

Acumulación de metales pesados en granos de soya (*Glycine max*) provenientes de una zona semi húmeda tropical del Ecuador



**Acumulación de metales pesados en granos de soya (*Glycine max*)
provenientes de una zona semi húmeda tropical del Ecuador**

- Publicado por:** Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
Dir. Av. Quito km 1½ vía a Santo Domingo de los Tsáchilas,
Quevedo, Ecuador. www.uteq.edu.ec.
- Derechos reservados:** © Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador 2023.
Dirección de Investigación Ciencia y Tecnología (DICYT).
Se autoriza la reproducción de esta publicación con fines
educativos y otros que no sean comerciales sin permiso
escrito previo detentar el derecho de autor, mencionando la
cita.
- Cita del libro:** Constantine M. y Barragán R. 2023. Acumulación de metales
pesados en granos de soya (*Glycine max*) provenientes de una
zona semi húmeda tropical del Ecuador. 111 pp.
- Revisión de Pares Externos:** Francisco Andrés Ballesterro Torres.
Magister en Estadística Mención Calidad y Productividad.
Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas.
Patricio Alejandro Merino Córdova.
Magister en Gestión Ambiental.
Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas.
- Primera Edición:** Quevedo, Diciembre del 2023.
- ISBN:** 978-9978-371-93-0
- Equipo Editorial:** Econ. Carlos Edison Zambrano, Ph.D.
Director
Ing. Javier Patiño Uyaguari, M.Sc.
Revisión y Corrección
Ing. J. Bladimir Mora Macías
Edición y Diagramación



Derechos de Autor © 2023
Marco Antonio Constantine Macías
Roberto Johan Barragán Monrroy

► PRESENTACIÓN

El Comité Editorial de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ) es la unidad encargada de promover, gestionar y administrar el conocimiento resultante de las actividades de investigación científica, la docencia y la vinculación de docentes y estudiantes. Dentro del procedimiento para el reconocimiento al profesorado y estudiantado de la UTEQ se contempla la publicación como libros de Tesis de grado y posgrado que se distingan por su innovación, metodología, rigor técnico o impacto social.

El Proyecto de Investigación en opción al grado de Ingeniería Ambiental de Marco Antonio Constantine Macías, obtenido en la “Universidad Técnica Estatal de Quevedo”, atiende a la normativa existente para ser publicado como libro y por ello el Comité Editorial de la UTEQ aprueba la visibilidad y acceso a la comunidad académica, científica y sociedad en general.



► **Acumulación de metales pesados en granos de soya (*Glycine max*)
provenientes de una zona semi húmeda tropical del Ecuador**

AUTORES:

Marco Antonio Constantine Macías
Roberto Johan Barragán Monrroy



CONTENIDO GENERAL

INTRODUCCIÓN	13
CAPÍTULO I.	
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.1 Problematización	17
1.1.1 Planteamiento del problema	17
1.1.2 Formulación del problema	18
1.1.3 Sitematización del problema	18
1.2. Objetivos	19
1.2.1 Objetivo General	19
1.2.2. Objetivos específicos	19
1.3. Justificación	19
CAPÍTULO II.	
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	22
2.1. Marco conceptual	23
2.2. Marco referencial	30
CAPÍTULO III.	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	34
3.1. Localización	35
3.2. Tipo de investigación	35
3.2.1. Documental	36
3.2.2. Descriptiva	36
3.3. Métodos de investigación	36
3.3.1. Método Inductivo	36
3.3.2. Método Bibliográfico	36
3.3.3. Método Estadístico	37
3.3.3. Método Analítico	37
3.4. Fuentes de recopilación de información	37
3.5. Diseño de la investigación	38

3.5.1. OE1: Determinar la superficie total de siembra en los últimos 5 años destinado para el cultivo de soya en el cantón Mocache	38
3.5.2 OE2: Cuantificar mediante espectrometría de absorción atómica las concentraciones de cadmio y plomo presentes en los granos de soya comercializados en el cantón Mocache, Ecuador	39
3.5.2.1. Procedimiento de recolección	39
3.5.2.2. Procedimiento de análisis	39
3.5.2.3. Calibración de los instrumentos	39
3.5.2.4. Pretratamiento	40
3.5.2.5. Secado	40
3.5.2.6. Incineración	40
3.5.2.7. Espectrometría de absorción atómica	42
3.5.2.8. Análisis estadísticos de los datos	42
3.5.3. OE3: Proponer medidas para la prevención y reducción de las concentraciones de cadmio y plomo en granos de soya ...	43
3.6. Instrumento de la investigación	45
3.7. Tratamiento de datos	45
3.8. Recursos humanos y materiales	46
3.8.1. Materiales tecnológicos	46
3.8.2. Materiales de oficina	46
3.8.3. Software	46
3.8.4. Laboratorio	46
3.8.4.1. Aparatos	46
3.8.4.2. Reactivos	47
CAPÍTULO IV.	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
4.1 Determinación de la superficie total de siembra en los últimos 5 años destinado para el cultivo de soya en el cantón Mocache .	49
4.1.1 Superficie de soya sembrada en el primer y segundo periodo entre el año 2017-2022	49

