mencionan que, la zona de estudio se encuentra en Portoviejo, en la provincia de Manabí, siendo suelos con alta densidad de terrenos

asignados a la agricultura; estos suelos en general contienen componentes químicos tóxicos y persistentes, entre ellos los metales pesados los cuales afectan a la producción de los cultivos, siendo que los metales pesados y otros componentes tóxicos suelen acumularse en la zona radicular de las plantas afectando a la cadena alimenticia y a la cadena trófica.

La falta de educación continua de los agricultores representa un riesgo importante debido a que utilizan de manera inadecuada los agroquímicos, los cuales están expuestos directamente y sin los equipos adecuados de aplicación, altas dosificaciones que provocan que el suelo tenga mayor contacto con los agentes químicos contaminantes y a su vez el aumento del área cultivada ocasiona aumento del área contaminada (Barrera, 2023).

Las Buenas Prácticas Ambientales (BPA) son desplazadas por el conocimiento empírico de los agricultores, existiendo una deficiente aplicación de las técnicas por la falta de control y regulación, donde el enfoque principal es mantener niveles altos de producción a costa de la disminución progresiva de la calidad del suelo y su capacidad de carga (Ministerio de Educación del Ecuador[MinEduc], 2018).

1.2.2 Formulación del problema

¿Cuál es la concentración de metales pesados en los suelos contaminados por agroquímicos en una unidad experimental en el Cantón Paján?

1.3 Justificación de la investigación

La presente investigación tiene relevancia porque describirá los efectos ocasionados por los agentes que disminuyen la calidad del suelo con la finalidad de comprender cómo evitar la degradación progresiva del suelo por el aumento del terreno explotado por la agricultura agrícola. Por medio de la determinación de la cantidad de contaminantes químicos se incentivará a la aplicación de medidas

correctivas sobre el uso de los agroquímicos, su manejo tanto por los agricultores como para las dosificaciones sobre las parcelas agrícolas, con la finalidad de preservar el recurso suelo, sus propiedades físicas, químicas, biológicas, su capacidad productiva y de regeneración. Por ello es imprescindible el análisis de las propiedades físicas y químicas del recurso suelo del cantón Paján para describir sus afectaciones (Rubio, 2018).

La importancia de la investigación establece que los efectos producidos por metales pesados, derivan en la degradación por la agricultura intensiva, donde se busca disminuir el uso excesivo de agroquímicos, produciendo efectos negativos con altas presencias de estos elementos, teniendo un papel, importante en los suelos agrícola, por lo tanto es muy apropiado cuidarla para emplear una mejora para el buen uso de agroquímicos y reducirlos en los suelos, siendo necesario la realización de análisis de las propiedades físicas y químicas del suelo del cantón Paján, dado esto identificaremos que metales puntualmente se encuentran en este sector (Lal, 2018).

Según Calderón, Bautista y Rojas (2018), determinan la preservación de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo está relacionada con su estado óptimo. Su condición de alta cantidad de materia orgánica tendrá una mayor porosidad y humedad, dando una consistencia adecuada al suelo para el desarrollo del microbiota en el terreno; dentro de las correlaciones negativa está la densidad aparente y real, la acidez y su compactación representativa en las propiedades y su clasificación.

Según Cong, Ruimin y Libing (2020) sostienen que, la finalidad es establecer lineamientos en el sector agrícola local con metas alcanzables sobre el cuidado de

la salud y el ambiente, considerando la realidad de la localidad y asegurar la óptima producción agrícola, mitigando los efectos negativos ocasionados por el uso de los agroquímicos en la agricultura intensiva, asegurando un ambiente sano para el desarrollo productivo y de la vida.

El proyecto busca describir los efectos cualitativos de la degradación del suelo tales como identificar como ha influido negativamente en la producción general de los cultivos por la presencia de agroquímicos, las afectaciones en la calidad del suelo y el rendimiento en campo, permitiendo proporcionar información a la población de agricultores afectados para aplicar mejoras de técnicas agrícolas y medidas correctivas en el suelo (EOS, 2021).

Aktar, Sengupta y Chowdhury (2019), establecen la influencia del suelo para el desarrollo de los ecosistemas por su interacción con todos los recursos naturales, cómo influye su calidad sobre otros componentes como la calidad del agua, calidad del aire, calidad de vida, conservación de la biodiversidad, seguridad alimentaria, la agricultura y la ganadería. Debido a la múltiple interacción entre los sistemas abiertos naturales, se debe considerar medidas y técnicas de conservación del suelo para prevenir su degradación, tomando como punto de partida los tipos de degradación según los componentes que se encuentren en cada suelo.

Por ello, se considera necesario de establecer planes de mejora en las técnicas agrícola sobre el uso de los agroquímicos en el suelo, con la finalidad de asegurar las condiciones adecuadas de los suelos de la localidad proporcionado a su vez alternativas sustentables que permitan niveles ideales de rendimiento en función a la demanda de los recursos agrícolas de la zona (Leroy, 2020).

La conservación del suelo del cantón permite asegurar una mejor calidad de vida para los pobladores y agricultores, mejorando las condiciones de la calidad del suelo que permitan el desarrollo adecuado de producción y disminuir gradualmente los efectos de la agricultura intensiva sin que comprometa la economía local y desarrollo integral agrícola.

1.4 Delimitación de la investigación

- **Espacio:** Lugar que tiene las siguientes coordenadas geográficas: Latitud $1^{\circ}33'18.2''S$ – Longitud $80^{\circ}25'30.8''W$. **(Ver anexo 1, figura 19)**
- **Tiempo:** El proyecto tuvo un tiempo estimado de 6 meses.
- **Población:** El método investigativo de manera directa beneficio a los productores de la unidad experimental de estudio del Cantón Paján.

1.5 Objetivo general

Analizar la presencia de metales pesados en suelos agrícolas en una unidad de producción agrícola del Cantón Paján mediante estudios de parámetros inorgánicos para el cumplimiento de los límites máximos permisibles de la normativa ambiental ecuatoriana vigente.

1.6 Objetivos específicos

Realizar un levantamiento de información mediante encuestas a los 20 productores agrícolas sobre el uso de agroquímicos en el suelo en una unidad experimental del cantón Paján.

Caracterizar las propiedades físicas y químicas del suelo en una unidad de producción agropecuaria del cantón Paján mediante análisis de laboratorio.

Proponer un Manual de Buenas Prácticas Ambientales para la reducción de afectaciones ocasionadas por los agroquímicos en los suelos.

1.7 Hipótesis

La aplicación de enmiendas agrícolas por agroquímicos sintéticos por largos períodos productivos incrementará la concentración de elementos inorgánicos de al menos un elemento (arsénico, cadmio, plomo) en una escala mayor al 1.0 mg/kg en una unidad experimental del cantón Paján.

2. Marco teórico

2.1 Estado del arte

En su investigación, Barragán (2018), propuso identificar las posibles causas de degradación del suelo en Colombia, las cuales representan una amenaza significativa para la producción alimentaria y económica del país. Para lograr este objetivo, se llevó a cabo un exhaustivo proceso de recopilación de datos, utilizando como fuentes entidades como la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación[FAO], 2018). Estas entidades proporcionaron investigaciones relacionadas con el problema de la producción agrícola, las afectaciones al recurso suelo y la gestión integral del suelo. La recopilación de información resultante generó una reflexión profunda entre los agricultores, quienes pudieron comprender mejor la situación actual del suelo y las consecuencias directas e indirectas que esto tiene en el sector agrícola. Con base en los datos recopilados, se procedió al análisis del estado del terreno, y como resultado de dicho análisis se formularon recomendaciones específicas. Estas recomendaciones tienen como objetivo principal garantizar la calidad del suelo en las zonas rurales que presentan los mayores niveles de degradación.

Según Carrillo y Jiménez (2020), los agroquímicos desempeñan un papel crucial en la agricultura, ya que contribuyen al aumento de la productividad en el sector agrícola. Sin embargo, el uso descontrolado y extensivo de estos productos representa uno de los principales desafíos ambientales y de salud pública a nivel mundial, especialmente cuando se liberan al entorno. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar los riesgos ambientales y de salud asociados con el uso y manejo de los agroquímicos, y desarrollar un plan de acción centrado en la

prevención y mitigación de dichos riesgos. Para evaluar los riesgos ambientales y de salud, se utilizó la norma UNE 15008 como referencia. Los resultados obtenidos indicaron que los ingredientes activos más comúnmente utilizados fueron los plaguicidas clorpirifos (66%), Paraquat (31%) y la fertilizante urea granular (70%). A partir de estos resultados, se diseñaron cuatro programas fundamentales que abordaban diferentes aspectos. Estos programas se centraron en la capacitación de los agricultores, el uso de equipos de protección personal (EPP), la correcta disposición de los residuos de agroquímicos y el monitoreo de la salud de los agricultores.

Según Sánchez (2022) con el objetivo de abordar la problemática ambiental en el sector agrícola de Sialupe Huamantanga Lambayeque propuso una estrategia de sensibilización ambiental. Esta estrategia se enfocó en la implementación de campañas informativas, el uso de medios de comunicación, la realización de talleres y charlas educativas dirigidas a los agricultores. El enfoque metodológico utilizado fue cuantitativo de tipo básico y diseño transversal. La muestra poblacional consistió en 120 agricultores de la zona de estudio, a quienes les aplicaron una encuesta mediante un cuestionario. Los resultados que obtuvieron revelaron que la conciencia ambiental de los agricultores, en términos de las dimensiones cognitiva, afectiva y activa, se encuentra en un nivel bajo, representando el 54% de los encuestados. Además, se identificó que un 37% de los agricultores se encuentra en un nivel medio, mientras que solo un 9% alcanza un nivel alto de conciencia ambiental. Basándose en estas conclusiones, se desarrolló una propuesta que se fundamenta en la teoría del desarrollo sostenible y que busca abordar el equilibrio fundamental entre el tema ambiental y el sector agrícola. Esta propuesta tiene como objetivo principal mejorar la conciencia ambiental de los agricultores e incluye

estrategias específicas diseñadas para fomentar una mayor sensibilización y promover prácticas agrícolas más sostenibles.

Según Merchán y Quichimbo (2022), llevó a cabo una encuesta, la muestra poblacional consistió en 150 encuestados de las distintas zonas de estudio de la ciudad de Cuenca en las parroquias de Bulán, Dug Dug, Chicán Tomebamba y en el cerro San Cristóbal, a quienes les aplicaron una encuesta mediante un cuestionario, los resultados que obtuvieron indicaron sobre el conocimiento que tienen los encuestados sobre la disposición final, almacenamiento, ubicación de los envases, contenido de químico, riesgo del manejo de los agroquímicos. Según la información que recabaron indican que en Bulán el destino final de los envases son arrojados al basurero dando un 56,36%. Quemaron el 40%, enterraron y realizaron el triple lavado y los perforaron el 1,82%. En Dug Dug quemaron el 60%, botaron al basurero el 32,50%, en otros destinos el 5% y enterraron el 2,50%, mientras que en Chicán botaron al basurero el 71,88% y quemaron el 28,13%. Para la Parroquia de Tomebamba el 37.50% es quemado, el 25% botaron al basurero y enterrado, mientras que para otros destinos es el 12.50%. Finalmente, en San Cristóbal, habían quemado el 55,56% y arrojado el 44% al basurero. Por otra parte, formularon otra pregunta a los encuestados que consistió sobre el conocimiento del riesgo del manejo de las sustancias químicas peligrosas como lo son los plaguicidas el 100% de los encuestados respondieron que si tenían conocimiento sobre los riesgos.

En su investigación, Figueroa, Martínez, Ortiz y Fernández (2018) llevaron a cabo muestreos y análisis de laboratorio para estudiar algunas propiedades físicas y químicas del suelo. Se identificaron varios factores de formación que explicaron la variabilidad de los suelos, incluyendo la pendiente, el índice de posición

topográfica, el material parental y el uso del suelo. A partir de estos factores, se delimitaron cinco unidades de suelos y se estableció su distribución espacial. Además, se estableció una asociación entre estas unidades de suelo y sus propiedades, como textura, densidad aparente, capacidad de campo, porcentaje de saturación, conductividad hidráulica saturada, pH y contenido de materia orgánica. Los resultados obtenidos revelaron una relación significativa entre los parámetros de relieve y las características del suelo. Por lo tanto, se recomienda realizar estudios adicionales sobre la formación, distribución y cartografía del terreno desde una perspectiva geomorfológica. Además, se sugiere llevar a cabo un análisis de la vegetación para complementar la comprensión de los procesos que influyen en la formación y distribución de los suelos.

En un estudio de Muñiz, Leyva y Jurado (2019) desarrollaron un método para la determinación de los plaguicidas carbofuran (CB), diuron (DI), profam (PR), dicloran (DC), clorpropham (CH) y tetradifon (TE) mediante cromatografía líquida de alta eficiencia acoplada a un detector de arreglo de diodos. Para lograr esto, se llevaron a cabo varias etapas de optimización, que incluyeron la separación por HPLC y el pretratamiento de las muestras de suelo. El método optimizado permitió la separación completa de los seis plaguicidas en un tiempo total de diecisiete minutos. Esta metodología fue aplicada exitosamente a muestras de suelo agrícola, luego de optimizar tanto el pretratamiento como el HPLC específicamente para el suelo. Para llevar a cabo estas optimizaciones, se definieron las variables relevantes y se aplicó un diseño fraccional factorial. Se comprobó que el método desarrollado también fue eficaz en muestras de suelo con efecto matriz, lo cual indica su potencial para ser aplicado en otros laboratorios para la determinación de estos contaminantes en el suelo.

En la investigación de Rodríguez y Peña (2021), resalta que en la región de estudio se prioriza el uso de pesticidas en las prácticas agrícolas convencionales, lo cual ha llevado a una deficiencia en la calidad del suelo debido a los impactos negativos. Por ende, el objetivo principal de este estudio fue analizar la presencia de pesticidas en suelos agrícolas en la zona de irrigación Majes. El método utilizado para el análisis de los pesticidas fue la espectrofotometría, que demostró ser lineal, preciso y exacto. Los límites de detección y cuantificación obtenidos fueron de 0.0009 y 0.0025 partes por millón (pmm) respectivamente. Para validar el método, se utilizó un estándar primario preparado a una concentración de 50 pmm. El proceso de extracción de los pesticidas se realizó siguiendo la metodología propuesta en este estudio. El analito extraído se hizo reaccionar en una solución ácida compuesta por dimetilamino benzoaldehído pDMAB (0.2 M), hidróxido de sodio (2.5 M), ácido clorhídrico (1.5 M) y metanol de grado HPLC (99.9%). Después de homogeneizar la solución, se determinó la presencia de pesticidas utilizando un espectrofotómetro. Los resultados del análisis revelaron concentraciones significativas de pesticidas en las parcelas de irrigación Majes, superando los niveles permisibles establecidos, encontraron concentraciones altas de 0.24 y 0.21 pmm de pesticidas en las muestras analizadas.

La investigación realizada por Echeverría (2022) resalta la necesidad de aumentar la producción agrícola en Ecuador para satisfacer las demandas de una población en constante crecimiento. Sin embargo, el uso extensivo de agroquímicos a nivel nacional y global ha resultado en la pérdida de propiedades microbiológicas del suelo, desertificación y erosión. Ante este desafío, se propuso una alternativa basada en microorganismos promotores del crecimiento vegetal (PGPR) que contribuyen al desarrollo sostenible y favorecen el crecimiento y rendimiento de los

cultivos agrícolas de manera rentable y productiva. En este estudio, se evaluó la capacidad de biofertilización de bacterias fijadoras de nitrógeno a partir de suelos cultivados con Ryegrass. Estas bacterias fueron aisladas y posteriormente caracterizadas molecularmente, identificándose las especies *Stenotrophomonas maltophilia*, *Bacillus safensis*, *Pseudomonas* spp. y *Enterobacter asburier*. A través de un bioensayo in situ, se realizó la valoración de la capacidad de biofertilización aplicando cinco dosis con tres concentraciones durante un periodo de 20 días en el pasto, evaluaron las variables como el porcentaje de nitrógeno, la altura de la hoja y la materia seca de las hojas y raíces. Los resultados obtenidos demostraron que todas las bacterias fijadoras de nitrógeno identificadas fueron positivas en todas las variables evaluadas en el pasto. Esto indica que estas bacterias tienen la capacidad de fijar nitrógeno y promover el crecimiento saludable de las plantas. Estos hallazgos son fundamentales, ya que se logró obtener un biofertilizante de síntesis biológica con potencial para reemplazar los fertilizantes químicos nitrogenados, lo que podría transformar la agricultura intensiva actual en una agricultura orgánica y ecológica.

El estudio realizado por Cuadras et al., (2021) describe que los metales pesados, como el cadmio (Cd), plomo (Pb), níquel (Ni) y arsénico (As), representan una amenaza tanto para el medio ambiente como para la salud humana. Investigaciones recientes han demostrado los riesgos asociados con la ingesta de alimentos contaminados por estos metales. En este estudio, adoptaron un enfoque integral para determinar las concentraciones de Cd, Pb, Ni y As en el suelo de cultivo y en granos de cacao provenientes de una plantación en el Cantón Montalvo, provincia de Los Ríos. El objetivo principal fue determinar si las concentraciones de metales superaban los límites máximos permisibles (LMP) establecidos por las

normas ambientales y legislaciones internacionales para el cacao y sus derivados. Los resultados revelaron que las concentraciones de As y Cd en el suelo de cultivo excedían los LMP de 19 y 0.5 miligramos por kilogramo, respectivamente, con concentraciones promedio de 13.80 mg/kg para As y 0.69 mg/kg para Cd. Asimismo, se encontró que las concentraciones de As, Ni y Cd en los granos de cacao también superaban los LMP establecidos, que eran de 0.5, 1 y de 0.1 a 0.8 miligramos por kilogramo, respectivamente. Las concentraciones medias fueron de 3.67 mg/kg para As, 3.21 mg/kg para Ni y 1.48 mg/kg para Cd. Por lo tanto, es necesario implementar técnicas de remediación efectivas en el suelo de cultivo, mientras que, en el caso de los granos de cacao, las autoridades de salud pública deben tomar precauciones en relación con el consumo de productos derivados del cacao.

Según Vera (2022) determinó los metales pesados por el método de fluorescencia de rayos x las concentraciones de cadmio (Cd), plomo (Pb), y arsénico (As), para confirmar el límite de detección permisible fue las muestras fue el método EPA 3050B, SM 3111 B, el contenido máximo permitido de arsénico en el suelo es de 12 mg/kg y con base en los resultados que obtuvieron por el laboratorio AqLab de las muestras de suelo proporcionadas por la comunidad de Yawapare es de 0.500 mg/kg, lo que indica que la muestra se encuentra dentro del rango de parámetros aceptables, sin embargo la concentración que obtuvieron en la determinación cuantitativa de cadmio en el suelo es de 1.17 mg/kg, lo que supera la concentración máxima permisible del nivel establecido por Alimentación y la Organización Agrícola Naciones Unidas que es 0.35 mg/Kg, también en el caso del plomo el resultado es 25.00 mg/Kg lo que demuestra que no está dentro del rango permisible ya que la concentración máxima es 20 mg/Kg.

2.2. Bases teóricas

2.2.1 Suelos

La capa superficial de la corteza terrestre, que contiene minerales, materia orgánica, aire y agua, juega un papel crucial en el sustento de la vegetación y, por ende, en la generación de vida. Es fundamental fomentar prácticas de manejo del suelo sostenible, ya que esto implica promover la actividad de los microorganismos presentes en el suelo, los cuales desempeñan un papel crucial en el mantenimiento y la adición de cantidades adecuadas de materia orgánica Arenas y Aguilar (2021).

2.2.1.1 Propiedades del suelo

La textura del suelo se refiere a la proporción de diferentes elementos presentes en él, como arena gruesa, arena media, arena fina, limo y arcilla. Cuando un suelo posee una textura equilibrada, es capaz de proporcionar un soporte adecuado para el desarrollo del sistema radicular de las plantas, permitiendo así su correcta nutrición y crecimiento Novillo et al., (2018).

2.2.1.2 Suelos degradados

La degradación del suelo, principalmente atribuible a las acciones humanas, implica una disminución en su función y capacidad tanto en el presente como en el futuro. Esta degradación afecta la salud del suelo y compromete la sostenibilidad del ecosistema, limitando la capacidad de producir bienes y brindar servicios beneficiosos para los seres humanos (EOS, 2021).

2.2.1.3 Erosión del suelo

La erosión del suelo se refiere al desplazamiento de la capa superior de la tierra, lo que resulta en una degradación del suelo. Aunque la erosión es un proceso natural en la superficie terrestre, las prácticas agrícolas pueden intensificar este fenómeno y acelerar el desgaste de la tierra, causando daños significativos en los terrenos Huerta et al., (2018).

2.2.1.4 Suelos contaminados

Los suelos contaminados se refieren a aquellos cuyas propiedades han sido negativamente alteradas debido a la presencia de elementos químicos peligrosos. Estos suelos son utilizados en actividades agrícolas por la actividad humana, y debido a la alta concentración de estos elementos, representan riesgos inaceptables para la salud de los agricultores, las comunidades y el medio ambiente en general (Varga, 2022).

2.2.2 Pérdida de fertilidad

En el ámbito agrícola, se pueden observar claramente las consecuencias de la pérdida de fertilidad del suelo. Estas consecuencias se manifiestan en deficiencias nutricionales de las plantas, lo cual tiene un impacto negativo en el rendimiento final debido a la compactación del suelo o la limitación del agua. El uso inadecuado de técnicas agrícolas desempeña un papel fundamental en la pérdida de fertilidad, incluyendo el uso excesivo de pesticidas, el abandono de prácticas antiguas que solían utilizarse para recuperar la fertilidad, la deforestación y el sobre pastoreo (Torres, 2018).

2.2.3 Agricultura intensiva

Se busca maximizar el rendimiento de los terrenos de cultivo mediante un uso más extensivo, con el propósito de obtener beneficios económicos y satisfacer las

necesidades alimentarias. En este contexto, la explotación agropecuaria se presenta como un método de producción que involucra un uso intensivo de recursos, como la siembra, con el objetivo de incrementar la producción agrícola (EOS, 2021).

2.2.3.1 Explotación agrícola

En consecuencia, la explotación agropecuaria comprende diversas actividades socioeconómicas que contribuyen al enriquecimiento del terreno. Los productos obtenidos mediante los métodos de explotación agrícola se conocen como productos agropecuarios, debido a la inclusión tanto de la agricultura como de la ganadería en su producción (Grijalva, 2018).

2.2.3.2 Sustentabilidad agrícola

Se reconoce que, a largo plazo, la gestión sostenible de la tierra, el agua y los recursos naturales contribuirá a la mejora de la calidad ambiental. Además, este enfoque tiene como objetivo satisfacer las necesidades básicas, como la alimentación, de manera económicamente viable. Busca también mejorar la calidad de vida tanto de los productores como de la sociedad en general. Es fundamental garantizar la seguridad alimentaria al tiempo que se fomentan ecosistemas saludables mediante esta gestión sostenible (Duquino, 2018).

2.2.4 Pérdida de biodiversidad

La biodiversidad mundial se encuentra actualmente en una coyuntura crítica, ya que un millón de especies de plantas y animales están en riesgo de extinción, principalmente debido a las actividades antropogénicas. La pérdida de biodiversidad se atribuye principalmente a la ocupación y asentamiento humano, que resulta en la transformación de ecosistemas naturales para actividades agrícolas, ganaderas, industriales, turísticas, petroleras y mineras. Estos problemas

tienen resultados significativos en la distribución y organización de los ecosistemas, y todas estas causas están relacionadas con factores sociales, económicos y políticos (Perez, 2020).

2.2.5 Agroquímicos

Se afirma que, los pesticidas, conocidos como fitosanitarios, son sustancias químicas utilizadas para prevenir y controlar plagas en los suelos, ya sean de origen animal o vegetal, durante diversas etapas de la producción agrícola, como el almacenamiento, transporte y distribución de productos agrícolas. Esta categoría de pesticidas engloba diferentes tipos, como insecticidas, herbicidas, fungicidas y nematocidas, que se emplean con el propósito de proteger los cultivos de enfermedades, insectos, malezas y otros organismos perjudiciales Alvarado (2019).

2.2.6 Metales pesados

Los metales pesados son elementos químicos de alta densidad y peso atómico, que presentan propiedades tóxicas y persistentes en el medio ambiente. Estos metales incluyen, entre otros, el plomo, mercurio, cadmio, arsénico y cromo, y son considerados contaminantes debido a su acumulación en los suelos, aguas y organismos vivos. Su presencia en el entorno natural puede tener graves consecuencias para la salud humana y los ecosistemas, ya que pueden causar daños en los sistemas biológicos y provocar enfermedades crónicas. Los metales pesados provienen de diversas fuentes, como la actividad industrial, la minería, la agricultura y la contaminación atmosférica (Sánchez, 2023).

2.2.7 Toxicidad

La toxicidad se refiere a la habilidad de una sustancia química o biológica, ya sea de origen natural o sintético, para causar daño a los tejidos, células u organismos

al entrar en contacto con ellos. Es una medida del grado en que una sustancia puede afectar negativamente a un organismo vivo. La toxicidad puede manifestarse de diversas formas, como irritación, corrosión, alteraciones celulares, daño a órganos y sistemas, e incluso la muerte.

La evaluación de la toxicidad es de vital importancia en diversos campos, como la medicina, la industria química, la agricultura y la protección del medio ambiente, con el fin de prevenir y minimizar los riesgos para la salud humana y los ecosistemas Casazola y Purca (2023).

2.2.8 Impacto ambiental

Como consecuencia todas las modificaciones que ocurren en el medio ambiente debido a actividades económicas y construcciones generan diversas alteraciones, ya sean positivas, negativas o neutras, que pueden ser de manera directa o indirecta. Estos cambios son medibles y se manifiestan en el entorno natural, afectando a sus componentes, reacciones y otras características que forman parte del sistema natural y el ecosistema en general. Estas modificaciones pueden tener un impacto significativo en la calidad del medio ambiente, su equilibrio ecológico y la biodiversidad. Es fundamental comprender y evaluar estos cambios para minimizar los impactos negativos y promover un desarrollo sostenible Mancilla, Gómez y Palomera (2023).

2.2.8.1 Contaminación ambiental

La existencia de sustancias contaminantes en el entorno natural, ya sea de forma individual o combinada, puede generar efectos adversos significativos para los seres humanos, su salud, bienestar, así como para la flora, fauna y los recursos naturales en general. Estas condiciones negativas se manifiestan en el agua, aire, suelos y otros elementos del medio ambiente, lo que conduce a un deterioro

considerable del entorno natural en su conjunto. Es esencial comprender y abordar adecuadamente la presencia de contaminantes, así como tomar medidas para prevenir, reducir y controlar su impacto en la salud humana y el medio ambiente (Robles, 2023).

2.2.8.2 Salud ambiental

Este concepto abarca todos los elementos del entorno que tienen el potencial de influir en la salud de las personas. Se centra especialmente en los factores físicos, químicos y biológicos que provienen del entorno externo y que pueden tener un impacto directo en la salud humana. Por lo tanto, se busca mejorar la calidad del ambiente en aras de promover una mejor calidad de vida y desarrollo para las personas (Alania, 2022).

2.2.8.3 Conservación ambiental

La protección del medio ambiente y sus recursos naturales es esencial debido a la existencia de problemas ambientales que afectan a la población en general. Estos problemas pueden resultar en la degradación del planeta. Por lo tanto, es necesario realizar esfuerzos más profundos y genuinos para conservar el medio ambiente y sus recursos naturales, con el objetivo de minimizar el daño causado por la actividad humana. Esto implica implementar medidas de conservación y buscar un desarrollo sostenible que satisfaga las necesidades actuales sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras. La conservación ambiental se vuelve crucial para garantizar un equilibrio adecuado y proteger el planeta para las generaciones venideras (Espinoza, 2023).

2.2.8.4 Fluorescencia de rayos x

La fluorescencia de rayos x es una técnica de carácter analítico que permite determinar la composición química de una muestra, teniendo una alta gama de tipos de muestras como sólidos, líquidos, lodos y polvos. Este método permite medir la longitud de onda y la intensidad de la luz mediante rayos x emitida por átomos que están energizados dentro de la muestra; su irradiación por un haz de rayos x de origen primario de un tubo de rayos x genera que se emita rayos x fluorescentes con energías discretas según el tipo de elementos presentes en la muestra (Chambi, 2019).

2.2.9 Análisis Gravimétrico

La técnica de determinación de muestras basada en el peso, conocida como análisis gravimétrico, consiste en la medición precisa de la cantidad de un analito o elemento en una muestra. Esta técnica puede llevarse a cabo utilizando diferentes métodos, como la volatilización o la división en forma húmeda del analito. El análisis gravimétrico proporciona resultados cuantitativos al determinar la masa de un compuesto o elemento en la muestra, lo que permite realizar mediciones precisas y confiables en diferentes áreas de estudio. Este método permite la medición de la humedad de suelos, recogiendo muestras y pesarlas antes y después del proceso de secado para calcular su contenido de humedad (San Martín, 2023).

2.3. Marco legal

2.3.1 Constitución de la República del Ecuador (2008)

Título II: De los Derechos, Deberes Y Principios Ambientales

Art. 4.- Disposiciones comunes. Las disposiciones del presente Código promoverán el efectivo goce de los derechos de la naturaleza y de las personas, comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades y colectivos a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, de conformidad con la Constitución y los instrumentos internacionales ratificados por el Estado, los cuales son inalienables, irrenunciables, indivisibles, de igual jerarquía, interdependientes, progresivos y no se excluyen entre sí. Para asegurar el respeto, la tutela y el

ejercicio de los derechos se desarrollarán las garantías normativas, institucionales y jurisdiccionales establecidas por la Constitución y la ley. Las herramientas de ejecución de los principios, derechos y garantías ambientales son de carácter sistémico y transversal (p.12).

Art. 5.- Derecho de la población a vivir en un ambiente sano. El derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado comprende:

1. La conservación, manejo sostenible y recuperación del patrimonio natural, la biodiversidad y todos sus componentes, con respeto a los derechos de la naturaleza y a los derechos colectivos de las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades;
2. El manejo sostenible de los ecosistemas, con especial atención a los ecosistemas frágiles y amenazados tales como páramos, humedales, bosques nublados, bosques tropicales secos y húmedos, manglares y ecosistemas marinos y marinos-costeros;
3. La intangibilidad del Sistema Nacional de áreas Protegidas, en los términos establecidos en la Constitución y la ley;
4. La conservación, preservación y recuperación de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico;
5. La conservación y uso sostenible del suelo que prevenga la erosión, la degradación, la desertificación y permita su restauración;
6. La prevención, control y reparación integral de los daños ambientales;
7. La obligación de toda obra, proyecto o actividad, en todas sus fases, de sujetarse al procedimiento de evaluación de impacto ambiental;
8. El desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías alternativas no contaminantes, renovables, diversificadas y de bajo impacto ambiental;
9. El uso, experimentación y el desarrollo de la biotecnología y la comercialización de sus productos, bajo estrictas normas de bioseguridad, con sujeción a las prohibiciones establecidas en la Constitución y demás normativa vigente;
10. La participación en el marco de la ley de las personas, comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades y colectivos, en toda actividad o decisión que pueda producir o que produzca impactos o daños ambientales;
11. La adopción de políticas públicas, medidas administrativas, normativas y jurisdiccionales que garanticen el ejercicio de este derecho;
12. La implementación de planes, programas, acciones y medidas de adaptación para aumentar la resiliencia y reducir la vulnerabilidad ambiental, social y económica frente a la variabilidad climática y a los impactos del cambio climático, así como la implementación de los mismos para mitigar sus causas (p.12).

Art. 6.- Derechos de la naturaleza. Son derechos de la naturaleza los reconocidos en la Constitución, los cuales abarcan el respeto integral de su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos, así como la restauración. Para la garantía del ejercicio de sus derechos, en la planificación y el ordenamiento territorial se incorporarán criterios ambientales territoriales en virtud de los ecosistemas. La Autoridad Ambiental Nacional definirá los criterios ambientales territoriales y desarrollará los lineamientos técnicos sobre los ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos de la naturaleza (p.12).

Art. 9.- Principios ambientales. En concordancia con lo establecido en la Constitución y en los instrumentos internacionales ratificados por el Estado, los principios ambientales que contiene este Código constituyen los fundamentos conceptuales para todas las decisiones y actividades públicas o privadas de las personas, comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades y colectivos, en relación con la conservación, uso y manejo sostenible del ambiente. Los principios ambientales deberán ser reconocidos e incorporados en toda manifestación de la administración pública, así como en las providencias judiciales en el ámbito jurisdiccional. Estos principios son:

1. Responsabilidad integral. La responsabilidad de quien promueve una actividad que genere o pueda generar impacto sobre el ambiente, principalmente por la utilización de sustancias, residuos, desechos o materiales tóxicos o peligrosos, abarca de manera integral, responsabilidad compartida y diferenciada. Esto incluye todas las fases de dicha actividad, el ciclo de vida del producto y la gestión del desecho o residuo, desde la generación hasta el momento en que se lo dispone en condiciones de inocuidad para la salud humana y el ambiente.

2. Mejor tecnología disponible y mejores prácticas ambientales. El Estado deberá promover en los sectores público y privado, el desarrollo y uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto, que minimicen en todas las fases de una actividad productiva, los riesgos de daños sobre el ambiente, y los costos del tratamiento y disposición de sus desechos. Deberá también promover la implementación de mejores prácticas en el diseño, producción, intercambio y consumo sostenible de bienes y servicios, con el fin de evitar o reducir la contaminación y optimizar el uso del recurso natural.

3. Desarrollo Sostenible. Es el proceso mediante el cual, de manera dinámica, se articulan los ámbitos económicos, social, cultural y ambiental para satisfacer las necesidades de las actuales generaciones, sin poner en riesgo la satisfacción de necesidades de las generaciones futuras. La concepción de desarrollo sostenible implica una tarea global de carácter permanente. Se establecerá una distribución justa y equitativa de los beneficios económicos y sociales con la participación de personas, comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades.

4. El que contamina paga. Quien realice o promueva una actividad que contamine o que lo haga en el futuro, deberá incorporar a sus costos de producción todas las medidas necesarias para prevenirla, evitarla o reducirla. Asimismo, quien contamine estará obligado a la reparación integral y la indemnización a los perjudicados, adoptando medidas de compensación a las poblaciones afectadas y al pago de las sanciones que correspondan.

5. In dubio pro-natura. Cuando exista falta de información, vacío legal o contradicción de normas, o se presente duda sobre el alcance de las disposiciones legales en materia ambiental, se aplicará lo que más favorezca al ambiente y a la naturaleza. De igual manera se procederá en caso de conflicto entre esas disposiciones.

6. Acceso a la información, participación y justicia en materia ambiental. Toda persona, comuna, comunidad, pueblo, nacionalidad y colectivo, de conformidad con la ley, tiene derecho al acceso oportuno y adecuado a la información relacionada con el ambiente, que dispongan los organismos que comprenden el sector público o cualquier persona natural o jurídica que asuma responsabilidades o funciones públicas o preste servicios públicos, especialmente aquella información y adopción de medidas que supongan riesgo

o afectación ambiental. También tienen derecho a ejercer las acciones legales y acudir a los órganos judiciales y administrativos, sin perjuicio de su interés directo, para obtener de ellos la tutela efectiva del ambiente, así como solicitar las medidas provisionales o cautelares que permitan cesar la amenaza o el daño ambiental. Toda decisión o autorización estatal que pueda afectar el ambiente será consultada a la comunidad, a la cual se informará amplia y oportunamente, de conformidad con la ley.

7. Precaución. Cuando no exista certeza científica sobre el impacto o daño que supone para el ambiente alguna acción u omisión, el Estado a través de sus autoridades competentes adoptará medidas eficaces y oportunas destinadas a evitar, reducir, mitigar o cesar la afectación. Este principio reforzará al principio de prevención.

8. Prevención. Cuando exista certidumbre o certeza científica sobre el impacto o daño ambiental que puede generar una actividad o producto, el Estado a través de sus autoridades competentes exigirá a quien la promueva el cumplimiento de disposiciones, normas, procedimientos y medidas destinadas prioritariamente a eliminar, evitar, reducir, mitigar y cesar la afectación.

9. Reparación Integral. Es el conjunto de acciones, procesos y medidas, incluidas las de carácter provisional, que aplicados tienden fundamentalmente a revertir impactos y daños ambientales; evitar su recurrencia; y facilitar la restitución de los derechos de las personas, comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas.

10. Subsidiariedad. El Estado intervendrá de manera subsidiaria y oportuna en la reparación del daño ambiental, cuando el que promueve u opera una actividad no asuma su responsabilidad sobre la reparación integral de dicho daño, con el fin de precautelar los derechos de la naturaleza, así como el derecho de los ciudadanos a un ambiente sano. Asimismo, el Estado de manera complementaria y obligatoria exigirá o repetirá en contra del responsable del daño, el pago de todos los gastos incurridos, sin perjuicio de la imposición de las sanciones correspondientes. Similar procedimiento aplica cuando la afectación se deriva de la acción u omisión del servidor público (p.13).

2.3.2 Código Orgánico del Ambiente

(2017) Libro Preliminar

Título

II

De los derechos, deberes y principios ambientales

De los derechos, deberes y principios ambientales

Art. 4.- Disposiciones comunes. Las disposiciones del presente Código promoverán el efectivo goce de los derechos de la naturaleza y de las personas, comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades y colectivos a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, de conformidad con la Constitución y los instrumentos internacionales ratificados por el Estado, los cuales son inalienables, irrenunciables, indivisibles, de igual jerarquía, interdependientes, progresivos y no se excluyen entre sí. (p. 12).

Para asegurar el respeto, la tutela y el ejercicio de los derechos se desarrollarán las garantías normativas, institucionales y jurisdiccionales establecidas por la Constitución y la ley. Las herramientas de ejecución de los principios, derechos y garantías ambientales son de carácter sistémico y transversal.

Art. 5.- Derecho de la población a vivir en un ambiente sano. El derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado comprende:

1. La conservación, manejo sostenible y recuperación del patrimonio natural, la biodiversidad y todos sus componentes, con respeto a los derechos de la naturaleza y a los derechos colectivos de las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades;
2. El manejo sostenible de los ecosistemas, con especial atención a los ecosistemas frágiles y amenazados tales como páramos, humedales, bosques nublados, bosques tropicales secos y húmedos, manglares y ecosistemas marinos y marinos-costeros;
3. La intangibilidad del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, en los términos establecidos en la Constitución y la ley;
4. La conservación, preservación y recuperación de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico;
5. La conservación y uso sostenible del suelo que prevenga la erosión, la degradación, la desertificación y permita su restauración;
6. La prevención, control y reparación integral de los daños ambientales;
7. La obligación de toda obra, proyecto o actividad, en todas sus fases, de sujetarse al procedimiento de evaluación de impacto ambiental;
8. El desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías alternativas no contaminantes, renovables, diversificadas y de bajo impacto ambiental;
9. El uso, experimentación y el desarrollo de la biotecnología y la comercialización de sus productos, bajo estrictas normas de bioseguridad, con sujeción a las prohibiciones establecidas en la Constitución y demás normativa vigente;
10. La participación en el marco de la ley de las personas, comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades y colectivos, en toda actividad o decisión que pueda producir o que produzca impactos o daños ambientales;
11. La adopción de políticas públicas, medidas administrativas, normativas y jurisdiccionales que garanticen el ejercicio de este derecho; y,
12. La implementación de planes, programas, acciones y medidas de adaptación para aumentar la resiliencia y reducir la vulnerabilidad ambiental, social y económica frente a la variabilidad climática y a los impactos del cambio climático, así como la implementación de los mismos para mitigar sus causas.

Art. 6.- Derechos de la naturaleza. Son derechos de la naturaleza los reconocidos en la Constitución, los cuales abarcan el respeto integral de su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos, así como la restauración. (p. 12).

Art. 7.- Deberes comunes del Estado y las personas. Son de interés público y por lo tanto deberes del Estado y de todas las personas, comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades y colectivos, los siguientes:

1. Respetar los derechos de la naturaleza y utilizar los recursos naturales, los bienes tangibles e intangibles asociados a ellos, de modo racional y sostenible;
2. Proteger, conservar y restaurar el patrimonio natural nacional, los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país;
3. Crear y fortalecer las condiciones para la implementación de medidas de mitigación y adaptación al cambio climático;
4. Prevenir, evitar y reparar de forma integral los daños y pasivos ambientales y sociales; e,

5. Informar, comunicar o denunciar ante la autoridad competente cualquier actividad contaminante que produzca o pueda producir impactos o daños ambientales.

2.3.3 Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, uso y Gestión de suelo (2016)

Principios rectores y derechos orientadores del ordenamiento territorial y planeamiento del uso y gestión del suelo

Capítulo II

Art. 6.- Del ejercicio de los derechos de las personas sobre el suelo.- Las competencias y facultades públicas a las que se refiere esta Ley estarán orientadas a procurar la efectividad de los derechos constitucionales de la ciudadanía. En particular los siguientes:

1. El derecho a un hábitat seguro y saludable.
2. El derecho a una vivienda adecuada y digna.
3. El derecho a la ciudad.
4. El derecho a la participación ciudadana.
5. El derecho a la propiedad en todas sus formas (p.6).

Art. 7.- Implicaciones de la función social y ambiental de la propiedad.- Para efectos de esta Ley, la función social y ambiental de la propiedad en el suelo urbano y rural de expansión urbana implica:

1. La obligación de realizar las obras de urbanización y edificación, conforme con la normativa y planeamiento urbanístico y con las cargas urbanísticas correspondientes.
2. La obligación de destinar los predios al uso previsto en la ley o el planeamiento urbanístico.
3. El derecho de la sociedad a participar en los beneficios producidos por la planificación urbanística y el desarrollo urbano en general.
4. El control de prácticas especulativas sobre bienes inmuebles y el estímulo a un uso socialmente justo y ambientalmente sustentable del suelo.
5. La promoción de condiciones que faciliten el acceso al suelo con servicios a la población con ingresos medios y bajos.
6. Conservar el suelo, los edificios, las construcciones y las instalaciones en las condiciones adecuadas para evitar daños al patrimonio natural y cultural, y a la seguridad de las personas. La función social y ambiental de la propiedad en el suelo rural se establece en las leyes que regulan el suelo productivo, extractivo y de conservación (p.6).

2.3.4. Planeamiento del uso y de la gestión del suelo

Título III

Capítulo I: Suelo

Sección I: Clasificación y sub-clasificación del suelo

Art. 16.- Suelo. - El suelo es el soporte físico de las actividades que la población lleva a cabo en búsqueda de su desarrollo integral sostenible y en el que se materializan las decisiones y estrategias territoriales, de acuerdo con las dimensiones social, económica, cultural y ambiental (p.8).

Art. 17.- Clases de suelo. - En los planes de uso y gestión de suelo, todo el suelo se clasificará en urbano y rural en consideración a sus características actuales La clasificación del suelo es independiente de la asignación político-administrativa de la parroquia como urbana o rural (p.8).

Art. 18.- Suelo Urbano. - El suelo urbano es el ocupado por asentamientos humanos concentrados que están dotados total o parcialmente de infraestructura básica y servicios públicos, y que constituye un sistema continuo e interrelacionado de espacios públicos y privados. Estos asentamientos humanos pueden ser de diferentes escalas e incluyen núcleos urbanos en suelo rural. Para el suelo urbano se establece la siguiente subclasificación:

1. Suelo urbano consolidado. Es el suelo urbano que posee la totalidad de los servicios, equipamientos e infraestructuras necesarios, y que mayoritariamente se encuentra ocupado por la edificación.