4.2. Cuantificación de las concentraciones de cadmio y plomo presentes en los granos de soya comercializados en el cantón Mocache, Ecuador mediante espectrometría de absorción atómica	62
4.2.1. Cuantificación de cadmio y plomo	62
4.2.2. Concentraciones de Cd y Plomo	63
4.2.3. Análisis de datos	65
4.3. Propuesta para reducir y prevenir las concentraciones de cadmio y plomo en granos de soya	72
4.3.1. Portada	72
4.3.2. Introducción	74
4.3.3. Justificación	75
4.3.4. Propuesta de mitigación y prevención de cadmio y plomo en granos de soya	76
4.3.5. Conclusiones	91
4.4. Discusión de resultados	92
CAPÍTULO IV.	
CONCLUSIONES	94
5.1 Conclusiones	95
BIBLIOGRAFÍA	96
ANEXOS	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Límites máximos permisibles UE	27
Tabla 2. Niveles máximos FAO/OMS	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción de soya en Ecuador	27
Figura 2. Mapa de ubicación del cantón Mocache	35
Figura 3. Esquema para el análisis de los resultados	43
Figura 4. Formato para las propuestas de prevención y mitigación de cadmio y plomo	44
Figura 5. Superficie de soya sembrada para el primer periodo del año 2017	49
Figura 6. Superficie de soya sembrada para el segundo periodo del año 2017	50
Figura 7. Superficie de soya sembrada para el primer periodo del año 2018	51
Figura 8. Superficie de soya sembrada para el segundo periodo del año 2018	52
Figura 9. Superficie de soya sembrada para el primer periodo del año 2019	53
Figura 10. Superficie de soya sembrada para el segundo periodo del año 2019	54
Figura 11. Superficie de soya sembrada para el primer periodo del año 2020	55
Figura 12. Superficie de soya sembrada para el segundo periodo del año 2020	56
Figura 13. Superficie de soya sembrada para el primer periodo del año 2021	57
Figura 14. Superficie de soya sembrada para el segundo periodo del año 2021	58

Figura 15. Superficie de soya sembrada para el primer periodo del año 2022	59
Figura 16. Superficie de soya sembrada para el segundo periodo del año 2022	60
Figura 17. Superficie de soya sembrada de los años 2017 al 2022 ..	61
Figura 18. Curva de calibración para cadmio mediante la espectrometría de absorción atómica con llama	62
Figura 19. Curva de calibración para plomo mediante la espectrometría de absorción atómica con llama	63
Figura 20. Concentraciones de cadmio (mg.kg^{-1}) en granos de soya comercializados en comerciales del cantón Mocache, Ecuador. Donde φ muestreo 1, φ muestreo 2 y φ muestreo 3	64
Figura 21. Concentraciones de plomo (mg.kg^{-1}) en granos de soya comercializados en comerciales del cantón Mocache, Ecuador. Donde φ muestreo 1, φ muestreo 2 y φ muestreo 3	64
Figura 22. Concentraciones promedio de cadmio y plomo de las comerciales del cantón Mocache	65
Figura 23. Comparación de las concentraciones (mg.kg^{-1}) de cadmio en granos de soya comercializados en comerciales de mocache con los niveles máximo (nm) recomendado por la FAO/OMS y el límite máximo permitido (Imp) establecido por la Unión Europea. (media \pm desviación estándar)	66
Figura 24. Comparación de las concentraciones (mg.kg^{-1}) de plomo en granos de soya comercializados en comerciales de mocache con los niveles máximo (nm) recomendado por la FAO/OMS y el límite máximo permitido (Imp) establecido por la Unión Europea. (media \pm desviación estándar)	67
Figura 25. Comparación de los promedios generales del cadmio y plomo de los comerciales del cantón Mocache	68

Figura 26. Porcentajes del uso global de pesticidas 70

Figura 27. Distribución de los plaguicidas en las plantas 72

Figura 28. Portada para la propuesta ambiental para la reducir y
prevenir las concentraciones de cadmio y plomo en
granos de soya 73

INTRODUCCIÓN

Los metales tóxicos, como el cadmio y el plomo, son contaminantes ambientales importantes, particularmente en áreas con alta presión antropogénica (Antisari et al., 2015). Dado que el cadmio y el plomo están presentes en el suelo, el agua y la atmósfera, su bioacumulación es muy peligrosa para la salud humana (Rai et al., 2019). La razón principal de la acumulación excesiva de metales tóxicos es el uso de agroquímicos para aumentar los rendimientos y el uso de aguas residuales para el riego agrícola, lo que hace que el suelo pierda su capacidad amortiguadora. Esto obviamente afecta la seguridad alimentaria de las personas (Khan et al., 2008; Calle, 2021).

El cadmio y el plomo son metales que las plantas absorben en grandes cantidades porque pueden soportar concentraciones superiores a sus requerimientos fisiológicos sin efectos adversos (Pourang & Noori, 2012). Las alteraciones en las funciones biológicas de las personas están asociadas a la interacción con metales tóxicos, provocando enfermedades cancerígenas, tisulares y mutagénicas que afectan la integridad humana (Luch, 2012). Los estudios epidemiológicos han demostrado que una baja exposición al cadmio puede causar enfermedades relacionadas con la densidad ósea, lo que lleva a la osteoporosis a una edad temprana. Asimismo, la exposición al plomo puede causar anomalías cognitivas y neurológicas en los seres humanos, provocando consecuencias irreversibles a largo plazo (Luch, 2012; Al-Saleh et al., 2017).

Los cultivos de *Glycine max* (soya) mediante sistemas de rotación de cultivos tienen un impacto positivo que se refleja en la conservación de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Painii et al., 2020). La provincia de Los Ríos cuenta con el 48% de las tierras de cultivo de soya, con una superficie sembrada estimada de 18807 hectáreas y un rendimiento neto de 1.07 toneladas, lo que convierte a la provincia en la mayor productora de soya de la región ecuatorial (INEC-ESPAC &

MGA, 2022).

Los residuos de agroquímicos pueden quedar en los alimentos que consumimos, causando riesgos para la salud humana. Además, los cultivos expuestos a pesticidas pueden desarrollar resistencia a ellos, lo que dificulta su control y requiere el uso de mayores cantidades de pesticidas. El contacto prolongado con agroquímicos también puede causar problemas de salud para los trabajadores agrícolas y para los habitantes cercanos a los cultivos, incluyendo dolores de cabeza, náuseas y problemas respiratorios.

La presente investigación tiene el propósito de establecer una línea de base sobre los niveles de cadmio y plomo en los cultivos de soya comercializados en el cantón Mocache, siendo uno de los primeros estudios que se van a realizar en esta región.

Acumulación de metales pesados en granos de soya (*Glycine max*)
provenientes de una zona semi húmeda tropical del Ecuador



CAPÍTULO I.

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Problema de Investigación

1.1.1 Planteamiento del problema

La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que 600 millones de personas entre lactantes, niños y ancianos, tienen enfermedades como el cáncer, problemas cardiovasculares e intestinales por consumir alimentos contaminados con metales tóxicos (Organización Mundial de la Salud, 2022).

La Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA) junto con la Agencia para el Registro de Enfermedades y Sustancias Tóxicas (ATSDR) clasifican el cadmio y el plomo como metales no esenciales para el desarrollo del metabolismo humano y la actividad biológica, incluyéndose entre los 20 tipos de sustancia peligrosa y mortal para la salud humana en todo el mundo (Rai et al., 2019).

Debido a la gran demanda de soya en el mercado internacional, el uso de agroquímicos en el Ecuador se ha incrementado significativamente, destinando el 79% a cultivos temporales. Por ello, el mercado internacional interfiere con los valores límite máximos permisibles de cadmio y plomo en la soya permitidos para el consumo alimentario (INEC, 2021).

Diagnóstico

El cantón Mocache es una zona caracterizada por cultivar soya de calidad en los suelos de esta zona, hoy en día está siendo afectado debido a la utilización de agroquímicos para mejorar el rendimiento en la producción de este cultivo, debido a que contienen metales tóxicos como el cadmio, plomo, zinc y cobre. Además, de otras causas que podría estar afectando a los cultivos es la utilización de aguas residuales con altos contenidos de metales tóxicos utilizadas para el riego agrícola en aquellas zonas donde la disponibilidad del agua es escasa, por lo tanto, estas

actividades podría ser las causantes del aumento de las concentraciones de los metales tóxicos que son cultivados en esta zona.

Pronóstico

Hoy en día el Ecuador ha registrado 29273 nuevos casos de cáncer para el año 2020, esto es un claro indicativo que esta enfermedad se está volviendo más frecuente, debido a que está siendo detectada en personas con un bajo rango de edad, esto valores según estadísticas generales a nivel mundial para el 2040 se detectarían 29 millones de nuevos casos lo cual causará que el aumento de la mortalidad se dispare, por otra parte los suelos al estar en un constante uso dejarán de producir más hasta llegar un punto donde los suelos serán inhóspitos e infértiles volviendo un problema insostenible debido a la lenta recuperación que se tendrán que hacer para que los suelos vuelvan a su estado normal.

De continuar con el aumento progresivo de concentraciones de metales tóxicos en cultivos alimentarios las personas podrían presentar enfermedades más recurrentes como daño cerebral, anemia, problemas de fertilidad que están relacionadas con estos metales tóxicos.

1.1.2. Formulación del problema

¿Los beneficios de realizar un análisis cuantitativo de cadmio y plomo en los granos de soya, influyen en el mejoramiento de la calidad alimentaria del cantón Mocache?

1.1.3. Sistematización del problema

¿Existen zonas destinadas para el cultivo de (Glycine max) soya en el cantón Mocache?

¿Los granos de (Glycine max) Soya comercializados en el cantón Mocache presentan concentraciones de cadmio y plomo?

¿Las medidas sugeridas en la propuesta de manejo de cultivo influyen en la reducción de las concentraciones de cadmio y plomo en granos de (*Glycine max*) Soya comercializados en el cantón Mocache?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Analizar las concentraciones de cadmio y plomo en granos de (*Glycine max*) Soya comercializados en el cantón Mocache, Ecuador.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar la superficie total de siembra en los últimos 5 años destinada para el cultivo de soya en el cantón Mocache.
- Cuantificar mediante espectrometría de absorción atómica las concentraciones de cadmio y plomo presentes en los granos de soya comercializados en el cantón Mocache.
- Proponer medidas para la prevención y reducción de las concentraciones de cadmio y plomo en granos de soya.

1.3. Justificación

La importancia de llevar a cabo estudios que midan las concentraciones de metales tóxicos, como el cadmio y el plomo, en los granos de soya radica en que son esenciales por que permiten proteger la salud humana, garantizar el cumplimiento de las regulaciones alimentarias, preservar el medio ambiente y aumentar la concienciación sobre los riesgos asociados con estos metales tóxicos. Estos estudios contribuyen al desarrollo sostenible y al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

El cadmio y el plomo son metales tóxicos que pueden ser perjudiciales para la salud humana si se ingieren en grandes cantidades. El cadmio se acumula en los riñones y puede causar daño renal y enfermedad renal

crónica. El plomo puede causar daño en el sistema nervioso central, especialmente en niños, y también puede afectar a la fertilidad, el sistema cardiovascular y otros órganos (Bernhoft, 2013).

El cadmio se libera en el aire y agua a través de la actividad humana, como la quema de combustibles fósiles y la producción de baterías y fertilizantes. Una vez liberado, el cadmio se puede acumular en el suelo y en los organismos acuáticos, donde puede ser perjudicial para la vida silvestre y la cadena alimentaria (Johansen et al., 2021).

El plomo también se libera en el medio ambiente a través de la actividad humana, especialmente la minería y la producción de baterías, gasolina y productos de plomo. El plomo puede contaminar el aire, agua y suelo, lo que puede afectar negativamente a la vida silvestre y a los seres humanos que dependen de esos recursos. Además, el plomo puede persistir por mucho tiempo en el medio ambiente y seguir siendo una fuente de contaminación (Johansen et al., 2021).

Hoy en día, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) se basan en mejorar la calidad de vida de las personas y el medio ambiente, para ello se planea con esta investigación hacer una contribución significativa al ODS 3 salud y bienestar sugiriendo alternativas para prevenir y reducir las concentraciones de cadmio y plomo en la soya consumida por la población (Naciones Unidas Ecuador, 2023).

En Ecuador, 15 de cada 100 muertes son causadas por el cáncer, debido la acumulación de metales tóxicos en el organismo, convirtiéndose en una de las principales razones de muerte en los últimos años, además es evidente que consumidores y productores actualmente desconocen los efectos tóxicos del cadmio y el plomo, es por ello la falta de conocimiento y concientización se ha convertido en un problema local e internacional que afecta el desarrollo de las actividad humana (Campoverde & Campoverde, 2020).