2. Suelo urbano no consolidado. Es el suelo urbano que no posee la totalidad de los servicios, infraestructuras y equipamientos necesarios, y que requiere de un proceso para completar o mejorar su edificación o urbanización.

3. Suelo urbano de protección. Es el suelo urbano que, por sus especiales características biofísicas, culturales, sociales o paisajísticas, o por presentar factores de riesgo para los asentamientos humanos, debe ser protegido, y en el cual se restringirá la ocupación según la legislación nacional y local correspondiente. Para la declaratoria de suelo urbano de protección, los planes de desarrollo y ordenamiento territorial municipales o metropolitanos acogerán lo previsto en la legislación nacional ambiental, patrimonial y de riesgos. Para la delimitación del suelo urbano se considerará de forma obligatoria los parámetros sobre las condiciones básicas como gradientes, sistemas públicos de soporte, accesibilidad, densidad edificatoria, integración con la malla urbana y otros aspectos (p.8).

Art. 19.- Suelo rural. - El suelo rural es el destinado principalmente a actividades agro-productivas, extractivas o forestales, o el que por sus especiales características biofísicas o geográficas debe ser protegido o reservado para futuros usos urbanos. Para el suelo rural se establece la siguiente subclasificación:

1. Suelo rural de producción. Es el suelo rural destinado a actividades agro productivas, acuícolas, ganaderas, forestales y de aprovechamiento turístico, respetuosas del ambiente. Consecuentemente, se encuentra restringida la construcción y el fraccionamiento.

2. Suelo rural para aprovechamiento extractivo. Es el suelo rural destinado por la autoridad competente, de conformidad con la legislación vigente, para actividades extractivas de recursos naturales no renovables, garantizando los derechos de naturaleza.

3. Suelo rural de expansión urbana. Es el suelo rural que podrá ser habilitado para su uso urbano de conformidad con el plan de uso y gestión de suelo. El suelo rural de expansión urbana será siempre colindante con el suelo urbano del cantón o distrito metropolitano, a excepción de los casos especiales que se definan en la normativa secundaria. La determinación del suelo rural de expansión urbana se realizará en función de las previsiones de crecimiento demográfico, productivo y socioeconómico del cantón o distrito metropolitano, y se ajustará a la viabilidad de la dotación de los sistemas públicos de soporte definidos en el plan de uso y gestión de suelo, así como a las políticas de protección del suelo rural establecidas por la autoridad agraria o ambiental nacional competente. Con el fin de garantizar la soberanía alimentaria, no se definirá como suelo urbano o rural de expansión urbana aquel que sea identificado como de alto valor agro productivo por parte de la autoridad agraria nacional, salvo que exista una autorización expresa de la misma. Los

procedimientos para la transformación del suelo rural a suelo urbano o rural de expansión urbana, observarán de forma obligatoria lo establecido en esta Ley. Queda prohibida la urbanización en predios colindantes a la red vial estatal, regional o provincial, sin previa autorización del nivel de gobierno responsable de la vía.

4. Suelo rural de protección. Es el suelo rural que, por sus especiales características biofísicas, ambientales, paisajísticas, socioculturales, o por presentar factores de riesgo, merece medidas específicas de protección. No es un suelo apto para recibir actividades de ningún tipo, que modifiquen su condición de suelo de protección, por lo que se encuentra restringida la construcción y el fraccionamiento. Para la declaratoria de suelo rural de protección se observará la legislación nacional que sea aplicable (p.9).

Aprovechamiento del suelo

Sección II

Art. 20.- Aprovechamiento urbanístico o de suelo.- El aprovechamiento urbanístico o de suelo determina las posibilidades de utilización del suelo, en términos de clasificación, uso, ocupación y edificabilidad, de acuerdo con los principios rectores definidos en esta Ley (p.9).

Art. 21.- Uso. - El uso es la destinación asignada al suelo, conforme con su clasificación y subclasificación, previstas en esta Ley. Los usos serán determinados en los respectivos planes de uso y gestión de suelo y en sus instrumentos complementarios (p.9).

Art. 22.- Uso general. - Uso general es aquel definido por el plan de uso y gestión de suelo que caracteriza un determinado ámbito espacial, por ser el dominante y mayoritario (p.9).

Art. 23.- Usos específicos.- Usos específicos son aquellos que detallan y particularizan las disposiciones del uso general en un predio concreto, conforme con las categorías de uso principal, complementario, restringido y prohibido. En el plan de uso y gestión de suelo el régimen de usos específicos se clasificará en las siguientes categorías:

1. Uso principal. Es el uso específico permitido en la totalidad de una zona.
2. Uso complementario. Es aquel que contribuye al adecuado funcionamiento del uso principal, permitiéndose en aquellas áreas que se señale de forma específica.
3. Uso restringido. Es aquel que no es requerido para el adecuado funcionamiento del uso principal, pero que se permite bajo determinadas condiciones.
4. Uso prohibido. Es aquel que no es compatible con el uso principal o complementario, y no es permitido en una determinada zona. Los usos que no estén previstos como principales, complementarios o restringidos se encuentran prohibidos. Los usos urbanos específicos, que no hayan sido definidos previamente en el plan de uso y gestión de suelo, serán determinados mediante el desarrollo del correspondiente plan parcial definido en esta Ley. El régimen de usos previsto para el suelo urbano y rural de protección y el rural de aprovechamiento extractivo y de producción tendrán en cuenta lo que para el efecto señale la legislación nacional aplicable (p.9).

Art. 24.- Ocupación del suelo.- La ocupación del suelo es la distribución del volumen edificable en un terreno en consideración de criterios como altura, dimensionamiento y localización de volúmenes, forma de edificación, retiros y

otras determinaciones de tipo morfológicos. La ocupación de suelo será determinada por los Gobiernos Autónomos Descentralizados municipales y metropolitanos mediante su normativa urbanística que comprenderá al menos el lote mínimo, los coeficientes de ocupación, aislamientos, volumetrías y alturas, conforme lo establecido en esta Ley (p.10).

2.3.5. Reglamento al código orgánico del ambiente [RCOA] (2017)

Art. 5.- Derecho de la población a vivir en un ambiente sano. El derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado comprende (Presidencia Ejecutiva, 2017):

6. La prevención, control y reparación integral de los daños ambientales; 12. La implementación de planes, programas, acciones y medidas de adaptación para aumentar la resiliencia y reducir la vulnerabilidad ambiental, social y económica frente a la variabilidad climática y a los impactos del cambio climático, así como la implementación de los mismos para mitigar sus causas (p.12).

Art. 10.- De la responsabilidad ambiental. El Estado, las personas naturales y jurídicas, así como las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades, tendrán la obligación jurídica de responder por los daños o impactos ambientales que hayan causado, de conformidad con las normas y los principios ambientales establecidos en este Código (p.15).

Art. 16.- De la educación ambiental. La educación ambiental promoverá la concienciación, aprendizaje y enseñanza de conocimientos, competencias, valores deberes, derechos y conductas en la población, para la protección y conservación del ambiente y el desarrollo sostenible. Será un eje transversal de las estrategias, programas y planes de los diferentes niveles y modalidades de educación formal y no formal (p.16).

2.3.6. Derechos del buen vivir sección séptima: salud

Art 32. La salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir". "Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas, así como la introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio nacional" (p.34).

Art 396: “El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas (p.177).

Art. 30.- las personas tienen derecho a un hábitat seguro y saludable, y a una vivienda adecuada y digna, con independencia de su situación social y económica (p.33).

Art. 66.- Se reconoce y garantizará a las personas:

27. El derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza (p.50).

Art. 71.- La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos (p.55).

Art. 72.- La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados (p.55).

Art. 409.- Es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión (p.181).

2.3.7. Acuerdo Ministerial 097- A (2017)

Anexo 2

De las actividades que degradan la calidad del suelo.

4.1.2.1 Las organizaciones públicas o privadas dedicadas a la comercialización, almacenamiento y/o producción de químicos, hidroelectricidad, exploración y explotación hidrocarburífera, minera, y agrícola, tomarán todas las medidas pertinentes a fin de que el uso de su materia prima, insumos y/o descargas provenientes de sus sistemas de producción y/o tratamiento, no causen daños físicos, químicos o biológicos a los suelos (p.9).

4.1.2.2 Las organizaciones dedicadas a la comercialización y producción de plaguicidas deberán efectuar campañas de difusión sobre el uso racional y técnico de estos compuestos, para esto, la empresa comercializadora y/o productora está en el deber de impartir charlas alusivas al uso de estos compuestos, sus riesgos y métodos adecuados de disposición final de los desechos (p.9).

4.1.2.3 Las sustancias químicas e hidrocarburos deberán almacenarse, manejarse y transportarse de manera técnicamente apropiada, tal como lo establece las regulaciones ambientales del sector hidrocarburífera y la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2266, referente al Transporte, Almacenamiento y Manejo de Productos Químicos Peligrosos, o la que la reemplace (p.9).

4.1.2.6 Se prohíbe el vertido de las aguas residuales provenientes del tratamiento de triple lavado de envases o recipientes que hallan contenido pesticida, sobre el suelo. Se permitirá la aplicación técnica del agua de triple lavado en cultivos que así lo requieran (p.9).

4.1.2.8 Los productores agrícolas, están en la obligación de utilizar técnicas que no degraden la calidad del suelo agrícola, así como deberán implementar procedimientos técnicos respecto al uso racional de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas, este tipo de productos deberán ser manejados mediante buenas prácticas y métodos establecidos en las Normas Técnicas y Reglamentos aplicables y vigentes en el país (p.9).

Suelos contaminados

4.1.3.1 Los causantes por acción u omisión de contaminación al recurso suelo, a causa de derrames, vertidos, fugas, almacenamiento o abandono de productos o desechos peligrosos, infecciosos o hidrocarbúrfica, deberán proceder a la 38 remediación de la zona afectada, considerando para el efecto los criterios de remediación de suelos contaminados que se encuentran en la presente norma (p.10).

4.1.3.2 La entidad ambiental de control exigirá al causante la remediación del sitio contaminado y el monitoreo de las acciones de remediación, hasta alcanzar los objetivos o valores de remediación establecidos en la presente norma (p.10)

4.1.3.3 No serán consideradas como áreas degradadas o contaminadas aquellas en las que sus suelos presenten por causas naturales y en forma habitual alto contenido de sales solubles, de sodio, de elementos tóxicos para la flora, fauna, ecosistemas y sus interrelaciones, de baja fertilidad química nativa, capa de agua alta o suspendida que anule o disminuya muy notoriamente el crecimiento radicular de las plantas, que requieran riego constante o suplementario, de desmorte o desmalezado (p.10).

4.1.3.4 Cuando por cualquier causa se produzcan derrames, infiltraciones, descargas o vertidos de residuos o productos peligrosos de forma accidental sobre el suelo, áreas protegidas o ecológicamente sensibles, se debe dar aviso inmediato de los hechos a la Entidad Ambiental de Control; aviso que deberá ser ratificado por escrito dentro de las 48 horas siguientes al día en que ocurran los hechos, para que dicha dependencia esté en posibilidad de dictar o en su caso promover ante la Entidad Ambiental de Control competente (p.10).

4.1.3.5 Cuando un suelo se encuentre contaminado, el causante o la organización responsable por la contaminación, adoptará los siguientes procedimientos de informe:

1.- Caracterización del Área de Influencia Directa (*) Ubicación Geográfica del sitio Ubicación de las zonas aledañas Condiciones locales de la zona: Precipitación y / o riego (frecuencia y nivel) Nivel freático de la zona Escorrentías Ubicación de cuerpos de agua aledaños, pozos de extracción (en uso, clausurados, en proyecto) Clima y temperatura del ambiente Caracterización del suelo: Uso del suelo: Agrícola, residencial, comercial o residencial Topografía y Vegetación presente Determinación físico, químico y biológico del suelo: Granulometría Permeabilidad del suelo Composición química, física y biológica el suelo Perfiles estratigráficos del área en estudio (p.11).

2.- Determinación del origen de la contaminación Características de la actividad que da origen a la contaminación: Exploración o explotación de recurso. Procesos Industriales. Centro de Almacenamiento o transporte de productos químicos o sustancias peligrosas. Terminal Marítima o Terrestre. Estación de Transferencia, Centro de Transferencia. Ducto, poliducto. Rellenos sanitarios, botaderos y sistemas de tratamiento de desechos. Otras Planos de las instalaciones. Estudios Previos efectuados al área en evaluación (estudios

ambientales, mediciones del nivel freático, composición del suelo del área, entre otros). Determinación básica del contaminante (si el contaminante es materia prima, producto, subproducto o desecho del proceso). Localización de las fuentes de contaminación (superficial o subterránea). Tiempo transcurrido desde el inicio de la contaminación y de la verificación de este (p.11).

3.- Diagnóstico de la contaminación in situ El diagnóstico in situ permite obtener información de manera simple y rápida de la contaminación del suelo. Dos métodos de diagnósticos in situ más comunes son los geos eléctricos y la gasometría, los mismos permiten detectar los niveles de concentración de los contaminantes. Dependiendo de la naturaleza de la contaminación se emplearán otro tipo de métodos descritos en la literatura y aprobados por la entidad ambiental de control (p.11).

4.- Criterios de Toma de muestras Determinación del número de muestras: El número de muestras a coleccionar dependerá de la profundidad alcanzada por el/los contaminantes(s) y del tiempo transcurrido desde que se ha consumado la afectación al recurso. Se deberá tomar como mínimo cinco y máximo 20 muestras, cuando el contaminante no ha alcanzado una profundidad mayor a 80 centímetros. Cuando la profundidad de afectación alcance niveles superiores a los 80 centímetros, el número de muestras a coleccionar dependerá del criterio de la entidad ambiental de control y del técnico encargado de la toma de muestras. Selección del sitio y toma de muestra: Se trazará una cuadrícula extendida sobre toda el área afectada. Las líneas de la cuadrícula distarán una de los otros 3 metros. Cuando la extensión de la contaminación cubra grandes áreas, se escogerá las muestras más representativas de los nudos de la cuadrícula. Cuando el área contaminada sea pequeña o de forma irregular, que la cuadrícula con intervalos de 3,0 metros no contenga el mínimo de muestras (cinco), se tomará una de las dos opciones: Usar una cuadrícula más pequeña y proceder a recoger las muestras, o Colectar las muestras al azar. Las muestras deberán ser representativas y deben cubrir toda el área contaminada y son de carácter simple y puntual. Los niveles de profundidad de recolección de las muestras dependerán del diagnóstico de contaminación efectuado en el sitio y del criterio de la entidad ambiental de control y del técnico encargado de la toma de muestras. Tamaño y tipo de muestra: El tamaño de la muestra deberá ser representativa, para garantizar su adecuado análisis en el laboratorio. Como un procedimiento de aseguramiento de calidad, por cada 6 o 7 muestras, se tomará una muestra testigo, en el caso de la determinación de Inorgánicos Tóxicos. La selección del sitio de colección de muestras, así como el número de muestras a coleccionar deberá efectuarse con la aprobación y preferentemente en la presencia de un representante de la entidad ambiental de control (p.12).

5.- Análisis de muestra El análisis de un suelo contaminado, permite determinar el nivel de afectación de un suelo y la concentración del contaminante en el mismo. Estos análisis serán complementarios a los encontrados en el análisis in situ, de esta manera se determinará la distribución de los contaminantes en la zona saturada y no saturada. Los parámetros Físicos por determinar en las muestras se enumeran a continuación: pH humedad Materia Orgánica (Carbono Orgánico) Granulometría del suelo (tamaño de partícula) Los parámetros químicos y biológicos a analizar deben estar relacionados con los posibles contaminantes, los mismos tendrán relación con las actividades industriales, comerciales o agrícolas que se realizan en el área de estudio (p.12).

4.2 Criterios de Calidad del Suelo y Criterios de Remediación

4.2.1.- Criterios de Calidad del Suelo.

Los criterios de calidad son valores de fondo aproximados o límites analíticos de detección para un contaminante en el suelo. Para los propósitos de esta Norma, los valores de fondo se refieren a los niveles ambientales representativos para un contaminante en el suelo. Los valores pueden reflejar las variaciones geológicas naturales de áreas no desarrolladas o libres de la influencia de actividades industriales o urbanas generalizadas (p.13).

4.2.2.- Criterios de Remediación o Restauración del Suelo.

Los criterios de Remediación o Restauración se establecen de acuerdo al uso que del suelo (agrícola, comercial, residencial e industrial). Tienen el propósito de establecer los niveles máximos de concentración de contaminantes de un suelo en proceso de remediación o restauración (p.14).

3. Materiales y métodos

3.1. Enfoque de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

3.1.1.1. Investigación aplicada

El presente trabajo es una investigación aplicada, ya que se obtuvieron muestras de suelo de una unidad experimental en el cantón Paján, las cuales sirvieron para determinar la presencia de metales pesados mediante el análisis de laboratorio con fluorescencia de rayos X. Se realizó un análisis descriptivo por el cual se identificó la incidencia de metales pesados y se verificó los efectos de la degradación del suelo.

3.1.1.2. Investigación descriptiva

Este trabajo es de investigación descriptiva, se ejecutó sobre hechos reales, en el cual se describió toda la información, los datos que se adquirieron de la investigación se obtuvieron por la observación de cómo se progresa en sus alrededores. Su desarrollo se obtuvo mediante la recopilación de datos; esta información se ejecutó en el sector Río Hondo, Cantón Paján.

3.1.1.3. Investigación documental

El presente es de carácter documental debido a que se apoyó en la guía de textos y artículos científicos, siendo fuente importante de información para la verificación acerca de investigaciones sobre la degradación de los suelos ocasionados por la incidencia de metales pesados, se permitió desarrollar la investigación con los datos recolectados.

3.1.2 Diseño de investigación

El diseño de investigación es de campo, debido a que los datos que se recolectaron fueron obtenidos a partir de la toma de muestras de suelos afectados por metales pesados en la unidad experimental del sector Rio Hondo Cantón Paján, así como el levantamiento de información de los agricultores sobre el manejo del suelo; se obtuvieron los resultados con los cuales se determinó la presencia de metales pesados y a su vez la degradación del suelo en conjunto a las causas de los daños ocasionados en el terreno por medio de la observación en laboratorio.

3.2 Metodología

En la metodología del presente proyecto se obtuvieron muestras de suelo en el sector Rio Hondo, Cantón Paján, donde se analizó y determinó la incidencia de metales pesados por el uso de agroquímicos que afecta el suelo.

3.2.1 Variables

Según el tipo de investigación, se incluyen las variables.

3.2.1.1 Variables independientes

- Muestras de suelo: Kg
- Textura g/cm³
- Humedad g/cm³
- Materia orgánica g/cm³

- Tenencia de la tierra
- Tipos de plaguicidas

3.2.1.2 Variables dependientes

Concentración de metales pesados: (mg/Kg)

Uso de suelos: Cualitativo

3.2.2. Tratamientos

El presente proyecto de investigación no requiere tratamientos.

3.2.3 Diseño experimental

El proyecto de tesis tiene un diseño no experimental debido a que se realizó la recolección de datos en el campo, por el cual se establecieron métodos descriptivos y a su vez se realizó análisis de laboratorio de las muestras de suelo sin influir en ninguna de las variables de estudio de la unidad experimental, cantón Paján.

3.2.4 Recolección de datos

En la recolección de muestra para el análisis de calidad de suelo se requirió la norma técnica NTE INEN-ISO 10381- 1

Para el cumplimiento de los objetivos fue establecido mediante la extracción de muestras del suelo en las cuales se ubicaron los puntos estratégicamente y se realizó la toma de las muestras que se conforma de 5 fases como son: objeto, alcance, disposiciones generales, instrumental y procedimiento en cada sitio establecido mediante la norma INEN 686.

Se identificó las características físicas y se analizaron las muestras del suelo para la determinación de concentración de materia orgánica, textura y humedad por medio de la técnica de Gravimetría, también se determinó la concentración de metales pesados aplicando la técnica de fluorescencia de rayos X. Mediante la norma INEN 689.

Por medio de los resultados de laboratorio se identificó la causa que agrava los suelos en el sector Rio Hondo, cantón Paján, Se da a conocer propuestas de mitigación para la mejora de la calidad del suelo afectado por la agricultura intensiva que provoca procesos de degradación del suelo.

3.2.4.1. Recursos

- **Materiales y equipos:** Para el proyecto se utilizó una computadora para la recopilación, registro de datos, mediciones en el terreno. Cinta métrica, frascos para la recolección de muestras del suelo de los cuales se realizó análisis para describir la degradación del suelo generada en el sector Rio Hondo, Cantón Paján; para la visita de campo se requiere de botas de campo, viseras, guantes y un cuaderno de apuntes.
- **Recursos bibliográficos:** Por medio de la recolección de recursos bibliográficos como artículos científicos, libros y fuentes web tales como el Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica y los planes estratégicos del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

3.2.4.2 Métodos y técnicas

En el proyecto se determinó la degradación del suelo por metales pesados que ocurren en el sector Rio Hondo, cantón Paján, en el cual se implementó un método adecuado para el manejo de la tierra con la finalidad de disminuir la degradación del suelo y los riegos ambientales negativos y así llegar a la conservación de acuerdo al tema, surgiendo la hipótesis propuesta interviniendo en las variables que afectan dentro del el problema de degradación por la agricultura intensiva.

Se lograron todos los objetivos propuestos, en la cual se desarrolló mediante un enfoque cuantitativo, siendo una investigación científica y cualitativa para la recolección de datos rigiéndose a las normativas.

Aplicada la técnica que abarca la información del trabajo debido a que el tema realizado se enfocó en las afectaciones por metales pesados en el suelo y riesgos ambientales ocasionados por contaminantes, producto que se obtuvieron en la parroquia Rio Hondo.