El presente trabajo tiene como finalidad realizar una línea base para futuras investigaciones sobre las concentraciones de cadmio y plomo en los granos de (*Glycine max*) soya, para así conocer cómo se encuentran en relación a los límites máximos permisibles establecidos por el Codex Alimentarius (0.1mg/kg) y la Unión Europea (0.2mg/kg).



CAPÍTULO II.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Fuente de los metales tóxicos

Los metales tóxicos se encuentran en el ecosistema debido a los procesos naturales y de actividad antropogénica, en números investigaciones se ha demostrados que los metales pesados presentes en las fuentes naturales corresponden de la corteza terrestre, 95% se forman por rocas ingeniosas y el 5% restantes son formadas por rocas sedimentarias ,como roca basálticas que poseen altas concentraciones de Cu, Cd, Ni y cobalto y mientras que las rocas pizarras poseen metales Pb, Cu, Zn, Mn y Cd, todos estos metales pueden hacer su iteración en el suelo por medio de los procesos naturales como la erosión, meteorológicos, volcánicos entre otro. Todos estos metales se producen de manera ralentizada lo que producirá la acumulación hasta puntos de saturación de los suelos (Li et al., 2019).

2.1.2. Metales tóxicos

Los metales tóxicos se refieren a elementos que se encuentran presentes en la naturaleza y que tienen como característica principal un alto peso atómico y con una densidad de al menos 5 veces mayor que la del agua, por ello se incluyen al arsénico (As), cadmio (Cd), cromo (Cr), talio (Tl), plomo (Pb), mercurio (Hg), además los metales tóxicos también se consideran elementos traza debido a su presencia en concentraciones traza (rango de ppm a menos de 10 ppm) en diversas matrices ambientales (Tchounwou et al., 2012)

2.1.2.1. Cadmio

El elemento cadmio (Cd) fue descubierto en 1817 por F. Strohmeier, un químico alemán. El cadmio (número atómico 48) es un elemento simple, y se encuentra en las profundidades de la superficie terrestre. Es un

elemento muy tóxico y su uso comercial estuvo prohibido hasta finales de los años 90. Es un elemento caracterizado por ser un metal blanco azulado que no suele encontrarse en estado puro sino en combinación con otros óxidos complejos, sulfuros y carbonatos (Hayat et al., 2018).

El cadmio es un elemento natural en la corteza terrestre. Suele encontrarse como un mineral combinado con otros elementos como el oxígeno, el cloro o el azufre. La mayoría de los suelos y rocas, incluidos el carbón y los fertilizantes minerales, contienen algo de cadmio. El cadmio se usa en muchos productos, incluidas baterías, pigmentos, recubrimientos metálicos y plásticos, y se encuentra en el humo del cigarrillo. El cadmio ingresa al medio ambiente a través de las operaciones mineras y la acción del viento y la lluvia (Centers for Disease Control and Prevention, 2017).

2.1.2.2. Plomo

El plomo (Pb) es omnipresente y uno de los primeros metales descubiertos por la raza humana. Las propiedades únicas del plomo, como su suavidad, alta maleabilidad, ductilidad, bajo punto de fusión y resistencia a la corrosión, han dado lugar a su uso generalizado en diferentes industrias como la del automóvil, la pintura, la cerámica, los plásticos (Flora et al., 2012)

El plomo metal blando de color blanco plateado o grisáceo del Grupo 14 (IVa) de la tabla periódica . El plomo es muy maleable , dúctil y denso y es un mal conductor de la electricidad. Conocido en la antigüedad y considerado por los alquimistas como el más antiguo de los metales, el plomo es muy duradero y resistente a la corrosión , como lo indica el uso continuado de tuberías de agua de plomo instaladas por los antiguos romanos. El símbolo Pb para plomo es una abreviatura de la palabra latina para plomo, (Augustyn, 2023).

2.1.3. Cadmio y plomo en el ambiente

El cadmio deriva sus propiedades toxicológicas de su similitud química con el zinc, un micronutriente esencial para plantas, animales y humanos. El cadmio es persistente y, una vez absorbido por un organismo, permanece residente durante muchos años (durante décadas para los seres humanos), aunque finalmente se excreta, además el plomo en el medio ambiente surge tanto de fuentes naturales como antropogénicas. La exposición puede ocurrir a través del agua potable, los alimentos, el aire, el suelo (Lenntech, 2023).

2.1.4. Cadmio y plomo en cultivos agrícolas

El Pb y el Cd son persistentes en el medio ambiente son persistentes en el medio ambiente y no se eliminan con las prácticas de cultivo habituales ni se lixivian fácilmente con el agua de lluvia debido a su gran afinidad con la fase sólida del suelo, Así pues, el suelo constituye un depósito significativo de Pb y Cd en muchos sistemas. Los vegetales absorben y acumulan metales tóxicos en sus partes comestibles y no comestibles no sólo a través del sistema radicular del suelo, sino también por vía aérea del suelo, sino también a través de la deposición aérea de polvo contaminado del aire. La absorción de metales por las plantas depende de las propiedades del suelo y de diversos factores fisiológicos de la planta (Rehman et al., 2017).

2.1.5. Cadmio y Plomo en alimentos

La contaminación por metales pesados (lodos) de las hortalizas es más probable que la de los cultivos alimenticios cultivados en zonas remotas. Además, raíces/tubérculos u hojas tienen mayores concentraciones de contaminantes en comparación con los cereales o frutas. A diferencia de las hortalizas, las frutas presentaban en general menores concentraciones de contaminantes en partes comestibles. La razón de ello podría

ser los menores niveles de contaminación en los huertos que en las explotaciones de hortalizas. En los huertos que en las explotaciones de hortalizas. Además, esto se debe a las barreras fisiológicas para los metales pesados tóxicos en el transporte en, y carga/descarga de, floema y la acumulación en los frutos (Hussain et al., 2019).

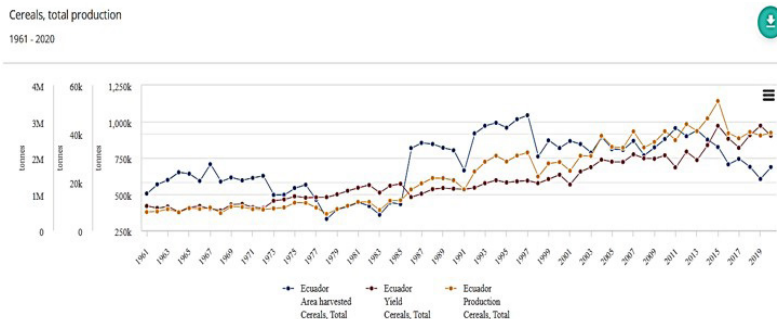
2.1.6. Cadmio y Plomo en soya

Según S. Zhang et al. (2021) el Cd en los granos de soya en todo el mundo promedió 0.09 mg kg⁻¹, teniendo en consideración que variaron 16 veces entre regiones, estos análisis de regresión sugirieron que la contaminación es generalizada y las características ácidas del suelo contribuyen significativamente a la elevada contaminación por Cd en los alimentos en todo el mundo como la soya. El Pb en la soya puede inhibir la fotosíntesis, alterar la nutrición mineral y el equilibrio hídrico, cambia el estado hormonal y afecta la estructura y la permeabilidad de la membrana. Esta revisión aborda diversas características morfológicas, efectos fisiológicos y bioquímicos de la toxicidad del Pb y también estrategias adoptadas por las plantas para la desintoxicación del Pb y el desarrollo de tolerancia al Pb. Los mecanismos de desintoxicación de Pb incluyen el secuestro de Pb en la vacuola, la síntesis de citoqueratina y la unión al glutatión y los aminoácidos (P. Sharma & Rama, 2005).

2.1.7. Producción de soya en Ecuador

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAOSTAT) los cultivos de cereales donde se incluye a la soya para el año 2019 tuvo una producción total 2689.67t, lo que demuestra la importancia de este cultivo para el desarrollo económico, además de ser un producto alimenticio indispensable para el desarrollo normal de actividades humanas como muestra la figura 1 (FAOSTAT, 2023).

Figura 1. Producción de soya en Ecuador



Nota: El gráfico representa la producción de soya en el Ecuador hasta el periodo 2020, por eso la producción de soya en el ecuador ha sido constante hasta el 2020. Tomado de FOASTAT, 2023.

2.1.8. Límites máximos permisibles de cadmio y plomo en granos de soya

La Unión Europea establece valores tolerables en los alimentos que se consumen a nivel mundial, a continuación, se muestran los límites máximos permisibles para el cadmio y el plomo en soya como muestra la figura 2 (UE, 2003).

Tabla 1. Límites máximos permisibles UE

Unión Europea (UE)	Unión Europea (UE)	
	Cd	Pb
Soya	0.20	0.20

FUENTE: Unión Europea (UE) 2003

ELABORADO: AUTOR

Estos valores son las concentraciones de metales tóxicos que sugiere la Unión Europea para mantener una seguridad alimentaria dentro de los países encargados de producir y procesar.

A continuación, se presenta una tabla con los límites máximos permisibles establecidos por la FAO/OMS en el *Codex Alimentarius* como muestra la figura 3 (FAO/OMS, 1995).

Tabla 2. Niveles máximos FAO/OMS

FAO/OMS en el <i>Codex Alimentarius</i>	Nivel Máximo (mg/kg)	
	Cd	Pb
Soya	0.10	0.10

FUENTE: FAO/OMS 1995

ELABORADO: AUTOR

Estos valores representan las concentraciones máximas de metales tóxicos presentes en los granos de soya.

2.1.9. Cadmio y plomo en fertilizantes

En la actualidad, hay más de 1200 productos agroquímicos en la lista y muchos de ellos son utilizados regularmente por los agricultores para generar el suministro de alimentos necesario para mantener a la creciente población mundial. Sin embargo, la resistencia a los pesticidas es un fenómeno cada vez más frecuente, por lo que se requiere un suministro continuo de nuevos productos agroquímicos de alta eficacia, selectividad y baja toxicidad. Además, la demanda de una sociedad más sostenible, que reduzca el riesgo que los productos químicos suponen para la salud humana y minimiza su huella medioambiental, hace que el desarrollo de nuevos productos agroquímicos sea una empresa cada vez más difícil. En las dos últimas décadas, los fluoro químicos se han asociado a avances significativos en el proceso de desarrollo de agroquímicos (Ogawa et al., 2020).

Los fertilizantes fosfatados fueron implicados por primera vez por Schroeder y Balassa en el aumento de la concentración de Cd en suelos

cultivados y cultivos. Esta sugerencia se ha convertido en parte del paradigma aceptado sobre la toxicidad del suelo. En consecuencia, se han puesto en marcha estrictos programas de control de fertilizantes para vigilar el Cd, además los datos muestran que tanto la entrada como la salida de Cd por hectárea procedente de los fertilizantes son insignificanamente pequeñas en comparación con la cantidad total de Cd/hectárea normalmente presente en el propio suelo (Dharma, 2018).

2.1.10. Espectrometría de absorción atómica

La espectroscopia de absorción atómica (ASS), es muy utilizada debido a que su alta sensibilidad y específica, esto se produce porque las líneas de absorción atómica bastante estrechas (de 0.002 a 0.005 nm) siendo estas únicas para cada uno de los elementos, además la sensibilidad está dada por el orden de ppm (Politécnica Salesiana Ecuador Gallegos, 2012).