3.2.4.2.1 Selección de muestra para el levantamiento de información estadística

Se obtuvo información sobre el uso de agroquímicos utilizados en la producción de la unidad experimental por medio de los agricultores del sector Rio Hondo mediante una investigación y recopilación de datos mediante encuestas en la zona de estudio, con la finalidad de describir el impacto ocasionado por la contaminación con metales pesados.

Para la obtención de la muestra a ser encuestada, se utilizó la fórmula de tamaño de muestra finita, ya que la zona de estudio cuenta con una población considerablemente pequeña:

$$n = \frac{N * z^2 * p * q}{(e^2 * (N - 1) + z^2 * p * q)}$$

n= tamaño de muestra poblacional a obtener

N = tamaño de la población total

z² = nivel de confianza

e² = error admisible

p = variabilidad positiva

q = variabilidad negativa

El sector Rio Hondo del cantón Paján cuenta con 1050 habitantes INEC (2023), por lo que el tamaño de la muestra por el sector agrícola fue:

N= 1050

Z= 1.96²

E²= 0.05²

P= 0.5

Q=0.5

$$n = \frac{1050 \times 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5}{(0.05^2 \times (1050 - 1) + 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5)} = 281$$

El valor P (Variabilidad positiva) fue seleccionada al 95% considerando un margen de error del 5% (valor Q), teniendo un nivel de confianza Z de 1.96.

El tamaño de la muestra es de 281 de 1050 habitantes del Sector Río Hondo en el cantón Paján, considerando los valores obtenidos por la elección de los valores de confianza. El resultado que fue de 281 del sector agrícola fueron encuestadas 20 personas del sector agrícola.

3.2.4.2.2 Modalidad de encuesta

La encuesta que se realizó fue en modalidad presencial, donde los agricultores del sector Río Hondo respondieron a 12 preguntas de opción múltiple sin considerar límite de tiempo enfocadas a factores demográficos relacionados al uso de agroquímicos en el suelo.

3.2.4.2.3 Técnica de muestreo

La técnica que fue utilizada es la técnica de muestreo probabilísticos, por lo cual, se aplicó el muestreo aleatorio simple, que consistió en definir un sector o zona del proyecto en el sector Río Hondo, cantón Paján, también se empleó el muestreo por conveniencia ya que los agricultores manejan los agroquímicos con mayor concurrencia para sus cultivos.

3.2.4.2.3 Muestreo

Para el muestreo se escogieron puntos al azar, de los cuales mediante un barreno se obtuvieron muestras de suelo hasta 20 cm de profundidad, con la finalidad de determinar la concentración de metales pesados contenido en los suelos agrícolas.

3.2.4.2.4 Redacción de cuestionario

Las preguntas fueron desarrolladas para que sean de fácil comprensión, con respuestas alternativas sobre el uso de agroquímicos y el manejo del suelo en la zona de estudio.

3.2.4.2.5 Realización de encuesta

Para elaboración de la encuesta se realizó un banco de preguntas en la cual se recopiló información sobre el uso de agroquímicos dentro del sector Río Hondo, también como se da la incidencia de metales pesados por el uso excesivo de agroquímicos, sobre la salud de los pobladores, daños ambientales y con una totalidad de 12 preguntas que nos ayudó tanto a la parte estadística como en la referencia del sector de estudio para la propuesta de mejora (Ver anexo, Figura 4, 5).

3.2.5.1. Presentación e interpretación de los resultados

Para la interpretación de los resultados a obtener se pudo realizar de manera puntual y prudente las preguntas, de modo que se evaluó en el sector Río Hondo criteriosamente para la redacción del presente estudio. Los datos fueron representados mediante diagramas de tipo pastel.

3.2.5.1.1 Pasos para la obtención de datos con relación a las propiedades del suelo mediante el método gravimétrico (Materia orgánica)

1. Tomar una muestra que no esté alterada del suelo experimental
2. Envasar el contenido a una capsula de humedad
3. Anotar el peso del suelo más la capsula
4. Ubicar la muestra del suelo a 105°C (1 h)
5. Obtener el peso del suelo seco más la capsula
6. Tomar el peso de la capsula sola, y realizar las correcciones debidas

Cálculos:

Mediante la calcinación de la muestra con mufla y secado utilizando la estufa se calcula mediante la fórmula y se obtendrá el porcentaje de materia orgánica en el

suelo del sector Rio Hondo se podrá analizar qué nivel de humedad tiene este suelo.

$$\text{MO\%} = \frac{\text{Peso de suelo seco estufa} - \text{peso de suelo de la mufla}}{\text{Peso de suelo de la estufa}} \times 100$$

3.2.5.1.2 Pasos para las propiedades del suelo mediante el método gravimétrico (Humedad)

1. Pesar los 100g de tierra en la balanza analítica.
2. Colocar en la mufla por 3 horas.
3. Después de las horas retirar de la mufla para dejar secar y tener masa constante.
4. volver a pesar en la balanza analítica.

Cálculos:

$$\frac{\text{Peso de suelo estufa + recipiente} - \text{peso de suelo a } 105^{\circ} + \text{recipiente}}{\text{peso de suelo a } 105^{\circ} + \text{recipiente} - \text{Masa del recipiente}} \times 100$$

3.2.5.1.3 Pasos para las propiedades del suelo mediante el método gravimétrico (Textura)

1. Se pesó 100g de la muestra en la balanza analítica
2. Se utilizó el tamiz número 60, número 100 y 200 para separar la tierra en gravas y arenas, limo y por último en arcilla.
3. Se pesó cada tipo de tierra dando un porcentaje
4. Mediante el porcentaje de cada tipo de tierra se mide su textura mediante el triángulo de textura de suelo.

Se recolectaron 5 muestras de suelo, las cuales fueron trasladadas hasta el laboratorio. A partir de las muestras recolectadas se pretendió recolectar

100gr de suelos de cada una de las muestras, las cuales fueron pesadas en la balanza analítica.

Luego las muestras fueron tamizadas para luego ser colocadas en un vaso de porcelana.

Después, la muestra pasó por un proceso de desecación durante 3 horas a 105 °C.

3.2.6 Método de fluorescencia de rayos x

- Preparación de la muestra: Secado y molienda del suelo para obtener un polvo homogéneo.
- Aplicación de rayos X: El equipo emite rayos X sobre la muestra de suelo.
- Interacción de rayos X: Los átomos en la muestra absorben energía y emiten radiación característica.
- Análisis de espectros: Se analizan las radiaciones emitidas para identificar los elementos presentes.
- Calibración con estándares: Ajuste del equipo con estándares conocidos para mediciones precisas.
- Resultados y evaluación: Determinación de concentraciones de metales pesados (ppm).

3.2.7 Manual de buenas prácticas ambientales en suelo de la parroquia Rio

Hondo

El método de buenas prácticas ambientales permitirá soluciones sobre análisis que determinarán la degradación por la incidencia de metales pesados por el uso de agroquímicos, enseñándoles e incentivándoles a los agricultores a realizar mejoras en las técnicas de producción y en el manejo de los suelos para su preservación por medio de las practicas aplicadas

donde reduciremos los daños ocasionados por la contaminación química por la agricultura incentiva y mejorar la calidad del suelo

3.3 Análisis estadístico.

Se ha empleado estadística descriptiva, con este fin, utilicé tablas descriptivas y gráficos de pastel y barras para poder comparar los valores de concentración con los rangos permisibles al límite máximo permisible del Acuerdo Ministerial 097 A Tabla 1. Criterios de Calidad del Suelo y Tabla 2. Criterios de Remediación (valores máximos permisibles) del Registro Oficial -- Edición Especial N.º 387 Órgano del Gobierno del Ecuador.

Se detalló los datos que se ha recopilado en la investigación, asistiendo y observando en sus alrededores sobre realidades de hechos. Para la obtención de los datos sobre las actividades realizadas que produce la afectación del suelo por incidencias de metales pesados, se realizó una inspección in situ en el sector Río Hondo, Cantón Paján, dado el análisis cuantitativo por medio de la recopilación de información en base a un banco de preguntas realizadas a los habitantes del sector mediante todas las normativas indicadas para efectuar y proponer mejoras en los suelos y comunidad.

4. Resultados

4.1 Levantamiento de la información mediante encuestas a los agricultores sobre el uso de agroquímicos en el suelo en la unidad experimental del cantón Paján

Para poder levantar la información se realizó una encuesta a los agricultores del cantón Paján, la cual consistió en 12 preguntas (ver Anexo 2, Figura 20). A continuación, se presentan los resultados obtenidos a cada una de las preguntas, de forma gráfica, con sus análisis respectivos:

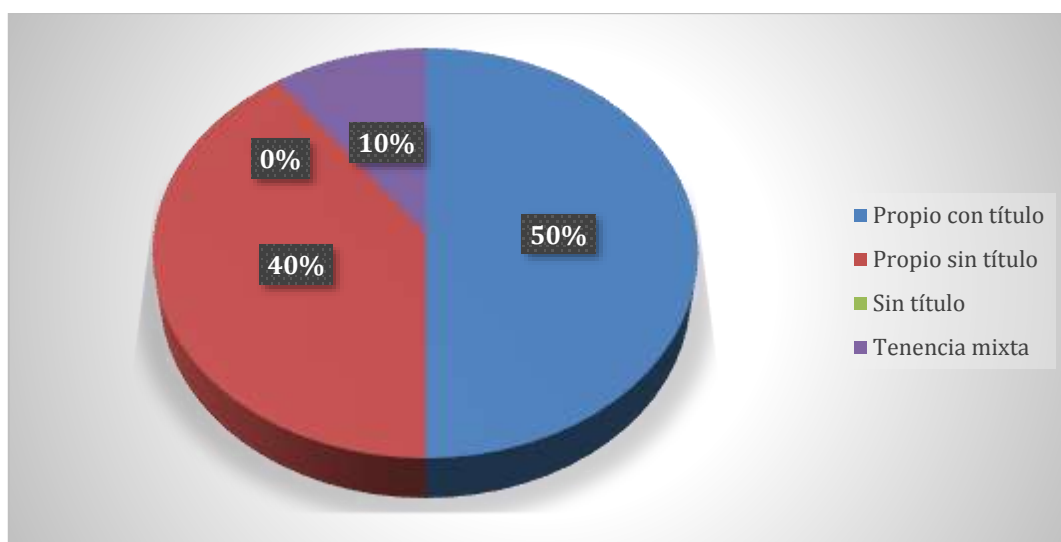


Figura 1. Resultado de la pregunta 1: ¿Es usted dueño(a) de su unidad de producción agropecuaria?
Sanchez, 2023

Analizando los resultados de la figura 1 obtenidos de la pregunta 1 se puede observar que, los encuestados con títulos propios fueron la mayoría, dando un 50%, en cambio, 40% fueron los que no tienen título, mientras que el 10% afirmaron que tienen tenencia mixta, es decir, son varias personas que tienen la propiedad.

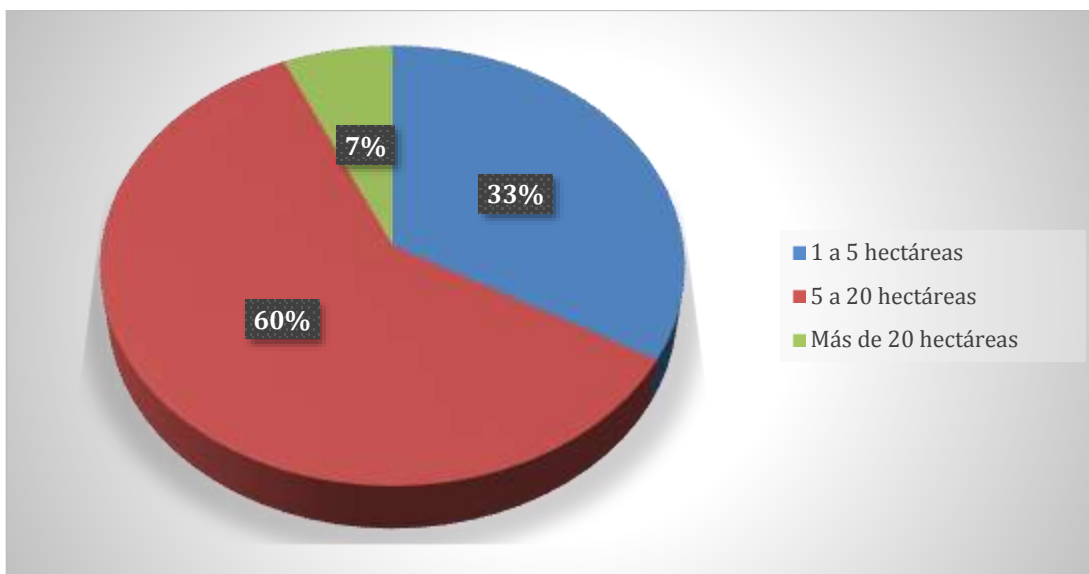


Figura 2. Resultado de la pregunta 2: ¿Cuál es el tamaño de su producción agropecuaria?
Sanchez, 2023

Visualizando la figura 2, se observa que el 60% de los entrevistados tienen de 5 a 20 hectáreas y que son mayoría, seguido del 33% que tienen de 1 a 5 hectáreas y, por último, 7% corresponden a entrevistados que tienen más de 20 hectáreas.

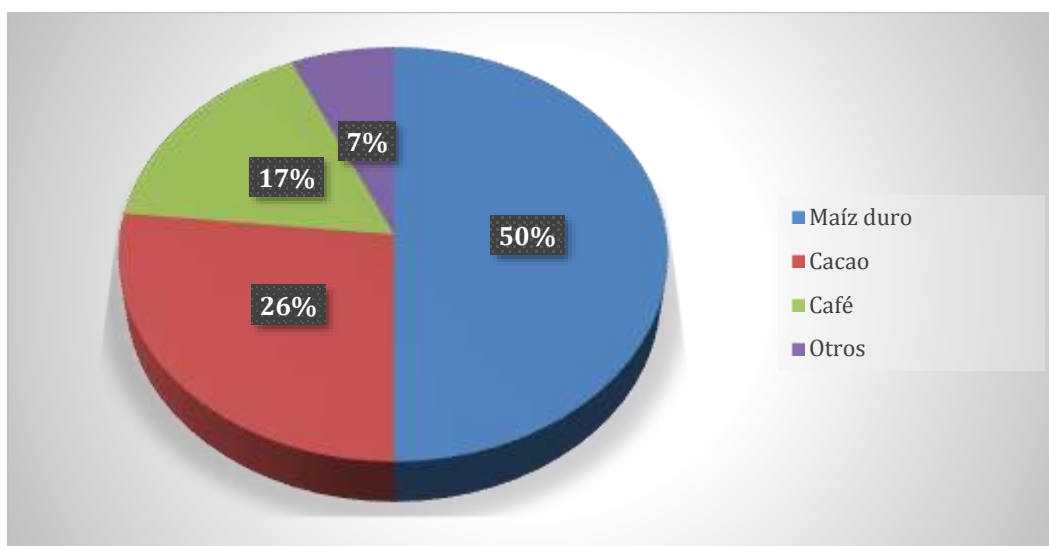


Figura 3. Resultado de la pregunta 3: ¿Qué cultivos realiza en sus tierras?
Sanchez, 2023

Observando los resultados presentados en la figura 3 el 50% de entrevistados corresponden a los agricultores que cosechan maíz duro, mientras que el 26% que

cosechan cacao, el 17 % cosechan café y, por último, 7 % se dedican a otros tipos de cultivos.

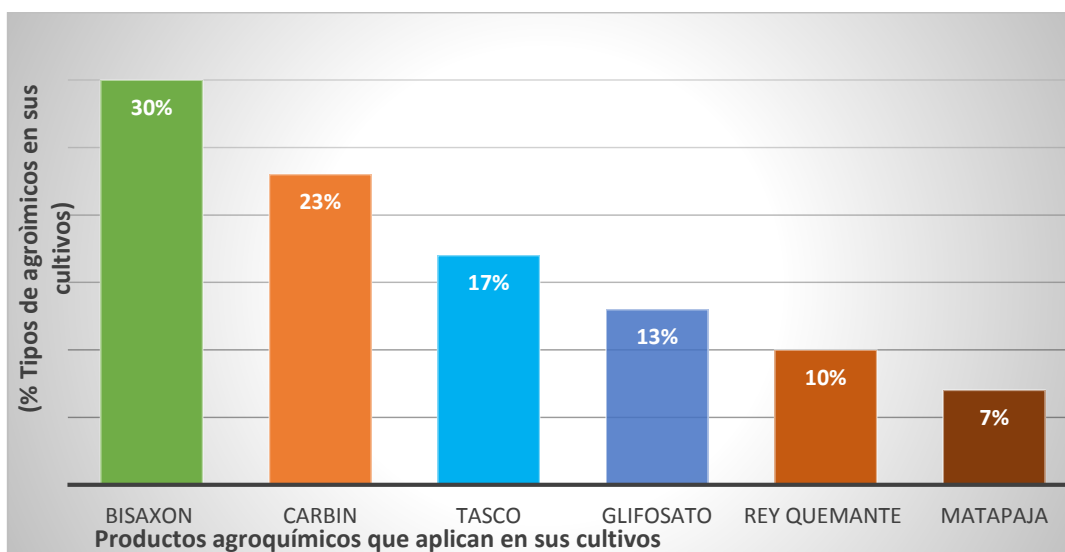


Figura 4. Resultado de la pregunta 4: ¿Qué productos agroquímicos aplica en sus cultivos?
Sanchez, 2023

Analizando los datos presentados en la figura 4, se puede visualizar que el mayor plaguicida utilizado por los agricultores en sus cultivos fue Bisaxon (herbicida) con 30%, seguido por Carbin (insecticida) con el 23%, el 17% es Tasco (herbicida), también con el 13 % Glifosato (herbicida), el 10 % de Rey Quemante (herbicida) y con el 7 % Matapaja (insecticida). De este modo, se demuestra que los productos más utilizados por los agricultores fueron herbicidas, y los insecticidas son los productos menos utilizados. Esto también se refleja en un hecho simple; que para los agricultores los agroquímicos son productos eficaces para prevenir anomalías en las plantas, proporcionando mayores beneficios económicos.

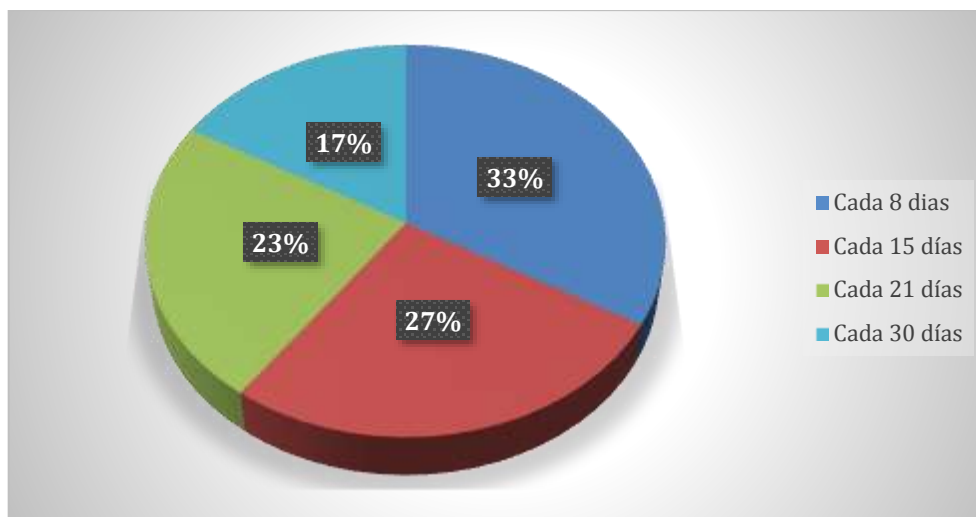


Figura 5. Resultado de la pregunta 5: ¿Con qué frecuencia aplica los agroquímicos?
Sanchez, 2023

Analizando los datos de la pregunta 5 de la figura 5, se puede observar que el 33% de los entrevistados comentaron que cada 8 días aplican los agroquímicos, en cambio, 27% aplican cada 15 días, seguido de 23% que aplican cada 21 días y un 17% aplican cada 30 días. Se refleja que los agricultores no tienen mucha asesoría técnica en el cuidado de los suelos, ya que el porcentaje mayoritario de aplicación de productos agroquímicos fue el 33% que equivale a cada 8 días.

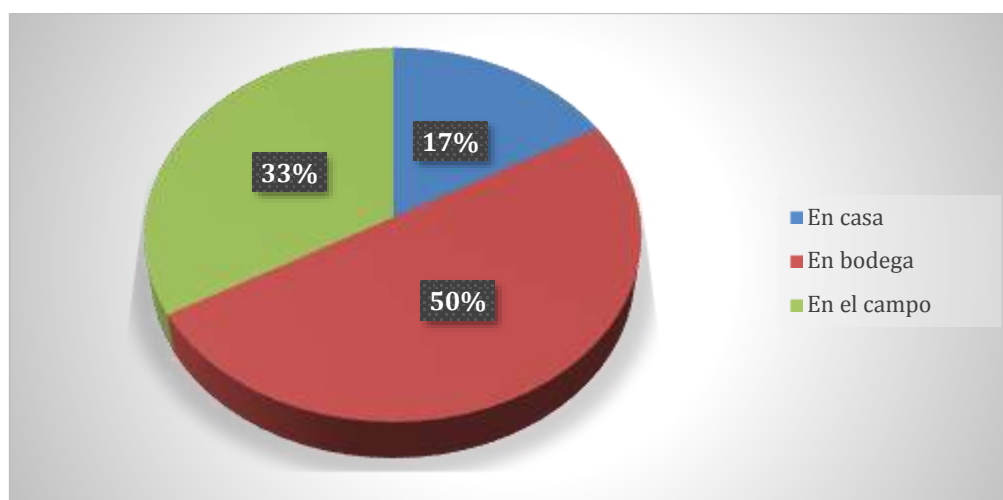


Figura 6. Resultado de la pregunta 6: ¿Dónde almacena los productos agroquímicos?
Sanchez, 2023

Al observar los resultados obtenidos de la pregunta 6 de la figura 6, se puede ver que el 50% de los encuestados almacenan los agroquímicos en bodega, en cambio, el 33% almacenan en el campo y, por último, el 17% en casa.

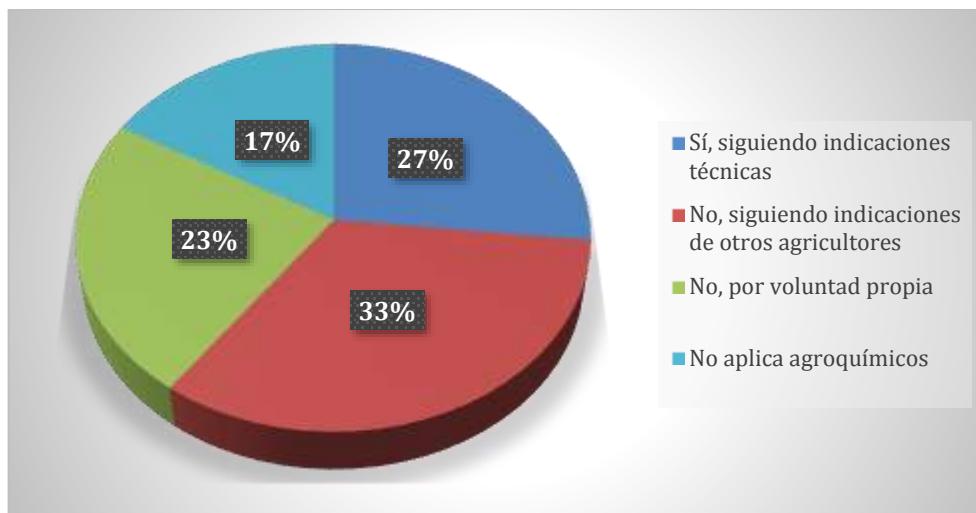


Figura 7. Resultado de la pregunta 7: ¿Siguen indicaciones técnicas manejo de agroquímicos?
Sanchez, 2023.

Observando los resultados obtenidos de la pregunta 7 de la figura 7, se puede visualizar que el 33% de los encuestados no siguieron las indicaciones de otros agricultores, 27% si, siguiendo indicaciones técnicas, el 23% no, actuando por voluntad propia y el 17 % no aplicaron agroquímicos, que da como resultado que la mayoría de los encuestados no siguen las indicaciones técnicas que están en la etiqueta de los productos agroquímicos.

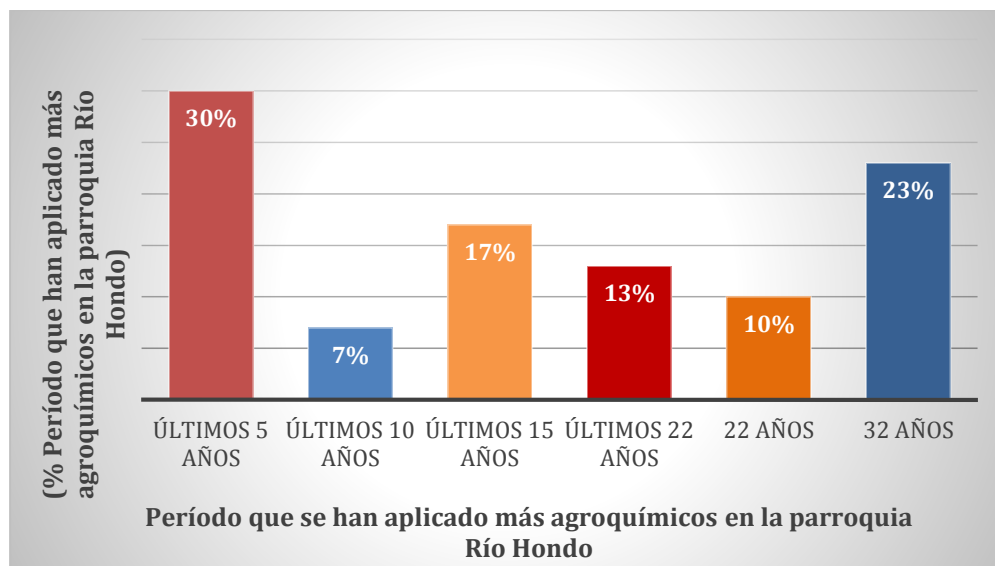


Figura 8. Resultado de la pregunta 8: ¿En qué período se han aplicado más agroquímicos en la parroquia Río Hondo?
Sanchez, 2023

Examinando la pregunta 8 de la figura 8, como indican los encuestados el período se han aplicado más agroquímicos en la parroquia Río Hondo ha sido en los últimos 5 años con un 30%, el 23% en 32 años, el 17% en los últimos 15 años, el 13% en los últimos 22 años, mientras que el 10 % en 22 años, y el 7 % en los últimos 10 años.

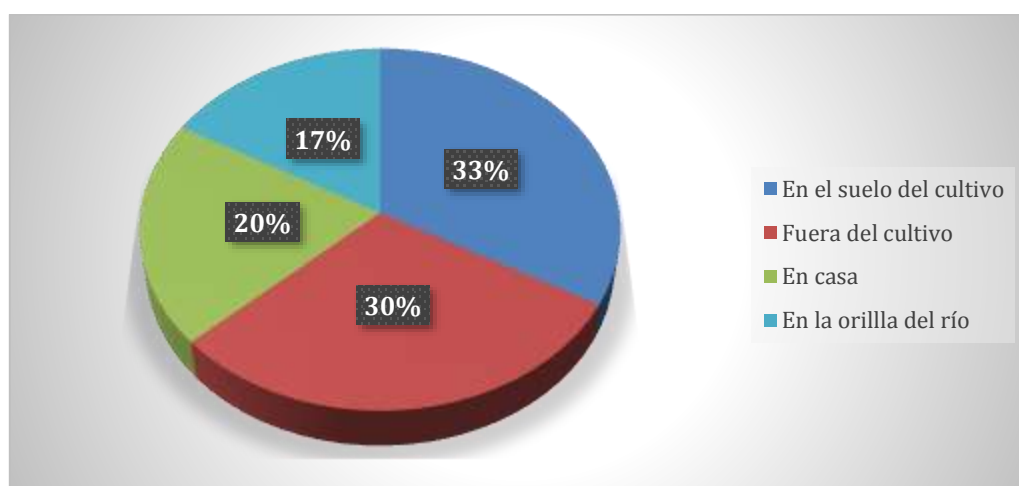


Figura 9. Resultado de la pregunta 9: ¿Dónde limpia los equipos de fumigación utilizados en los cultivos?
Sanchez, 2023

Analizando la pregunta 9 de la figura 9 muestra que el 33% limpian los equipos de fumigación utilizados en los cultivos en el suelo del cultivo, el 30% se refirieron que limpian los equipos de fumigación utilizados en los cultivos fuera del cultivo, mientras que el 20% lo realizaron en casa y el 17% en la orilla del río. Basándonos en estos hechos, descubrimos que el porcentaje más alto de los encuestados contaminan el suelo cuando limpian los equipos de fumigación en el suelo del cultivo.

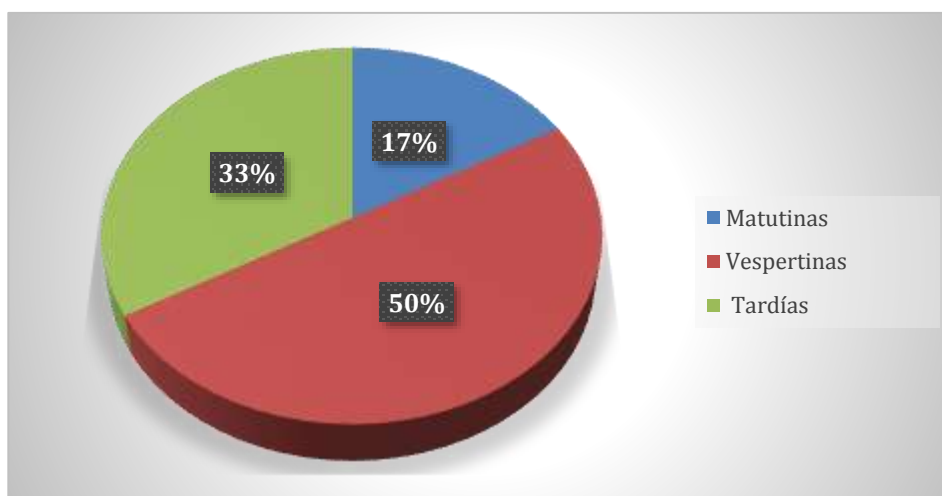


Figura 10. Resultado de la pregunta 10: ¿En qué jornadas del día aplica los agroquímicos?
Sanchez, 2023

Se puede observar que en la pregunta 10 de la figura 10, el 50% afirmaron que aplican los agroquímicos a los cultivos en la jornada vespertina, el 33% aseguraron que aplican los agroquímicos en la jornada tardías es decir después del anochecer y el 17% en horario matutino.

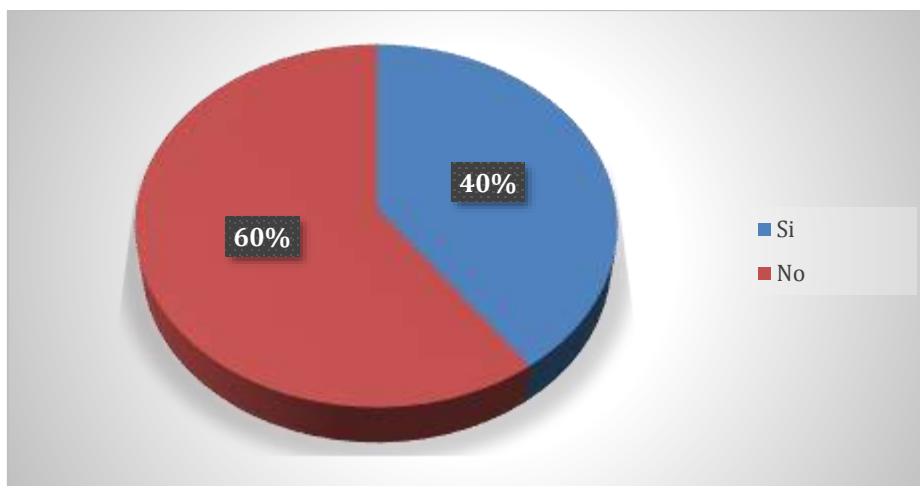


Figura 11. Resultado de la pregunta 11: ¿Usted conoce los peligros asociados a los metales pesados?
Sanchez, 2023

Se observa que en la pregunta 11 figura 11, el 60% de los encuestados respondieron que no están familiarizados con los peligros asociados a los metales pesados, el 40% que afirmaron que si están familiarizados con los peligros asociados a los metales pesados.

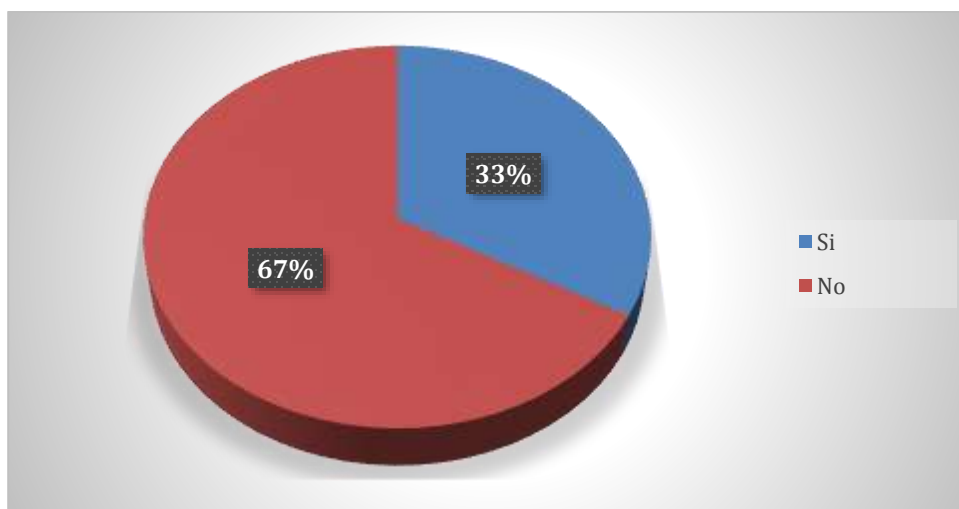


Figura 12. Resultado de la pregunta 12: ¿Sabe cómo la presencia de metales pesados afecta a la salud humana?
Sanchez, 2023

Se observa que en la pregunta 12 de la figura 12, el 67% de los encuestados mencionaron que no saben cómo la presencia de metales pesados afecta la salud humana y ambiental y el 33% afirmaron que si saben cómo la presencia de metales

pesados afecta a la salud humana y ambiental. En conclusión, la mayoría de los encuestados no conocen los peligros que representan los metales pesados para todos los seres vivos.

4.2 Propiedades físicas y químicas del suelo

Se recolectaron 5 muestras de suelo, las cuales fueron trasladadas hasta el laboratorio. A partir de las muestras recolectadas se pretendió recolectar 100 gr de suelos de cada una de las muestras, las cuales fueron pesadas en la balanza analítica.

Luego las muestras fueron tamizadas para luego ser colocadas en un vaso de porcelana teniendo los siguientes valores:

Tabla 1. Muestra de suelos procesadas

Muestra	Vaso solo 1h a 105°C en Estufa	Muestras tamizadas gr	Vaso con muestra tamizada x 1 h a 105°C en estufa
1	111	101,1	204,6
2	111,4	100,6	204,3
3	156,9	100,4	248,9
4	133,1	100	223,6
5	108,9	100	199,4

Sanchez, 2023

Después, la muestra pasó por un proceso de desecación durante 3 horas a 105 °C teniendo los siguientes valores

Tabla 2. Muestra de suelos procesadas

Muestra	Vaso solo 3h a 105°C en Estufa	Vaso Con muestra tamizada x 3 h a 105°C en estufa
1	111	199,3
2	111,4	202,1
3	156,9	244,4
4	133,1	219,7
5	109,0	192,6

Sanchez, 2023

Para la determinación del porcentaje de la materia orgánica, se procedió a restar el peso inicial de suelo seco en la estufa a 1 hora a 105 °C menos el peso del suelo seco en la estufa a 3 horas a 105°C dividido para el peso inicial de suelo seco en la estufa a 1 hora a 105 °C y el total de valor dado multiplicarlo por cien.

$$\text{MO\%} = \frac{\text{Peso de suelo seco estufa} - \text{peso de suelo de la mufia}}{\text{Peso de suelo de la estufa}} \times 100$$

$$\text{MO\%1} = \frac{93.6\text{g} - 93.38\text{g}}{93.6\text{g}} \times 100 = 0.23\%$$

$$\text{MO\%2} = \frac{92.9\text{g} - 92.11\text{g}}{92.9\text{g}} \times 100 = 0.85\%$$

$$\text{MO\%3} = \frac{92\text{g} - 91.5\text{g}}{92\text{g}} \times 100 = 0.54\%$$

$$\text{MO\%4} = \frac{90.5\text{g} - 90.09\text{g}}{90.5\text{g}} \times 100 = 0.45\%$$

$$\text{MO\%5} = \frac{90.5\text{g} - 90.06\text{g}}{90.5\text{g}} \times 100 = 0.48\%$$

Finalmente, se calculó el peso final de las muestras de suelo desecadas, mediante la diferencia del vaso con muestra menos el vaso sin muestra en gramos:

Tabla 3. Peso final de las muestras

Muestra	gr.
1	93.38
2	92.11
3	91.5
4	90.09
5	90.06

Tabla 4. Materia orgánica contenida en el suelo

Muestra	Materia Orgánica %	Rangos óptimos %
1	0.23	
2	0.85	
3	0.54	2-5
4	0.45	
5	0.48	

Sanchez, 2023

Los resultados muestran que el porcentaje de materia orgánica contenida en las muestras es poco variable siendo que la muestra 1 contiene 0.23% de materia orgánica, siendo el valor más bajo entre las muestras, mientras que la muestra 2 contiene 0.85% de materia orgánica, siendo el mayor de los porcentajes, esto demuestra que la materia orgánica del suelo está por debajo de los rangos óptimos.

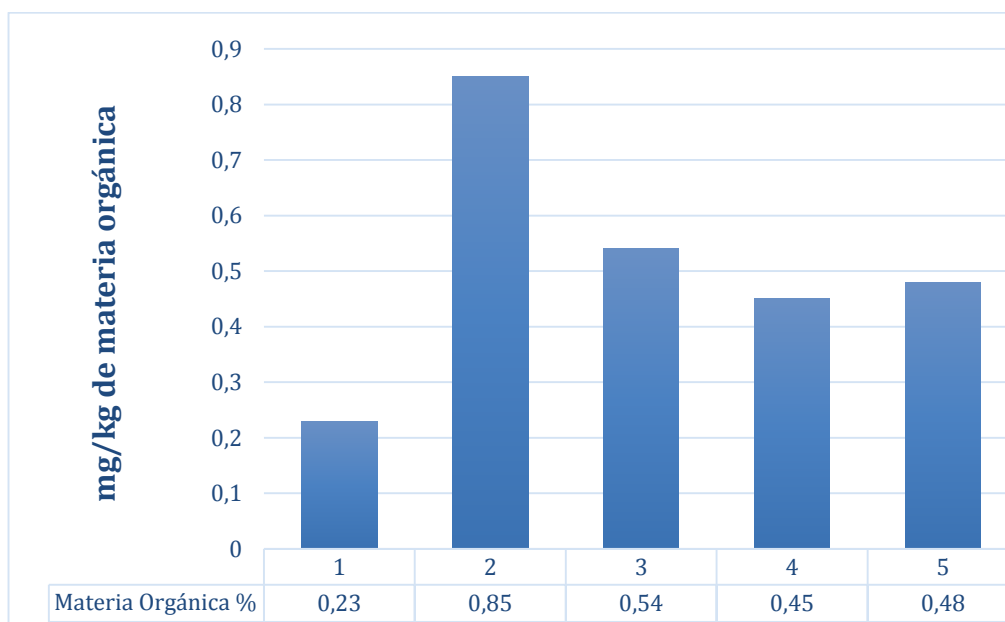
**Figura 13.** Materia orgánica contenida en el suelo
Sanchez, 2023

Tabla 5. Resultado para la determinación de Textura en el suelo

Tamiz	Suelos	Resultado retenido (g)	Porcentaje retenido
n° 200	gravas y arena	40g	40%
n° 100	limo	40g	40%
n° 60	arcilla	40g	30%
	Total	100%	100%

Mediante el tamizado de las texturas del suelo, se determinó la textura de suelo, donde se realizó una media aritmética de los porcentajes de granulometría, teniendo que el suelo del área de estudio se encuentra en una textura franco arcilla, donde el 30% del contenido es de arcilla mientras la arena y limo representan el 40% respectivamente.

A partir de las muestras de suelo desecadas en laboratorio, se evaluaron las concentraciones en: arsénico, cadmio, plomo y cromo, donde se compararon los resultados obtenidos con la Tabla 1. Criterios de calidad de suelo del Registro Oficial -- Edición Especial N.º 387 - miércoles 4 de noviembre de 2015 – 35 del Acuerdo Ministerial 097-A.

Arsénico

La tabla 7 demuestra que las muestras de suelo con contenido de arsénico, siendo que la muestra 5 tiene la mayor concentración con 7.49 mg/kg, siendo que las muestras presentan valores muy cercanos entre sí.

Tabla 6. Concentración de arsénico en la zona de estudio

Muestra	mg/kg
1	6,68
2	5,58
3	7,33
4	6,7
5	7,49

Sanchez, 2023

Analizando los datos presentados en la figura 14, se describe el comportamiento del arsénico en los 5 puntos de muestreo, además del límite máximo permisible (12mg/Kg), también se puede visualizar que todos los puntos de muestreo se encuentran dentro de la normativa ambiental establecida.

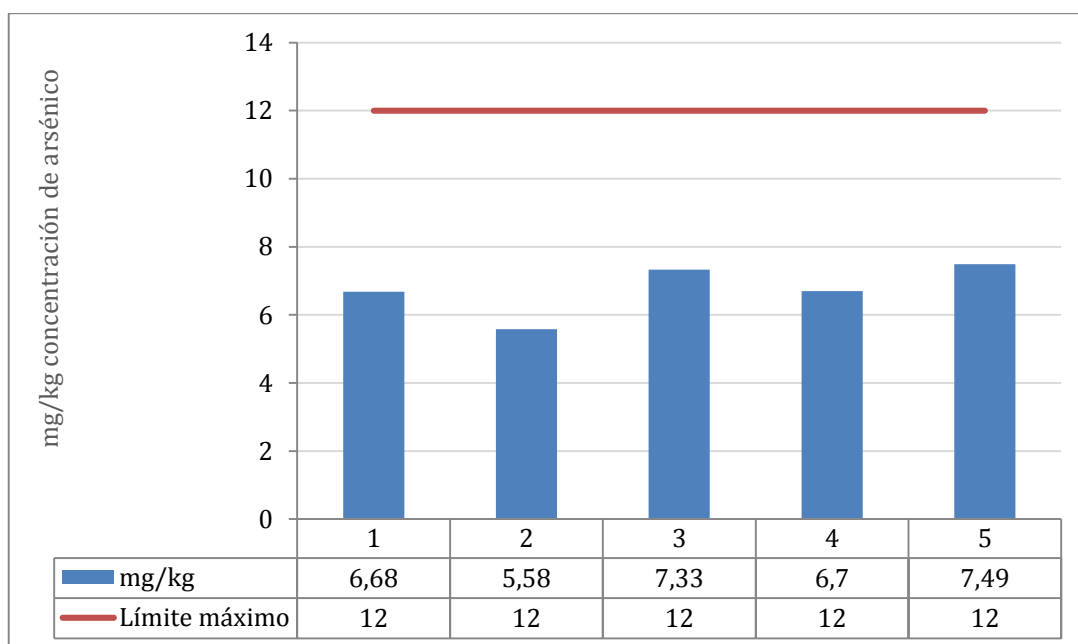


Figura 14. Comparación de concentración de arsénico con el límite máximo permisible

Sánchez, 2023

Cadmio

La tabla 7 demuestra que las muestras de suelo con contenido de cadmio, siendo que la muestra 4 tiene la mayor concentración con 3.44 mg/kg, siendo que las muestras presentan valores muy cercanos entre sí.