2.1.11. Prueba estadística no paramétrica de Kruskal Wallis

Esta prueba no paramétrica es caracterizada por estar basada en rangos que por lo general se utilizan para determinar las principales diferencias estadísticas entre dos o más grupos de variables, además de que representa ser una prueba tipo ómnibus porque no identifican cuáles son las diferencias que presentan ciertos grupos específicos por lo tanto es primordial conocer entre grupos de variables independientes existen las diferencias por ello Kruskal-Wallis planteo 4 supuestos (Ladrón de Guevara et al., 2020):

- a. Las dos variables deben ser de escala, ya sea continuas u ordinales.
- b. La variable independiente debe constar de dos o más grupos categóricos independientes.
- c. Se debe tener independencia en las observaciones.
- d. Se debe determinar si la forma de las distribuciones en cada grupo es similar.

2.2. Marco referencial

Determinar los efectos negativos que provocan los metales tóxicos a la salud humana y a la microbiología del suelo, es de gran interés científico, específicamente en estudios relacionadas en la determinación de metales pesados en los alimentos, de modo que, se presenta las siguientes investigaciones.

- Según Zhang et al. (2019) menciona en la investigación titulada “Evaluación de la contaminación por metales pesados de los granos de soya en el norte de Anhui de China” región localizada como los principales productores de soya, se establecen el crecimiento urbanístico y la rápida industrialización causando graves problemas de contaminación por metales pesados en los cultivos, donde las leguminosas son comercializadas y distribuida a la población causando efectos nocivos a la salud humana. La investigación aplicó diversas metodologías de pretratamiento, análisis químico y evaluación de riesgos. Para la caracterización de los patrones de distribución espacial de los metales pesados en la soya se utilizaron sistemas de información geográfica. El análisis requirió trabajar con granos de soya certificadas que comúnmente son consumidas en toda la región, en el cual se registró que a pesar de que mediante la cadena alimenticia es la principal vía de exposición de metales pesados, no se presentaron riesgos cancerígeno potencial en la salud de los habitantes (T. Zhang et al., 2019).
- De acuerdo con Blanco et al. (2017) en la investigación realizada, titulada “Acumulación de plomo y metales asociados (Cu y Zn) en diferentes etapas de crecimiento de los cultivos de soya en suelos contaminados con plomo: implicaciones para la seguridad alimentaria y la calidad de los cultivos”, expresa que la contaminación por metales pesados como plomo y cobre en los suelos puede tener graves consecuencias para los ecosistemas circundantes, las aguas subterráneas, la productividad agrícola y la salud humana.

Además, favorece a la reducción considerable de las propiedades físicas y químicas del suelo, provocando cambios en la capacidad de recuperación de este (A. Blanco et al., 2017).

- El enfoque estratégico de la evaluación de acumulación y distribución de los metales pesados, en las diversas etapas de crecimiento de la soya (*Glycine max*) considerando la importancia del análisis, evaluación toxicológica y calidad del cultivo, determina que los suelos donde anualmente se desempeña para la producción de la soya se encuentran en niveles superiores a los de máximos permisibles de acuerdo a la normativa ambiental, por el uso descontrolado de plaguicidas, fertilizantes y especialmente que sea de origen fosforado.
- Según Zhi et al. (2020) menciona en investigación titulada “Detección de cultivares de soya seguros para campos contaminados con cadmio”, establecieron un experimento relacionado con la acumulación de Cd a niveles relativamente bajos que el consumo de soya sea seguro cuando se realicen en suelos contaminados por metales tóxicos, por otra parte se utilizaron 25 cultivos de soya de China para poder evaluar la efectividad de este nuevo método, para lo cual la acumulación del cadmio en 5 de estos cultivos fueron inferior 0.20 mg kg^{-1} por debajo de $1.0 \text{ mg Cd kg}^{-1}$ tratamiento, por otra parte hubo cultivos como Shennong 10, Tiedou 36 y Liaodou 21 cumplían con los criterios establecidos que eran adecuados debido a que se encontraban por debajo de concentración segura para el consumo, finalmente la investigación puede ser el camino para controlar, tratar y remediar los suelos agrícolas contaminados por metales tóxicos haciendo que estos sean seguros para el consumo humano (Zhi et al., 2020).
- De acuerdo con Hussain et al. (2019) menciona en la investigación titulada “Contaminación con arsénico y metales pesados (cadmio, plomo, mercurio y níquel) en alimentos de origen vegetal” establecido que 70% de los requerimientos que necesita el cuerpo humano provienen del origen vegetal, por ello han reportado

las concentraciones reportadas en diferentes alimentos de origen vegetal fueron de hasta 2.9 mg As kg⁻¹, 24 mg Cd kg⁻¹, 61 mg Pb kg⁻¹, 0.10 mg Hg kg⁻¹ y 506 mg Ni kg⁻¹. Las concentraciones de los contaminantes estudiados en los aceites vegetales estuvieron dentro de los niveles permisibles en todos los estudios enumerados, además de evidenciarse que algunas muestras de vegetales, frutas, cereales, legumbres y nueces estaban contaminadas con As, Cd, Pb y Ni a niveles tóxicos para los humanos (Hussain et al., 2019).

- La investigación titulada “Estimación de la carga de cadmio de la soya y los alimentos a base de soya para vegetarianos” realizada por Kose ková et al. en el año 2020 estimó que el contenido de Cd en los alimentos a base de soya como alimentos consumidos con mayor frecuencia en el grupo vegetariano/vegano, contribuyó más a la ingesta dietética total de Cd que contenía $7.6 \pm 0.1 \mu\text{g Cd/kg}$. El consumo de alimentos a base de soya fue el más bajo en el grupo no vegetariano, al igual que la ingesta dietética de Cd, que fue de $0.04 \mu\text{g/kg pc}$ por semana (Kose ková et al., 2020).
- Según Corguinha et al. (2015) mencionó en la investigación titulada “Evaluación de los contenidos de arsénico, cadmio y plomo en los principales cultivos de Brasil con fines de inocuidad de los alimentos” expone que las concentraciones de elementos tóxicos en los suelos en los 5 principales cultivos de arroz, trigo, maíz, soya, y papas estaban todas por debajo de las concentraciones máximas permitidas para los suelos agrícolas. Las concentraciones medias de As, Cd y Pb ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ peso seco) fueron los siguientes: por debajo del límite de detección <15.29 y <40 para el arroz; 19.23 y 64 para trigo; 47.40 y 95 para maíz; 65.23 y 106 para soya; y 59.22 y <40 para patatas, respectivamente. Los niveles de As, Cd y Pb encontrados en los cultivos estudiados están muy por debajo de los valores reportados en la literatura y están de acuerdo con el Codex Alimentarius y las directrices de la Unión Europea y Brasil, lo que indica que las concentraciones de estos elementos en los cultivos no suponen un riesgo para la salud humana (Corguinha et al., 2015).