Tabla 7. Concentración de cadmio en la zona de estudio

Muestra	mg/kg
1	2,42
2	2,5
3	2,54
4	3,44
5	1,32

Sanchez, 2023

Examinando los datos presentados en la figura 15, se presenta el comportamiento del cadmio en los 5 puntos de muestreo, además del límite máximo permisible (0.5mg/Kg), también se puede visualizar que todos los puntos de muestreo se encuentran por encima de la normativa ambiental establecida.

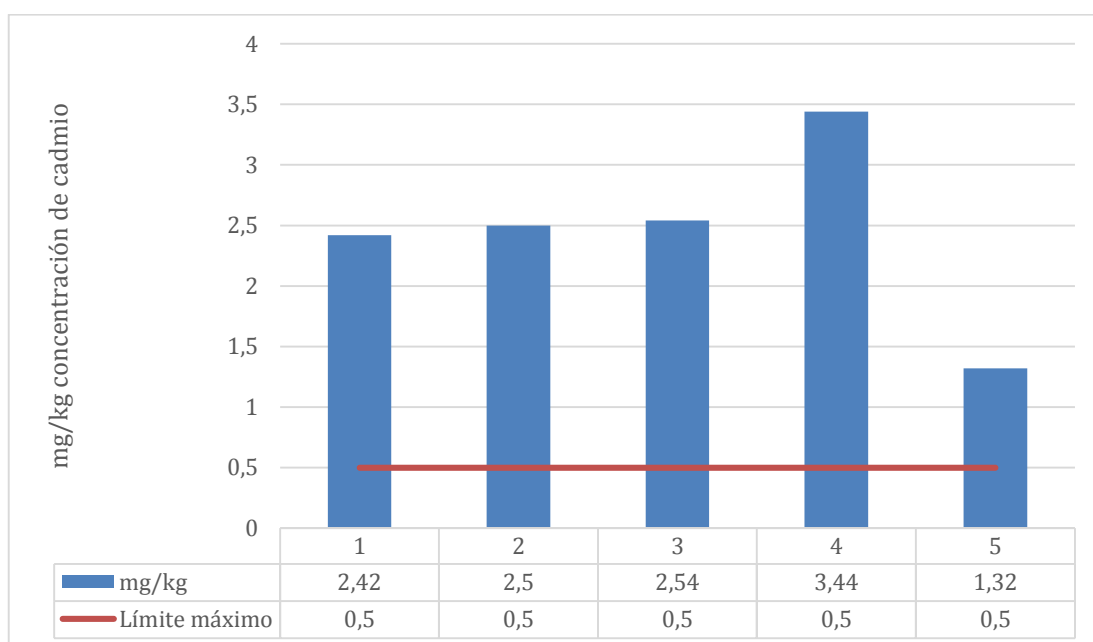


Figura 15. Comparación de concentración de cadmio con el límite máximo permisible

Sanchez, 2023

Plomo

La tabla 8 demuestra las muestras de suelo con contenido de plomo, siendo que la muestra 3 tiene la mayor concentración con 18.08 mg/kg, siendo que las muestras presentan valores muy cercanos entre sí.

Tabla 8. Concentración de plomo en la zona de estudio

Muestra	mg/kg
1	14,75
2	17,86
3	18,08
4	11,91
5	10,01

Sanchez, 2023

Describiendo los datos presentados en la figura 16, se determina el comportamiento del plomo en los 5 puntos de muestreo, además del límite máximo permisible (19 mg/Kg), por lo cual se determinó que todos los puntos de muestreo se encuentran por debajo de la normativa ambiental establecida, siendo que tienen poca presencia de contaminante.

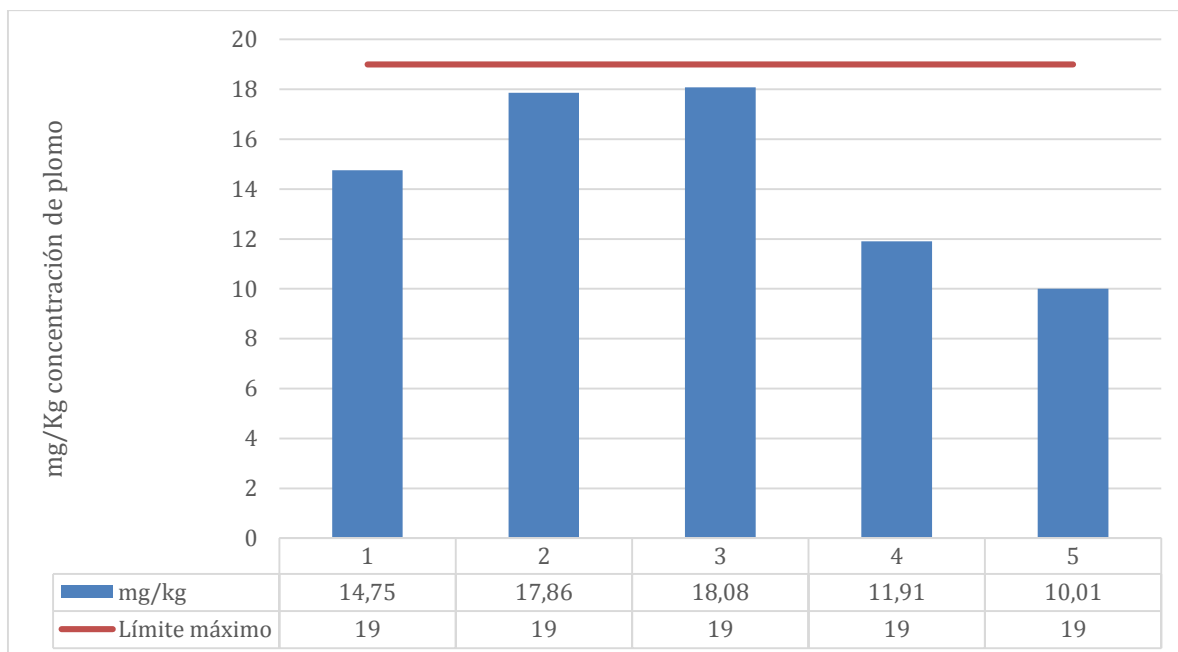


Figura 16. Comparación de concentración de plomo con el límite máximo permisible.

Sánchez, 2023

Cromo

La tabla 9 demuestra las muestras de suelo con contenido de cromo, siendo que la muestra 5 tiene la mayor concentración con 108.21 mg/kg, siendo que las muestras presentan valores muy cercanos entre sí.

Tabla 9. Concentración de cromo en la zona de estudio

Muestra	mg/kg
1	71,94
2	100,72
3	71,01
4	89,03
5	108,21

Sanchez, 2023

Observando los datos presentados en la figura 17, se describe el comportamiento del cromo en los 5 puntos de muestreo, además del límite máximo permisible (54 mg/Kg), por lo cual se determinó que todos los puntos de muestreo se encuentran por encima de la normativa ambiental establecida.

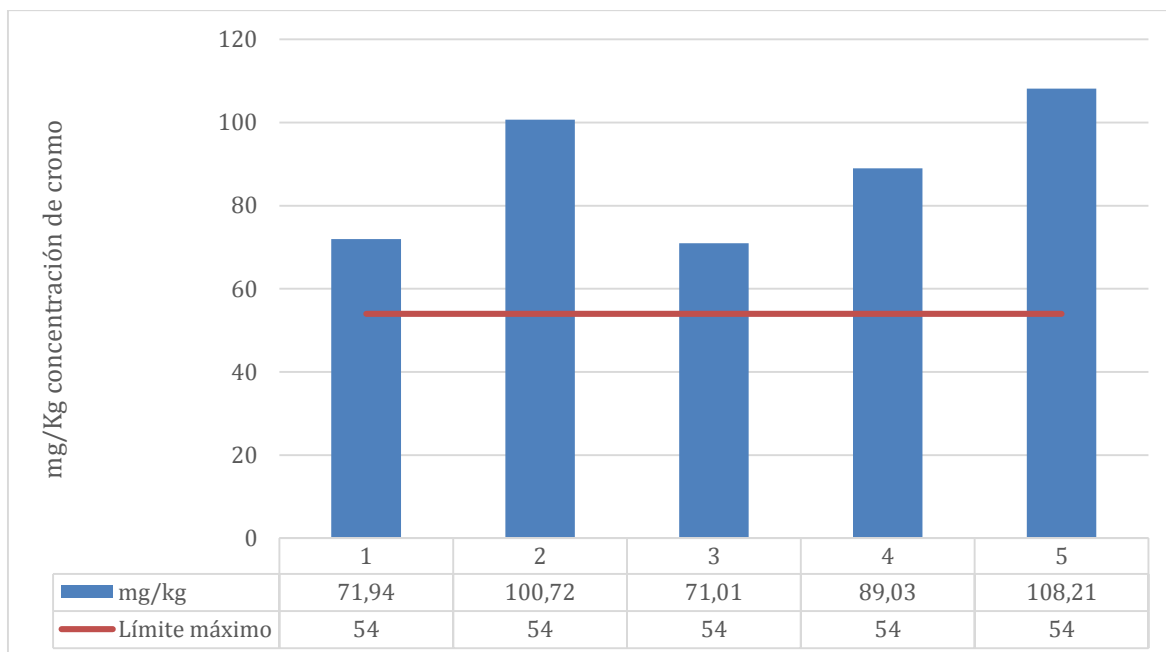


Figura 17. Comparación de concentración de cromo con el límite máximo permisible
Sanchez, 2023

4.3 Ficha Técnica del manual de Buenas Prácticas Ambientales

A continuación, se presenta una ficha técnica sobre el manual de buenas prácticas ambientales para obtener información sobre el manejo de los agroquímicos en una unidad de producción agrícola, del cantón Paján (ver anexo 9.3).

Manual de Buenas Prácticas Ambientales					
Responsable	Heidy Sanchez				
Objetivo:	Promover prácticas agrícolas sostenibles que reduzcan la contaminación del suelo por agroquímicos y preserven la biodiversidad y la calidad del suelo.				
Descripción de actividad agrícola					
1 Manejo de Cultivos					
¿Cuántas hectáreas de terreno son ocupadas?		¿Aumentó el área de producción ?		¿Aumentó el área de producción ?	
¿Cuáles son los periodos de plantación?		Umbral mínimo		Umbral máximo	
¿Cuáles son los periodos de cosecha		Umbral mínimo		Umbral máximo	
2 Uso de agroquímicos					
Tipo (s) de agroquímico utilizado					
Dosis / hectárea		Máxima		Mínima	
3 Uso de Recursos					
Agua/ha			Suelo/ha		
4 Equipos utilizados					
Equipos agrícolas tecnificados:					
Equipos de protección personal:					

Figura 18. Manual de buenas prácticas ambientales Sanchez, 2023.

5. Discusión

En el presente trabajo realizado correspondiente al primer objetivo se puede afirmar que los resultados obtenidos muestran que la conciencia ambiental de los agricultores se encuentra en un nivel bajo, representando de este modo, que los encuestados no tienen conocimientos sobre los peligros asociados a los metales pesados, dando un 60%. En cambio, según Sánchez (2022) sus resultados obtenidos revelaron que la conciencia ambiental de los agricultores se encuentra en un nivel bajo, representando el 54% de los encuestados, pero se identificó que un 37% de los agricultores se encuentra en un nivel medio, mientras que solo un 9% alcanza un nivel alto de conciencia ambiental. Al mismo tiempo Merchán y Quichimbo (2022) infieren con los resultados que obtuvieron sobre el conocimiento del riesgo del manejo de las sustancias químicas peligrosos como son los plaguicidas el 100% de los encuestados respondieron que, si tenían conocimiento sobre los riesgos, la diferencia de este estudio es que las personas encuestadas reciben charlas y tienen educación ambiental.

Con respecto al estudio del segundo objetivo sobre caracterizar las propiedades físicas del suelo se determinó que la concentración de materia orgánica fue 0,23% en la muestra uno, en la muestra dos fue 0,85% y en la muestra tres de 0,54% mientras, que en el estudio de, Chancusig (2022) fueron parecidos los resultados de la materia orgánica, que obtuvo en la muestra uno fue de 0,4% y 0,6% en la muestra dos y en la muestra cinco 0,5%, se evidencia que en mi presente estudio obtuvo un bajo porcentaje de materia orgánica en comparación con el estudio de Aguilar (2021) que discrepan bastante con mis resultados ya que sus resultados de la materia orgánica del suelo en los cultivos de plátano que obtuvo en la muestra

uno fue de 2,9%, en la muestra dos 3,1% y en la muestra tres 3% de materia orgánica.

Se demostró que la mayor concentración de arsénico es de 7.49 mg/kg, 3.44 para cadmio y 18,08 para plomo, en cambio Aldo (2021) determinó que obtuvo concentraciones de los metales pesados, como son cadmio, plomo y arsénico en el suelo del cultivo provenientes de una plantación, y sus resultados revelaron que excedían los límites máximos permisibles ya que para arsénico el LMP es de 19 mg/kg y 0.5 mg/kg para cadmio, respectivamente, con concentraciones promedio de 13.80 mg/kg para arsénico y 0.69 mg/kg para cadmio, demostrando que la mayor concentración de arsénico está en el estudio de Aldo (2021) con 13.80%, pero Vera (2022) utilizó el método de fluorescencia de rayos x, discrepa en sus resultados ya que obtuvo la concentración de 0.500 mg/kg para arsénico en cambio con cadmio en el suelo fue de 1.17 mg/kg, lo que supera la concentración máxima permisible del nivel establecido, también en el caso del plomo el resultado es 25.00 mg/Kg lo que demuestra que no está dentro del rango permisible, comparando con mis resultados se encontró una inferencia en la concentración de arsénico que dio como resultado 7.49 mg/kg, para cadmio 3.44 mg/kg siendo estas concentraciones mayores en mi estudio comparado al de Vera (2022) así como también la concentración de plomo fue menor en mi estudio.

Lo que concierne al tercer objetivo del Manual de Buenas Prácticas Ambientales describo la concientización y capacitación ambiental a través de entregar material informativo como son: folletos, carteles y documentos que describan de manera clara y accesible los problemas ambientales relacionados con los agroquímicos y cómo mitigarlos mediante buenas prácticas, y el uso de redes sociales y medios de comunicación para poder concientizar a los agricultores y al resto de personas, en

cambio Sánchez (2022) propuso una estrategia de sensibilización ambiental, que se enfocó en la implementación de campañas informativas, el uso de medios de comunicación, la realización de talleres y charlas educativas dirigidas a los agricultores sobre la concienciación ambiental.

Carillo (2020) afirmó que los agroquímicos ayudan a aumentar la productividad en el sector agrícola, pero el uso descontrolado es uno de los mayores desafíos ambientales y de salud pública en el mundo, especialmente cuando ingresan al medio ambiente. Por lo tanto, el objetivo de su investigación fue evaluar los riesgos ambientales y para la salud asociados con el uso y procesamiento de productos químicos agrícolas y desarrollar planes de acción centrados en la prevención y mitigación de dichos riesgos. Los resultados que obtuvieron mostraron que los ingredientes activos más utilizados son pesticidas y fertilizantes; desarrollaron cuatro esquemas básicos centrándose en diferentes aspectos. Estos programas se centran en la capacitación de agricultores, el uso de equipos de protección personal, la eliminación adecuada de residuos de agroquímicos y el seguimiento de la salud de los agricultores, referente a mi estudio describo sobre el manual de buenas prácticas ambientales sobre la identificación de agroquímicos y riesgos asociados es enseñar a los agricultores a reconocer los agroquímicos comunes, sus propiedades y los riesgos que representan para la salud humana y el medio ambiente en cuanto a la gestión de residuos se trata en poder capacitar sobre la gestión adecuada de residuos agrícolas, incluyendo el reciclaje de envases, la disposición de envases vacíos y la eliminación de productos químicos caducados, y también que los agricultores y trabajadores que realizan la limpieza del derrame de agroquímicos utilicen el equipo de protección personal, en el estudio de Carillo

(2020) difiere ya que señala el seguimiento de la salud de los trabajadores en cambio en mi presente estudio no lo indica.

6. Conclusiones

Se registró a través de las encuestas realizadas que el 77% de los productos agroquímicos utilizados por los agricultores fueron los herbicidas de composición química, y los insecticidas con el 23%, además, en lo concerniente a la frecuencia de la aplicación de los productos el 33% de los entrevistados aplican cada 8 días, 27% cada 15 días, 23% cada 21 días y un 17 % aplican cada 30 días los agroquímicos, finalmente El 67% de los entrevistados mencionaron que no saben cómo la presencia de metales pesados afecta la salud humana y ambiental.

Realizado el análisis de las propiedades físicas del suelo de la unidad de producción agrícola del cantón Paján, se encontró que la materia orgánica con mayor porcentaje fue 0,85% esto significa que se encuentra en malas condiciones el suelo, porque se encuentra por debajo del rango óptimo que va entre 2 a 5% o mayor.

Efectuado los análisis químicos demuestran que los metales pesados encontrados en el suelo fueron de 7.49 mg/kg de arsénico, 3.44 mg/kg de cadmio y 108.21 mg/kg de cromo los cuales superan los límites máximos permisibles de acuerdo a las normas ambientales ecuatorianas vigentes.

Al plantear la propuesta del Manual de Buenas Prácticas Ambientales, se incentiva a los agricultores del cantón Paján, tomar en consideración los procedimientos sustentables que van a mejorar la sostenibilidad ambiental en la calidad del suelo del cantón Paján y por ende generar productos libres de contaminantes con presencia de químicos sintéticos perjudiciales para la salud.

7. Recomendaciones

Analizar las propiedades químicas del suelo de varias parcelas agrícolas de la zona para realizar comparaciones con este estudio a fin de encontrar la realidad actual de la presencia de metales pesados que están relacionados con las malas prácticas agrícolas empleadas.

Es necesario la implementación del manual de buenas prácticas ambientales propuesto en esta investigación dónde se sugiere la utilización de aceite vegetal de neem, extracto de ajo que son alternativas ecológicas en reemplazo de los agroquímicos y con ello mejorar la calidad del agua y suelo de las unidades de producción agrícola, del cantón Paján.

Se sugiere aplicar proyectos de vinculación con la colectividad en la zona agrícola del cantón Paján donde la academia instruya a los agricultores en realizar agricultura sustentable con el fin de crear educación y conciencia ambientales.

8. Bibliografía

- Aguilar, C. (2021). *Evaluación de la calidad del suelo agrícola mediante las características químicas en la finca aguilar, provincia El Oro*. (Tesis de grado). Universidad Agraria del Ecuador. Guayaquil, Ecuador. Obtenido de Cia:[https://cia.uagraria.edu.ec/AGUILAR%20MERINO%20CARLOS%20STEEVEN%20\(3\).pdf](https://cia.uagraria.edu.ec/AGUILAR%20MERINO%20CARLOS%20STEEVEN%20(3).pdf).
- Aktar, W., Sengupta, D., y Chowdhury, A. (2019). Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazard. *Interdisciplinary Toxicology*,. 2(3),12. Obtenido de Sciendo:<https://sciendo.com/article/10.2478/v10102-009-0001-7>.
- Alania, M. (2022). *Características toxicológicas y riesgo de salud por plomo en papa (Solanum Tuberosum) en el personal del mercado mayorista Santa Anita octubre-2021*. (Tesis de Grado). Universidad Interamericana para el Desarrollo. Lima, Peru. Obtenido de:<https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/6514934>.
- Alcivar, M. (2018). *Determinación de cadmio y plomo en productos derivados de la caña: azúcar blanca, morena y panela, comercializados en Ecuador*. (Tesis de Grado). Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. Obtenido de:<https://vdocuments.mx/universidad-de-guayaquil-la-cao-azcar-blanca-morena-y-panela-comercializados.html?page=1>.
- Aldo. (2021). Agricultura intensiva y calidad de suelos: retos para el desarrollo sustentable en Sinaloa. *Revista Mexicana de ciencias agrícolas*,. 12(8),401-1414, Obtenido de scielo:https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-

09342021000801401. Obtenido de
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342021000801401

Alvarado, J., Valencia, C., Castillo, M., y Luna, P. (2019). Agroquímicos organofosforados y su potencial daño en la salud de trabajadores agrícolas del campo sonoreño. *Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*, 26(1), Obtenido de: <https://www.redalyc.org/journal/104/10456899008/html/>.

Arenas, y Aguilar. (2021). Rentabilidad y rendimiento del girasol en función del tipo de suelo, nitrógeno y biofertilizante. *Biotecnología*. 23(1), 45-51. Obtenido de scielo: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1665-14562021000100045&script=sci_arttext.

Barragán, C. (2018). *Especialista en planeación ambiental y manejo integral de los recursos naturales*. (Tesis de Grado). Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, Colombia. Obtenido de: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/20079/BarraganTelloCamiloAlberto2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Barrera, B. (2023). *Diagnóstico del nivel de conocimiento de los productores de especies frutales sobre las alternativas convencionales para el manejo de plagas agrícolas en el cantón Patate*. (Tesis de Grado). Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador. Obtenido de: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/38350/1/046%20Agronom%C3%ADa%20-%20Barrera%20Punguil%20Bryan%20Steven.pdf>.

Bonilla, A., y Singaña, D. (2019). La productividad agrícola más allá del rendimiento por hectárea: análisis de los cultivos de arroz y maíz duro en Ecuador.

- Revista de Ciencias de la vida*,. 29(1), 79-84, Obtenido de:<https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=476058342006>.
- Calderón, C., Bautista, G., y Rojas, S. (2018). Propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, indicadores del estado de diferentes ecosistemas en una terraza alta del departamento del Meta. *Revista Scielo*,. 22(2), 18-24. Obtenido de Scielo:http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-37092018000200141.
- Calderón, M. (2021). *Estudio bibliográfico sobre la presencia de metales pesados plomo (Pb) y cadmio (Cd) en Solanum lycopersicum*. (Tesis de Grado). Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador. Obtenido de dspace:<https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/a9569747-6ac3-4898-adcd-1703bda13b45/content>.
- Carrera, M., y Viera, D. (2018). Caracterización físico-química del suelo del botadero de Portoviejo y análisis de la distribución espacial de cromo (VI), níquel, bromo y hierro. *Revista FIGEMPA*. 6(2), Obtenido de:<https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/RevFIG/issue/view/96>.
- Carrillo, M., y Jimenez, A. (2020). *Evaluacion ambientales por el uso y manejo de productos quimicos*. (Tesis de Grado). Universidad de la Costa. Barranquilla, Colombia. Obtenido de:<https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/7746>.
- Casazola, y Purca. (2023). *Sistema de electroremediacion con arreglo lineal para remoción de metales pesados de suelos contaminados caso San Miguel de Viso*. (Tesis de Grado). Universidad Nacional del Callao. Callao, Peru. Obtenido de:<https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/7674/TE>

SIS%20-%20VALLE%20-%20PURCA%20-%20CASAZOLA.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

- Chambi, M. (2019). Validación del método analítico de fluorescencia de rayos x (frx-ed) para la determinación de metales en suelos del municipio de Colquencha. *Revista Boliviana de Química*,. 36(3),139-147. Obtenido de Redalyc:<https://www.redalyc.org/journal/4263/426360706004/html/>.
- Chancusig, D. (2022). *Evaluación de las propiedades físicas y químicas del suelo en acacia (acacia melanxylon) con la siembra en contorno de cuarto de leguminosas, en entisoles de terraza de banco, campus salache, 2022*. (Tesis de Grado). Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga, Ecuador. Obtenido de:<https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9443>.
- Cong, M., Ruimin, L., y Libing, X. (2020). Source-specific ecological risk analysis and critical source identification of heavy metals in road dust in Beijing, China. *Elsevier*,. 388(2), Obtenido de Sciencedirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389419317170>.
- Cuadras, A., Peinado, V., y Peinado, H. (2021). Agricultura intensiva y calidad de suelos: retos para el desarrollo sustentable en Sinaloa. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*,. 12(8), Obtenido de scielo:https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342021000801401.
- Descalzo, R. (2021). *Efectos del cambio de uso del suelo en la microbiota edáfica*. (Tesis de Grado). Universidad Miguel Hernández. Elche, España. Obtenido de DSpace:<http://dspace.umh.es/bitstream/11000/26131/1/TFG%20-%20RaulDescalzoGarrido.pdf>.

- Duquino, L. (2018). Sustentabilidad ambiental urbana, alternativas para una política pública ambiental. *Revista Urbano Territorial*, 28(1),133-141, Obtenido de dialnet:<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6259627>.
- Echeverría, M. (2022). *Evaluación del efecto biofertilizante de bacterias de los géneros azospirillum y azotobacter aisladas de suelos cultivados con pasto ryegrass (lolium multiflorum)*. (Tesis de Grado). Universidad Tecnica del Norte. Ibarra, Ecuador. Obtenido de:<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11963>.
- EOS. (2021). *EOS Data Analytics*. Obtenido de <https://eos.com/es/blog/conservacion-del-suelo/>
- Espinoza, J. (2023). *La gestión integral de los residuos: la política pública local como garantía de los derechos ambientales, estudio de caso ciudad Loja*. (Tesis de Grado). Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales. Quito, Ecuador. Obtenido de:<https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/19315/2/TFLACS-O-2023JAEN.pdf>.
- Fernández, E. F. (2020). *Revisión de la concentración de metales pesados por uso de agroquímicos en agua de riego, suelo y cultivo de arroz*. (Tesis de Grado). Universidad Peruana Unión. Tarapoto, Perú. Obtenido de:https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/3215/Elia_na_Trabajo_Bachillerato_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Figueroa, M., Martínez, M., Ortiz, C., y Fernández, D. (2018). Influencia de los factores formadores en las propiedades de los suelos en la Mixteca, Oaxaca, México. *Terra Latinoamericana*. 36(3), 287-299, Obtenido de

Scielo:https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792018000300287#aff1.

Gallegos, A. (2020). *Contaminación de suelos de America Latina*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/466176890/Contaminacion-de-suelos-de-america-latina-docx>

Gomez, B. (2022). *Agricultura sostenible, oportunidad para el desarrollo local. Caso de estudio: Ayacucho, Ecuador*,. 7(6), 1642. Universidad Tecnica de Manabi. Portoviejo, Ecuador. Obtenido de:universidad tecnica de manabi Dialnet-AgriculturaSostenible Oportunidad Para Desarrollo-9042504.pdf.

Grijalva, A. (2018). Sociedades agrícolas en el Valle del Yaqui. Una forma de organización para incentivar la productividad en el sur de Sonora. *Revista Pilquen*. 21(5), Obtenido de:<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6775666>.

Huerta, J., Oropeza, J., Guevara, R., Rios, J., y Martinez, M. (2018). Efecto de la cobertura vegetal de cuatro cultivos sobre la erosión del suelo. *Idesia*,. 36 (2), 153-162. Obtenido de scielo:https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292018000200153#:~:text=El%20efecto%20de%20las%20coberturas, respecto%20al%20incremento%20del%20escurrimiento.

Lago, M. (2018). *Biodisponibilidad de metales pesados en suelos contaminados*. (Tesis de Grado). Universidad de Vigo. Vigo, España. Obtenido de Dialnet:<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=221733>.

Lal. (2018). Profundizando: una perspectiva holística de los factores que afectan el secuestro de carbono orgánico del suelo en los agroecosistemas. *Revista*

- Global Change Biology*,. 24(8), Obtenido de:<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/gcb.14054>.
- Leroy, D. (2020). Riesgos relacionados con el uso de pesticidas: prácticas, percepciones y consecuencias sanitarias en los páramos colombianos y venezolanos. *Revista Sociedad y Ambiente*,. 23(1),1-35. Obtenido de:<https://www.redalyc.org/journal/4557/455765022014/html/>.
- Mancilla, Gómez, y Palomera. (2023). Metales pesados en agua y macroinvertebrados de la cuenca del río Ayuquila-Armería y sus afluentes. . *Revista Terra Latinoamericana*,. 41, 1-17, Obtenido de:<https://terralatinoamericana.org.mx/index.php/terra/article/view/1603/1802>.
- Merchán, E., y Quichimbo, K. (2022). *Evaluacion del uso de plaguicidas y propuesta de una Plan de Manejo Ambiental de Agropesticidas en las parroquias de Bulan, Dug, Chican y San Cristobal pertenecientes al canton Paute*. (Tesis de Grado). Universidad Politecnica Salesiana. Guayaquil, Ecuador. Obtenido de dspace:<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22535>.
- Ministerio de Educación del Ecuador[MinEduc]. (2018). Obtenido de <https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/02/Manual-BPA.pdf>
- Muñoz, R., Leyva, J., y Jurado, J. (2019). Determinación de pesticidas en suelo agrícola mediante extracción en fase sólida y cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) acoplada a un detector de matriz de diodos (DAD). *Revista Ley Universitaria*. 29(1), Obtenido de scielo:https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-62662019000100234&script=sci_abstract.

- Novillo, I., Carrillo, M., Cargua, J., y Alban, K. (2018). Propiedades físicas del suelo en diferentes sistemas agrícolas en la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Temas Agrarios*, 23(2), 177-187. Obtenido de: <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5297>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación[FAO]. (2018). Obtenido de <https://www.fao.org/home/es>
- Organización Mundial de la Salud[OMS]. (2022). Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/pesticide-residues-in-food>
- Peñañiel, R., y Alban, O. (2023). *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*. (Tesis de Grado). Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador. Obtenido de: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/37932>.
- Perez, J. (2020). Causas de la pérdida global de biodiversidad. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias biológicas*, 1(32), 183-198, Obtenido de: <https://www.revistaaccb.org/r/index.php/accb/article/view/219/204>.
- Reglamento al Código Orgánico [RCOA]. (2017). *Reglamento al Código Orgánico*.
- Robles, I. (2023). *Revisión sistemática de la influencia mitigante del quitosano sobre la concentración de metales pesados*. (Tesis de Grado). Universidad Católica Los Angeles Chimbote. Trujillo, Peru. Obtenido de: https://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13032/32201/USO_QUITOSANO_ROBLES_AVILA_INOCENCIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

- Rodriguez, y Peña. (2021). *Modelo Físico del equipo de Simulador de Lluvia para medir en el laboratorio la erosión hídrica por escorrentía superficial en el suelo*. (Tesis de Grado). Universidad Piloto de Colombia. Bogota, Colombia. Obtenido de:<http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/9958>.
- Romero, O. (2023). Riesgo toxicológico por plomo, cadmio y manganeso en suelos del DR028, Tulancingo, Hidalgo, México. *Revista mexicana de Ciencia y Tecnología*. 14(1) Obtenido de:<https://revistas.uaz.edu.mx/index.php/ibnsina/article/view/1400>.
- Rubio, D. (2018). *Diagnóstico de los impactos ambientales asociados al uso y manejo de plaguicidas en dos sistemas productivos de cacao en el municipio de El Castillo*. (Tesis de Grado). Universidad Santo Tomas Pasto. Villavicencio, Colombia. Obtenido de:<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/16892/2019davidrubio?sequence=10&isAllowed=y>.
- San Martin, F. (2023). *Caracterización gravimétrica de la zona norte de la cuenca Estero Catemu: Análisis de un acuífero en roca fracturada*. (Tesis de Grado). Universidad de Chile. Santiago, Chile. Obtenido de:<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/193174>.
- Sanchez, A. (2022). *Estrategias de sensibilización para la conciencia ambiental en agricultores del Centro Poblado Sialupe Huamantanga de Lambayeque*. Chiclayo, Peru: (Tesis de Posgrado). Universidad Cesar Vallejo.
- Sánchez, L. (2023). *Biomagnificación de metales pesados en una cadena trófica a través de un gradiente de contaminación en Huautla, Morelos*. (Tesis de Grado). Universidad Autonoma del Estado de Morelos. Morelos, Mexico. Obtenido

de:<http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/3535/SASLLL02.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Sornoza, D., Zambrano, F., Moreira, J., y Zambrano, J. (2020). Farmers perceptions of the effectiveness of the effectiveness of parasitoids in pest control and in the agroecological sustainability of the Lemoner, Riochico, Portoviejo, Ecuador. *Revista de Investigacion*, . 14(1), 75-84, Obtenido de:<https://revistas.unfv.edu.pe/NH/article/view/629/563>.

Torres, S. (2018). Asociación de cultivos, maíz y leguminosas para la conservación de la fertilidad del suelo. *Revista Ciencia, tecnología y desarrollo*. 4(1). Obtenido de: https://revistas.upeu.edu.pe/index.php/ri_ctd/article/view/1068.

Varga, A. (2022). Suelos Contaminados. *Revista Aragonesa*,. 23(2), 603-639. Obtenido de:<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8509608.pdf>.

Vera, V. (2022). *Evaluación del riesgo potencial por el consumo de yuca (Manihot Esculenta Crantz) a causa de la bioacumulación de metales pesados provenientes del suelo y agua en la parroquia Dayuma*. (Tesis de Grado). Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador. Obtenido de:<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/35039/1/AL%20842.pdf>.

Wang, J., Zhe, J., y Hu, W. (2023). Remote sensing of soil degradation: Progress and perspective international soil and water conservation research. *Science Direct*,. 11(3), 429 Obtenido de Science Direct:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S209563392300014X>.

9. Anexos

9.1 Anexo 1. Ubicación del sitio de estudio



Figura 19. Mapa de ubicación de una unidad de producción agrícola, del cantón Paján
Sanchez, 2023

9.2 Anexo 2. Formato de encuesta que se realizó a los agricultores del cantón Paján



Encuesta Académica

Estimado(a) Reciba un cordial saludo. Soy estudiante de la Universidad Agraria del Ecuador, estoy realizando una encuesta de carácter académico como parte de un proyecto de Tesis denominada “ANÁLISIS DE LA PRESENCIA DE METALES PESADOS EN SUELOS AGRÍCOLAS EN UNA UNIDAD DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA, DEL CANTÓN PAJÁN”, para adquirir información y elaborar una propuesta de buenas prácticas ambientales, estando de acuerdo en que los datos de esta encuesta sean utilizados en este proyecto de tesis.

1. ¿Es usted dueño(a) de su unidad de producción agrícola?

- a) Propio con título b) Sin título
- c) Propio sin título d) Tenencia mixta

2. ¿Cuál es el tamaño de su producción agropecuaria?

- a) 1 a 5 hectáreas b) 5 a 20 hectáreas
- c) Más de 20 hectáreas

3. ¿Qué cultivos realiza en sus tierras?

- a) Maíz duro b) Cacao
- c) Café d) Otros (favor especificar): _____

4. ¿Qué productos agroquímicos aplica en sus cultivos?

- a) Glifosato b) Matapaja
- c) Tasco d) Bisaxon
- e) Rey Quemante f) Carbin

5. ¿Con qué frecuencia aplica los agroquímicos?

a) Cada 8 Días b) Cada 15 Días

c) Cada 21 Días d) Cada 30 Días

6. ¿Dónde almacena los productos agroquímicos?

a) En casa b) En el campo

c) En bodega

7. ¿Sigues indicaciones técnicas para el manejo de agroquímicos?

a) Sí, siguiendo indicaciones técnicas

b) No, siguiendo indicaciones de otros agricultores

c) No, por voluntad propia d) No aplica agroquímicos

8. ¿En qué período se han aplicado más agroquímicos en la parroquia Río Hondo?

a) Últimos 5 años b) Últimos 10 años

c) Últimos 15 años d) Últimos 22 años

e) 22 años f) 32 años

9. ¿Dónde limpia los equipos de fumigación utilizados en los cultivos?

a) En el suelo del cultivo b) Fuera del cultivo

c) En casa d) En la orilla del río

10. ¿En qué jornadas del día aplica los agroquímicos?

a) Matutinas b) Vespertinas

c) Tardías (después del anochecer)

11. ¿Está familiarizado(a) con los peligros asociados a los metales pesados?

a) Si

b) No

12. ¿Sabe cómo la presencia de metales pesados afecta la salud humana y ambiental?

a) Si

b) No

Figura 20. Presentación del cuestionario tomado a los agricultores Sanchez, 2023

9.3. Anexo 3. Propuesta de un Manual de Buenas Prácticas Ambientales para el cantón Paján.

MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES

POR : HEYDI SANCHEZ



1. Introducción

Las buenas prácticas Ambientales (BPA) son una serie de normas, principios y recomendaciones técnicas las cuales tienen como función ser aplicadas en la producción. Procesos y transporte de productos agrícolas, con la finalidad de asegurar la salud humana, la protección ambiental y la mejora de las condiciones de vida de trabajo y de desarrollo del entorno.

La importancia de la aplicación de un manual de Buenas Prácticas Ambientales permite mejorar las condiciones de los insumos de producción como la calidad del suelo y del agua, la calidad ambiental en general; esto debido a que los elementos de la naturaleza son un sistema abierto que interacciona entre sí, por lo que la mejora en sus condiciones influirá directamente a los otros factores ambientales y aquellos que interaccionan con los elementos naturales.

En el suelo, permite mejorar la manera en la que se utiliza este recurso, con las técnicas adecuadas y sobre cómo gestionar el recurso. Además, del manejo óptimo de agroquímicos, los cuales suelen ser utilizados de forma ineficiente, provocando no solo daños ambientales, sino que a la salud humana.

Actualmente el uso de los agroquímicos ha producido altos niveles de contaminación en el sector agrícola, provocando la degradación progresiva y la pérdida de micro y macronutrientes del suelo, por lo que la aplicación de las Buenas Prácticas Ambientales permite reducir los niveles de contaminación, preservar la biodiversidad y mejorar la gestión y uso de los agroquímicos.

2. Objetivo general

Promover prácticas agrícolas sostenibles que reduzcan la contaminación del suelo por agroquímicos y preserven la biodiversidad y la calidad del suelo.

2.1 Objetivos específicos

- Concientizar a la comunidad en temas de capacitación en materia de Buenas Prácticas Ambientales.
- Describir temas de Aplicar enmiendas orgánicas al suelo para mejorar la calidad del suelo.
- Establecer lineamientos para la conservación y recuperación de suelos contaminados por agroquímicos.

3. Concientización y capacitación

3.1 Concienciación ambiental

Material Informativo Impreso: Elaboración de folletos, carteles y documentos informativos que describan de manera clara y accesible los problemas ambientales relacionados con los agroquímicos y cómo mitigarlos mediante buenas prácticas.

Redes Sociales y Medios de Comunicación: uso de las redes sociales y los medios de comunicación locales para difundir información sobre la importancia de las buenas prácticas ambientales y cómo pueden proteger el entorno.

Días de Campo: Realizar visitas de campo en la zona de cultivo para mostrar in situ cómo se pueden implementar las buenas prácticas y permitir a los agricultores ver los beneficios de manera práctica.

Demostraciones Prácticas: Realizar demostraciones en vivo de métodos de cultivo sostenibles y prácticas de manejo de agroquímicos para ilustrar su eficacia.

Testimonios Locales: Invitar a agricultores locales que han adoptado con éxito prácticas sostenibles a compartir sus experiencias y resultados positivos.

Foros de Discusión Comunitaria: Organizar foros donde agricultores, residentes y expertos puedan discutir los problemas y soluciones ambientales de manera abierta y constructiva.

Recompensas e Incentivos: Establecer incentivos, como premios o reconocimientos, para aquellos agricultores que demuestren un compromiso destacado con la aplicación de buenas prácticas ambientales.

3.2 Capacitación:

Proporcionar formación sobre el manejo adecuado de agroquímicos, su dosificación y la identificación de riesgos ambientales. Por ello, los temas a emplearse dentro de las capacitaciones de Buenas Prácticas Ambientales son:

Identificación de Agroquímicos y Riesgos Asociados:

Enseñar a los agricultores a reconocer los agroquímicos comunes, sus propiedades y los riesgos que representan para la salud humana y el medio ambiente.

Manejo Seguro de Agroquímicos:

Capacitar en el manejo seguro de agroquímicos, incluyendo almacenamiento, mezcla, aplicación y eliminación adecuada de envases vacíos.

Dosificación y Aplicación Precisa:

Enseñar a calcular y aplicar la dosis correcta de agroquímicos para evitar la sobredosificación y minimizar la deriva.

Alternativas Sostenibles:

Explorar métodos de control de plagas y enfermedades que minimicen la necesidad de agroquímicos, como la agricultura orgánica, cultivos de cobertura y rotación de cultivos.

Labranza Mínima y Conservación del Suelo:

Introducir prácticas de labranza mínima o no labranza para reducir la erosión, mejorar la estructura del suelo y conservar la biodiversidad del suelo.

Gestión de Residuos:

Capacitar en la gestión adecuada de residuos agrícolas, incluyendo el reciclaje de envases, la disposición de envases vacíos y la eliminación de productos químicos caducados.

Uso Eficiente del Agua:

Enseñar técnicas de riego eficiente para reducir el desperdicio de agua y minimizar la lixiviación de agroquímicos al suelo.

Conservación de la Biodiversidad:

Discutir la importancia de preservar la biodiversidad local y cómo las prácticas agrícolas pueden afectarla positiva o negativamente.

Monitoreo Ambiental:

Introducir la importancia del monitoreo de la calidad del suelo y el agua, y cómo los agricultores pueden participar en programas de monitoreo.

Legislación y Regulaciones Ambientales:

Educar a los agricultores sobre las leyes y regulaciones ambientales que se aplican a la agricultura y las posibles consecuencias legales de no cumplirlas.

4. Manejo de agroquímicos**4.1 Selección de agroquímicos:**

Utilizar agroquímicos de manera responsable y optar por alternativas orgánicas o de menor impacto ambiental siempre que sea posible. Algunas alternativas que se pueden utilizar de manera rotativa para evitar la contaminación progresiva son:

Aceite de Neem (*Azadirachta indica*): El aceite de neem es un extracto del árbol de neem. Se utiliza como insecticida, fungicida y nematicida. Actúa repeliendo y perturbando la alimentación de insectos y plagas.

Piretrinas Naturales (*Chrysanthemum*): Las piretrinas se extraen de las flores de crisantemo. Son efectivas contra una amplia gama de insectos y se degradan rápidamente en el medio ambiente.

Hidróxido de Potasio: Se utiliza para controlar plagas y enfermedades fúngicas. Es menos tóxico para el medio ambiente en comparación con los fungicidas químicos.

Extracto de Ajo (*Allium sativum*): Los extractos de ajo actúan como repelentes naturales para insectos y ácaros. También pueden usarse en la prevención de enfermedades (Calderón M. , 2021).

Ácido Cítrico: El ácido cítrico se utiliza para controlar plagas y enfermedades fúngicas. Es un producto orgánico y se descompone en el suelo de manera segura.

Extracto de Cúrcuma (*Curcuma Longa*): La cúrcuma se utiliza en forma de extracto para el control de enfermedades fúngicas y bacterianas en plantas. También tiene propiedades insecticidas (Alania, 2022).

4.2 Almacenamiento seguro:

Almacenar los agroquímicos en áreas designadas, lejos de fuentes de agua y con sistemas de contención en caso de derrames.