- La investigación titulada “Acumulación de metales pesados en soya cultivada en Irán, 2015-2016” realizada por Khalili et al. (2018) determinó que la concentración de metales en las muestras se analizó mediante un espectrofotómetro de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente (ICP-OES). Las concentraciones de Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Níquel (Ni), Plomo (Pb) y Zinc (Zn) en muestras de soya variaron de 0.01 a 0.21, 0.01 a 0.16, 9.51 a 87.71, 4.08 a 22.37, 0.02 a 1.18 y 35.53 a 65.02 mg/kg, respectivamente. En conjunto, los hallazgos de este estudio mostraron que el contenido de metales pesados de todas las muestras tomadas, excepto Pb en la variedad M 7, estaba por debajo de los límites máximos, resultando en la necesidad de no preocuparse por la presencia de contenidos de metales pesados en la soya cultivada en Irán, dado que la soya se usa en la producción de otros productos a base de soya (como la leche de soya, el queso de soya, la salsa de soya)(Khalili et al., 2018).
- El artículo titulado “La recuperación de las plantas de soya después del estrés por cadmio a corto plazo” realizado por Holubek et al. (2020) describió la recuperación de plantas de soya tratadas durante 48 h con Cd a dos concentraciones: 10 y 25 mg/L, evaluó el crecimiento, la viabilidad celular, el nivel de hacedores de daño de membrana, el contenido mineral, los parámetros de fotosíntesis y el nivel de metilación global directamente después del tratamiento con Cd después de 7 días de crecimiento en condiciones óptimas, los resultados demostraron que la exposición a Cd conduce al desarrollo de síntomas de toxicidad tales como inhibición del crecimiento, aumento de la mortalidad celular y daño de la membrana, resultando que las plantas de soya son capaces de recuperarse eficientemente incluso después de un estrés por Cd relativamente severo (Holubek et al., 2020).



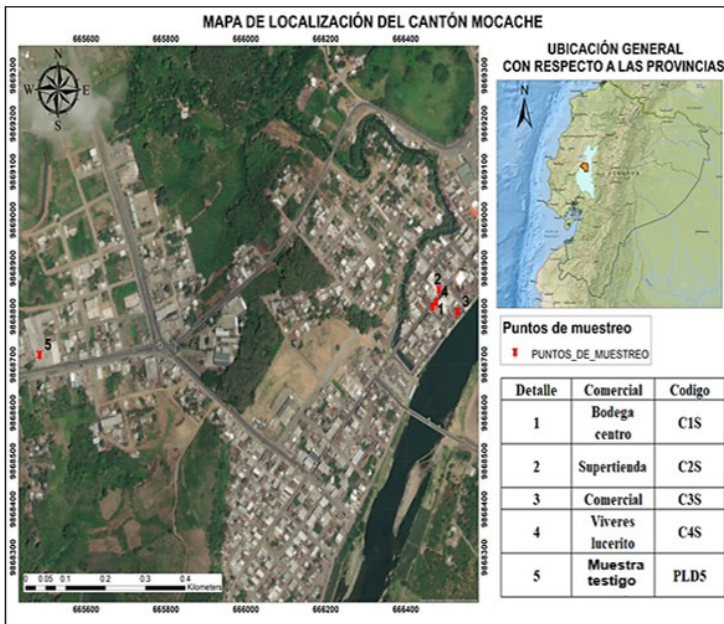
CAPÍTULO III.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

Mocache es uno de los 13 cantones que forman parte de la provincia de Los Ríos $1^{\circ}11'02''S$ $79^{\circ}30'20''O$, posee límites cantonales al norte con el cantón Quevedo, al sur con Vinces ,al este con Ventanas y al oeste con Balzar contando con una superficie total de 572.3 km² como muestra a continuación la figura 4.

Figura 2. Mapa de ubicación del cantón Mocache



FUENTE: FAO/OMS 1995

ELABORADO: AUTOR

3.2. Tipo de investigación

A continuación, se presentan cuáles fueron los tipos de investigaciones que se emplearon en el proyecto:

3.2.1. Documental

Se hizo la investigación apoyándose en documentos como libros, revistas artículos científicos enfocada en la cuantificación de cadmio y el plomo en los granos que son comercializados alrededor del mundo, además se hizo énfasis en investigación ya realizadas para estudiar a que se deben las altas concentraciones de estos metales tóxicos presentes en la soya.

3.2.2. Descriptiva

Se utilizó este tipo de investigación debido a que se describió los resultados obtenidos a través de la técnica de espectrometría de absorción atómica por flama para de esta manera conocer a que se debe las altas concentraciones de metales tóxicos en los granos de soya, y cuáles serán las medidas a tomar para controlar el problema.

3.3. Métodos de investigación

A continuación, se detallan los métodos de investigación que se utilizaran en proyecto:

3.3.1. Método Inductivo

Se usó de este método debido a que se necesitaron conocer cuáles son las causas de los metales tóxicos en los granos de soya para esto se partirá de estudios semejantes al problema de la investigación, así de esta forma poder determinar las concentraciones actuales y sus causas, y cuáles son las medidas que ayuden a prevenir y reducir el cadmio y el plomo en la soya.