4.2.1 Responsabilidades:

Responsable del Almacén: Un miembro designado de la operación agrícola será responsable del almacén de agroquímicos.

Trabajadores: Todos los trabajadores deberán seguir las directrices y prácticas seguras de almacenamiento.

4.2.1.1 Ubicación del Almacén:

El almacén debe estar ubicado lejos de fuentes de agua, cuerpos de agua y áreas residenciales.

Debe contar con acceso restringido y estar debidamente señalizado como "Almacén de Agroquímicos."

4.2.1.2 Condiciones del Almacén:

El almacén debe estar construido con materiales resistentes y duraderos.

Debe contar con una ventilación adecuada y estar protegido de la luz solar directa.

El suelo del almacén debe ser impermeable para contener posibles derrames.

Almacenamiento Interno:

Los agroquímicos deben estar organizados en estantes o estanterías, evitando el contacto directo con el suelo.

Deben almacenarse en envases originales, herméticamente cerrados y etiquetados correctamente.

5. Seguridad y Equipamiento:

Deben estar disponibles equipos de protección personal, como guantes, gafas y batas.

Extintores y kits de derrames deben estar en su lugar y ser fácilmente accesibles.

Separación de Productos:

Los agroquímicos deben estar separados según su compatibilidad química.

Deben establecerse áreas específicas para productos inflamables y no inflamables (Aktar, Sengupta, & Chowdhury, 2019).

5.1.1 Registro de Inventario:

Debe llevarse un registro actualizado de todos los agroquímicos almacenados, incluyendo cantidades, fechas de adquisición y fechas de vencimiento.

5.1.1.1 Rotación de Inventario:

Se dará prioridad al uso de agroquímicos más antiguos para evitar su vencimiento.

Los productos caducados o no utilizados se eliminarán de manera adecuada.

6. Procedimientos en Caso de Derrame:

Paso 1: Identificación y Comunicación

6.1 Identificar el Derrame:

En caso de derrame, el personal debe identificar inmediatamente el agroquímico derramado y su magnitud.

6.2 Comunicar el Derrame:

Notificar de inmediato al responsable del almacén de agroquímicos y al supervisor de la operación agrícola sobre el derrame.

Paso 2: Asegurar la Seguridad

7.1 Evacuación:

Si el derrame es significativo o peligroso para la salud, se debe evacuar la zona y alejar a todas las personas no involucradas en la limpieza.

7.2 Equipo de Protección Personal (EPP):

Los trabajadores que realizarán la limpieza del derrame deben vestir EPP, incluyendo guantes, gafas de seguridad y batas.

Paso 3: Contención del Derrame

8.1 Contención Inmediata:

Utilizar materiales absorbentes (como arena, tierra o productos absorbentes de derrames) para contener el derrame y evitar que se extienda.

8.2 Evitar la Lixiviación:

Colocar barreras temporales para evitar que el agroquímico se filtre en el suelo o alcance fuentes de agua cercanas.

Paso 4: Recolección y Eliminación del Agroquímico Derramado

9.1 Recolección:

Recoger el agroquímico derramado y los materiales absorbentes con cuidado, utilizando herramientas adecuadas.

9.2 Envase Apropiado:

Colocar los materiales recogidos en un contenedor adecuado, preferiblemente uno destinado para residuos peligrosos.

9.3 Eliminación Segura:

Los residuos recogidos deben ser eliminados de acuerdo con las regulaciones ambientales locales y nacionales. No deben ser arrojados al sistema de alcantarillado ni enterrados en el suelo.

Paso 5: Limpieza y Descontaminación

10.1 Limpieza del Área:

Lavar y limpiar cuidadosamente la zona del derrame con agua y detergentes adecuados para eliminar cualquier residuo del agroquímico.

10.2 Descontaminación:

Descontaminar las herramientas, el equipo y el EPP utilizados durante la limpieza.

Paso 6: Reporte y Registro

11.1 Reporte del Incidente:

Documentar el derrame, la respuesta, y las medidas tomadas. Esto incluye fecha, hora, descripción del derrame y cantidad derramada.

11.2 Informe a la Autoridad Local:

Notificar a la autoridad local o al organismo regulador correspondiente sobre el derrame y las acciones tomadas.

Paso 7: Evaluación Posterior

12.1 Seguimiento:

Realizar un seguimiento para asegurarse de que no haya daños ambientales a largo plazo como resultado del derrame y tomar medidas correctivas si es necesario.

12.2 Aplicación adecuada:

Seguir las recomendaciones del fabricante para la dosificación y la aplicación de agroquímicos, evitando la deriva y las condiciones climáticas desfavorables.

12.3. Manejo de envases vacíos:

Recoger y disponer de los envases vacíos de agroquímicos de acuerdo con las regulaciones locales y nacionales.

Paso 1: Enjuague Inmediato

1.1. Enjuague en el Campo:

Después de utilizar el agroquímico, los agricultores deben enjuagar inmediatamente los envases vacíos en el campo, utilizando agua limpia. Este proceso ayuda a eliminar los residuos de agroquímicos.

1.2. Utilice la Dosis de Enjuague Recomendada:

Siga las recomendaciones del fabricante para la cantidad de agua necesaria para el enjuague. Generalmente, se sugiere al menos tres enjuagues.

Paso 2: Almacenamiento Seguro de Envases Vacíos

2.1. Almacenamiento Temporal:

Los envases enjuagados se deben almacenar temporalmente en un área designada dentro del establecimiento agrícola. Los envases no deben ser arrojados al suelo o quemados.

2.2. Aseguramiento de los Envases:

Los envases deben mantenerse en posición vertical y lejos de fuentes de calor, llamas abiertas o chispas. Evite la exposición prolongada al sol.

Paso 3: Triple Lavado y Perforación

3.1. Triple Lavado:

Antes de la eliminación final, realice un triple lavado de los envases siguiendo las instrucciones del fabricante. Asegúrese de que no quede ningún residuo químico.

3.2. Perforación de Envases:

Perfore los envases con una herramienta adecuada para evitar su reutilización. Esto garantiza que los envases no puedan ser llenados nuevamente con agroquímicos.

Paso 4: Entrega a Centros de Acopio Autorizados

4.1. Identificación de Centros de Acopio:

Identifique centros de acopio autorizados o programas de recogida de envases vacíos de agroquímicos en su área. Estos centros recogen y gestionan adecuadamente los envases.

4.2. Entrega Segura:

Lleve los envases perforados y limpios al centro de acopio autorizado. Asegúrese de seguir sus instrucciones y regulaciones para la entrega.

Paso 5: Registro y Seguimiento

5.1. Registro:

Lleve un registro de la entrega de envases vacíos al centro de acopio, incluyendo la cantidad y la fecha de entrega.

5.2. Seguimiento Ambiental:

Realice un seguimiento para garantizar que los envases sean gestionados y eliminados de manera adecuada sin causar daños al medio ambiente.

2.5. Equipo de protección personal

Ropa de Protección:

Overol o mono de manga larga y pantalones largos: La ropa de manga larga y pantalones largos ayuda a evitar el contacto directo con la piel.

Mono impermeable: En caso de trabajar con agroquímicos líquidos que pueden salpicar.

Botas de goma: Botas resistentes al agua y a productos químicos que protejan los pies y las piernas.

Guantes:

Guantes de nitrilo o de material similar: Deben ser resistentes a los productos químicos que se utilizan y deben cambiarse regularmente.

Gafas de Seguridad o Careta Facial:

Gafas de seguridad que protejan los ojos de salpicaduras y vapores químicos.

En algunos casos, una careta facial con protección contra salpicaduras puede ser necesaria.

Máscara o Respirador:

Una máscara o respirador con filtros específicos para vapores químicos si se trabaja con productos que emiten vapores.

Protector Auditivo:

En casos donde se utilicen agroquímicos en forma de aerosol o se operen maquinaria ruidosa, se debe usar protección auditiva, como tapones para los oídos o protectores auditivos.

Sombrero o Gorra de Ala Ancha:

Un sombrero o gorra con ala ancha ayuda a proteger el rostro y el cuello del sol y las salpicaduras.

Filtro Solar:

Protector solar adecuado para proteger la piel expuesta de los daños causados por la radiación ultravioleta.

Equipo de Emergencia:

Un kit de ducha de seguridad y una fuente de agua limpia deben estar disponibles en caso de exposición accidental.

Sección 3: Conservación del Suelo**3.1. Uso de cobertura vegetal:**

Mantener cobertura vegetal en los campos durante todo el año para prevenir la erosión y mejorar la salud del suelo.

Fitorremediación: Plantar vegetación que tiene la capacidad de absorber y acumular agroquímicos en sus tejidos. Estas plantas, conocidas como hiperacumuladoras, pueden ayudar a reducir la concentración de agroquímicos en el suelo a lo largo del tiempo. Ejemplos de hiperacumuladoras incluyen ciertas especies de girasoles y amaranto.

Cultivos de Cobertura: Cultivar plantas de cobertura, como leguminosas y gramíneas, entre los cultivos principales para mantener el suelo cubierto y reducir la erosión. Estas plantas pueden ayudar a fijar los agroquímicos en el suelo y evitar que lleguen a las capas más profundas.

Rotación de Cultivos: Implementar una rotación de cultivos que incluya plantas que tengan la capacidad de desintoxicar el suelo y mejorar su calidad. Algunas plantas, como ciertas variedades de altramuces o alfalfa, tienen la capacidad de fijar nitrógeno y mejorar la estructura del suelo.

Restauración de Bosques o Zonas Verdes: En áreas con altos niveles de contaminación de agroquímicos, puede ser beneficioso restaurar la vegetación nativa o crear zonas verdes. Estas áreas actúan como sumideros de carbono y ayudan a mejorar la calidad del agua y del suelo.

Cinturones de Vegetación: Establecer cinturones de vegetación alrededor de las áreas de cultivo para reducir la deriva de agroquímicos a áreas sensibles, como cuerpos de agua o zonas de conservación. La vegetación actúa como una barrera física y una zona de amortiguación.

Plantación de Setos: Plantar setos vivos o vegetación densa en los bordes de los campos agrícolas para reducir la escorrentía de agroquímicos y evitar la contaminación de las aguas superficiales.

3.2. Rotación de cultivos:

Implementar una rotación de cultivos para reducir la presión sobre el suelo y controlar las plagas y enfermedades.

Rotación de Cultivos Diversificada:

La clave de la rotación de cultivos es evitar el cultivo repetido de la misma especie en la misma parcela. Intercala cultivos anuales y perennes, leguminosas, cereales, hortalizas y otros tipos de plantas para mejorar la biodiversidad del suelo.

Cultivos Complementarios:

Al alternar cultivos, selecciona combinaciones que se complementen entre sí. Por ejemplo, los cultivos fijadores de nitrógeno, como las leguminosas, pueden seguir a cultivos que agotan los nutrientes del suelo.

Rotación de Cultivos Basada en Ciclos de Plagas y Enfermedades:

Considera el ciclo de plagas y enfermedades para tomar decisiones sobre la rotación de cultivos. Algunas plagas o patógenos tienen huéspedes específicos, por lo que la rotación adecuada puede reducir la presión de estas amenazas.

Rotación de Cultivos Intercalada:

Intercala diferentes cultivos en la misma parcela en lugar de tener áreas separadas para cada cultivo. Esto puede dificultar que las plagas se establezcan y se multipliquen.

Incorporación de Cultivos de Raíces Profundas:

Introduce cultivos de raíces profundas, como rábanos, quebrantos o alfalfa, en la rotación para mejorar la estructura del suelo y extraer nutrientes de las capas más profundas.

Rotación de Cultivos de Cobertura Multiestacional:

Incorpora cultivos de cobertura de estaciones diferentes en la rotación para mantener la cobertura del suelo durante todo el año.

Uso de Plantas Trampa y Cultivos de Control:

Emplea plantas trampa y cultivos de control para atraer y controlar plagas. Por ejemplo, puedes plantar cultivos trampa para atraer insectos dañinos lejos de los cultivos principales.

Planificación a Largo Plazo:

Planifica la rotación de cultivos a largo plazo, considerando no solo el año en curso sino también los años futuros para garantizar la sostenibilidad del sistema.

9.4 Anexo 4. Registro fotográfico de la encuesta a los agricultores del sitio de estudio



Figura 21. Empleo de encuestas a los agricultores del sitio de estudio. Sanchez, 2023.



Figura 22. Evidencia fotográfica a la entrada al cantón, Paján Sanchez, 2023.



Figura 23. Registro fotográfico de la recolección de muestras Sanchez, 2023.



Figura 24. Evidencia fotográfica de la muestra recolectada 1 Sanchez, 2023.



Figura 25. Evidencia fotográfica de la muestra recolectada 2 Sanchez, 2023.



Figura 26. Evidencia fotográfica de la muestra recolectada 3 Sanchez, 2023.



Figura 27. Evidencia fotográfica de la muestra recolectada 4 Sanchez, 2023.



Figura 28. Evidencia fotográfica de la muestra recolectada 5 Sanchez, 2023.

9.5 Anexo. 5. Registro fotográfico de los análisis de las propiedades físicas en el laboratorio



Figura 29. Registro fotográfico de la toma del peso inicial con la balanza analítica del vaso de precipitado
Sanchez, 2023.



Figura 30. Registro fotográfico de la toma del peso inicial con la balanza de precisión de las muestras del suelo.
Sanchez, 2023.



Figura 31. Toma del peso final de las muestras tamizadas con la balanza de precisión de las muestras del suelo Sanchez,2023.



Figura 32. Muestras puestas al horno Sanchez, 2023.



Figura 33. Peso final de la muestra salida del horno Sanchez, 2023.

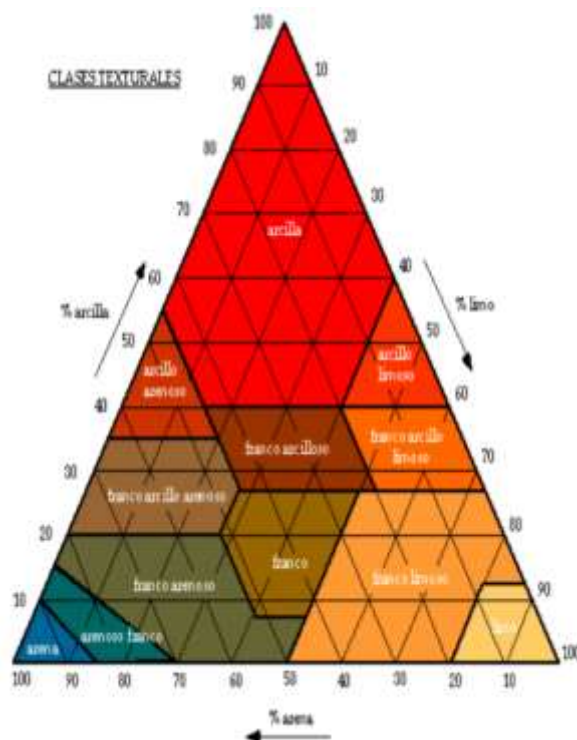


Figura 34. Triángulo de Bouyoucos Scribd, 2016.

Registro Oficial – Edición Especial N° 387 - Miércoles 4 de noviembre de 2015 – 35

Parámetros inorgánicos			Parámetros orgánicos		
Arsénico	mg/kg	12	Benceno	mg/kg	0.03
Azufre (elemental)	mg/kg	250	Clorobenceno	mg/kg	0.1
Bario	mg/kg	200	Etilbenceno	mg/kg	0.1
Boro (soluble en agua caliente)	mg/kg	1	Estireno	mg/kg	0.1
Cadmio	mg/kg	0.5	Tolueno	mg/kg	0.1
Cobalto	mg/kg	10	Xileno	mg/kg	0.1
Cobre	mg/kg	25	PCBs	mg/kg	0.1
Cromo Total	mg/kg	54	Clorinados Alifáticos (cada tipo)	mg/kg	0.1
Cromo VI	mg/kg	0.4	Clorobenzenos (cada tipo)	mg/kg	0.05
Cianuro	mg/kg	0.9	Hexaclorobenceno	mg/kg	0.05
Estaño	mg/kg	5	Hexaclorociclohexano	mg/kg	0.01
Fluoruros	mg/kg	200	Fenólicos no clorinados (cada tipo)	mg/kg	0.1
Mercurio	mg/kg	0.1	Clorofenoles (cada tipo)	mg/kg	0.05
Molibdeno	mg/kg	5	Hidrocarburos totales (TPH)	mg/kg	<150
Níquel	mg/kg	19	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) cada tipo	mg/kg	0.1
Plomo	mg/kg	19			
Selenio	mg/kg	1			
Vanadio	mg/kg	76			
Zinc	mg/kg	60			

Figura 35. Tabla 1. Criterios de calidad del suelo Registro Oficial, 2015

TABLA 2: CRITERIOS DE REMEDIACIÓN (VALORES MÁXIMOS PERMISIBLES)

Parámetro	Unidades*	USO DEL SUELO			
		Residencial	Comercial	Industrial	Agrícola
Parámetros Generales					
Conductividad	uS/cm	200	400	400	200
pH	-	6 a 8	6 a 8	6 a 8	6 a 8
Relación de adsorción de Sodio (Índice SAR)	-	5	12	12	5
Parámetros inorgánicos					
Arsénico	mg/kg	12	12	12	12
Sulfuro	mg/kg	-	-	-	500
Bario	mg/kg	500	2000	2000	750
Boro (soluble en agua caliente)	mg/kg	-	-	-	2
Cadmio	mg/kg	4	10	10	2
Cobalto	mg/kg	50	300	300	40
Cobre	mg/kg	63	91	91	63
Cromo Total	mg/kg	64	87	87	65
Cromo VI	mg/kg	0.4	1.4	1.4	0.4
Cianuro	mg/kg	0.9	8	8	0.9
Estaño	mg/kg	50	300	300	5
Fluoruros	mg/kg	400	2000	2000	200
Mercurio	mg/kg	1	10	10	0.8
Molibdeno	mg/kg	5	40	40	5
Níquel	mg/kg	100	100	50	50
Plomo	mg/kg	140	150	150	60
Selenio	mg/kg	5	10	10	2
Talio	mg/kg	1	1	1	1
Vanadio	mg/kg	130	130	130	130
Zinc	mg/kg	200	380	360	200
Parámetros orgánicos					
Aceites y grasas	mg/kg	500	<2500	<4000	<4000
Benceno	mg/kg	0.08	5	5	0.03
Etilbenceno	mg/kg	0.1	20	20	0.1
Estireno	mg/kg	5	50	50	0.1
Tolueno	mg/kg	0.37	0.8	0.8	0.08
Xileno	mg/kg	2.4	11	20	0.1
PCBs	mg/kg	1.3	33	33	0.5

Figura 36. Tabla 2: Criterios de Remediación (Valores Máximos Permisibles) Registro Oficial, 2015

9.6. Anexo 6. Análisis de muestras obtenidas de suelo mediante el método de fluorescencia de rayos x en el laboratorio de suelos y nutrición vegetal de la Espol.

Reporte Técnico No 105-LABSYNV-2023

ANÁLISIS DE METALES PESADOS EN 5 MUESTRAS DE SUELOS

Elaborado por:

Laboratorio de Suelos y Nutrición Vegetal

Dr. Eduardo Chávez Navarrete

Dra. Martha Hidalgo L.

Ing. Elías García E.

Ing. María Jama O.

Noviembre, 2023

REPORTE DE RESULTADOS DE ANÁLISIS TÉCNICO

CLIENTE:	HEIDY SÁNCHEZ
DIRECCIÓN CLIENTE:	Floresta 2
SOLICITADO POR:	Heidy Sánchez
TIPO DE MUESTRA:	Suelo
ANÁLISIS SOLICITADO:	Metales Pesados
NÚMERO DE MUESTRAS:	5
IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS:	1 al 5
# ORDEN DE TRABAJO	LSYNV-144-2023
FECHA DE ANÁLISIS:	09-noviembre-2023

PARÁMETRO	MÉTODO
DETERMINACIÓN DE CADMIO	Muestra pulverizada a 850 µm y leída por Fluorescencia de Rayos X (XRF, ZSpec-EMax)
Nota: Los resultados corresponden únicamente a las muestras analizadas por el laboratorio.	

1) Metales Pesados

Nombre Muestra	As mg/kg	Cd mg/kg	Pb mg/kg	Cr mg/kg
1	6,68	2,42	14,75	71,94
2	5,58	2,50	17,86	100,72
3	7,33	2,54	18,08	71,01
4	6,70	3,44	11,91	89,03
5	7,49	1,32	10,01	108,21

Metales Pesados:
As= Arsénico;
Cd = Cadmio;
Pb= Plomo;
Cr= Cromo
mg/kg = miligramo/kilogramo

2) Aseguramiento de la Calidad

Elemento	Reproducibilidad (%)	Recuperación 1 (%)	Recuperación 2 (%)
As	102	94	101
Cd	101	102	100
Pb	99	97	100
Cr	101	90	104

Recuperación 1= Material de Referencia Internacional San Joaquin Soil (As=10,5 mg/kg; Cd=0,371 mg/kg; Pb=17,3 mg/kg; Cr= 130 mg/kg)
Recuperación 2= Material de Referencia Internacional Montana Soil (As=0,15%; Cd=12 mg/kg; Pb=0,55%; Cr= 23 mg/kg)

FIRMA DE APROBACIÓN

Dr. Eduardo Chávez Navarrete Jefe de Laboratorio de Suelos y Nutrición Vegetal
Preguntas, comentarios o sugerencias contactarse con: Dra. Martha Hidalgo Laboratorio de Suelos – ESPOL, Km 30.5 Vía Perimetral - Campus Gustavo Galindo, Facultad de Ciencias de la Vida (FCV) Edificio 12 K (Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, atrás del edificio STEM) Correos electrónicos labsuelos@espol.edu.ec ; mahidal@espol.edu.ec ; Página Web: www.espol.edu.ec