3.3.2. Método Bibliográfico

Se realizó la búsqueda científica en plataformas como Google académico,

SciELO, Taylor and Francis entre otro, además de la recopilación en libros, revistas de alto impacto para conocer la efectividad de la técnica de espectrometría que permita la determinación de las concentraciones de los metales tóxicos en granos de soya.

3.3.3. Método Estadístico

Se usó de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis que permitirá hacer una comparación de las variables que se obtengan en los resultados de las concentraciones de cadmio y plomo mediante la técnica de la espectrometría de absorción atómica por flama, tomando como base los límites máximos permisibles establecidos por los organismos internacionales (FAO; UE).

3.3.4. Método Analítico

Este método permitió analizar de una manera detallada la técnica de la espectrometría de absorción atómica por flama partiendo de los pasos secuenciales que se deben de seguir de manera sistemática y detallada para la determinación de metales tóxicos en granos de soya, para poder obtener resultados confiables y de fácil acceso.

3.4. Fuentes de recopilación de información

A continuación, se muestran las fuentes que se utilizaron en el proyecto de investigación.

Fuentes primarias:

- Se recolectaron muestras (granos de soya) en la primera etapa para la cuantificación del cadmio y plomo.

Fuentes secundarias:

- Se realizó una revisión bibliográfica en revistas, artículos científicos, tesis enfocada en los metales tóxicos en los granos de soya para determinar el diseño de la investigación.

3.5. Diseño de la investigación

A continuación, se describe el proceso metodológico que se empleó para cada uno de los objetivos específicos planteados.

3.5.1. OE1: Determinar la superficie total de siembra en los últimos 5 años destinada para el cultivo de soya en el cantón Mocache

A continuación, se detalla la metodología para la estimación de la superficie total de siembra de soya del cantón Mocache.

- Se ingresó a la página web del ministerio de agricultura y ganadería para descargar las capas tipo (shp) sobre las estimaciones de los cultivos de soya en los últimos 5 años.
- Se abrió el ArcGIS 10.8 y se agregan las capas de los cantones y de las estimaciones de la soya.
- Se ubicó en el apartado geoprocessing para hacer uso de la herramienta (clip) para hacer el recorte para el área de estudio.
- Se agregó una nueva columna a la tabla de atributos al recorte hecho previamente, donde a partir de la (calculadora geométrica) se calcula las hectáreas totales para cada polígono.
- Se aplicó la herramienta (sumize) para la sumatoria total de las hectáreas totales del cultivo de soya.
- Se agregó la leyenda para mostrar cada una de las capas utilizadas en la realización del mapa.
- Se agregó el gráfico a partir del cálculo de las hectáreas para saber el promedio general anual en cuanto a la estimación del cultivo de soya.
- Se hizo un promedio general de todos los años para determinar el año con mayor superficie de siembra de soya.

3.5.2. OE2: Cuantificar mediante espectrometría de absorción atómica las concentraciones de cadmio y plomo presentes en los granos de soya comercializados en el cantón Mocache, Ecuador

3.5.2.1. Procedimiento de recolección.

Se realizó salidas de reconocimiento a los principales comerciales del cantón Mocache, mediante el método de observación y afluencia de usuarios, se consideraron los cuatro principales comerciales con disponibilidad de granos de soya teniendo en cuenta la muestra testigo recolectada directamente de una parcela de cultivo con el fin de determinar en qué etapa desde que sale está el cultivo hasta la llegada al consumidor final se contamina. Se procedió a recolectar las muestras de manera aleatoria mediante el método de triplicado ($n=3$) que consto en la toma 3 muestras almacenadas en fundas ziploc con un peso alrededor de 1kg procedentes de los 4 comerciales y 1 muestra testigo identificados durante el mes de febrero, marzo y abril del año 2023 respectivamente (Singer et al., 2007).

3.5.2.2. Procedimiento de análisis

Una vez recolectadas la muestra, se enviaron a un laboratorio acreditado (N SAE LEN 13-004) basados en los requerimientos de la norma ISO/IEC 17025 para realizar la cuantificación de cadmio y plomo presentes en los granos de soya mediante la técnica de espectrometría de absorción con flama basado en el método “NMLK-AOAC 999.11” (AOAC Int, 2002).

3.5.2.3. Calibración de los instrumentos

Se procedió con la preparación de las soluciones estándar de cadmio y plomo para preparar las sendas de calibración a partir de las soluciones concentraciones de 100 mg.L^{-1} , y como solución blanco para las mediciones

se utilizó HNO₃ al 65% (v/v). Para el cadmio las concentraciones fueron 0.10; 0.20; 0.40 y 0.80 mg.L⁻¹, y para el plomo se prepararon las siguientes concentraciones: 0.20; 0.40; 0.80 y 1.60 mg.L⁻¹.

Se programó en método mediante el software del espectrómetro de absorción modelo (HGA-500 de Perkin Elmer), para la lectura de los patrones acuosos de la curva de calibración de las muestras de soya. Luego se procedió con la elaboración de la curva de calibración mediante la lectura de los estándares analizados, fijándose para el plomo una longitud de onda 283.31nm y para el cadmio 228.80 nm, considerando que las ondas espectrales corresponden con las líneas espectrales que proporcionan los valores máximos de absorbancias lo cual garantiza una adecuada sensibilidad y especificidad en las determinaciones cuantitativas (Latimer, 2016).

3.5.2.4. Pretratamiento

Se procedió a homogeneizar el producto, usando equipo no contaminante. Se comprobó si existía lixiviación, además de constatar de que el instrumento constaba de piezas metálicas (AOAC Int, 2002).

3.5.2.5. Secado

En un crisol de porcelana se pesó 0.01g de la porción de los granos de soya con una precisión de 0.01 g. Luego se seca en el horno de secado a baño maría o en placa caliente a 100°C para determinar si existe riesgo de fuerte ebullición en la etapa de incineración (AOAC Int, 2002).

3.5.2.6. Incineración

Mediante la incineración en un horno programable, se colocó el plato en el horno a una temperatura inicial no superior a 100°C. Posteriormente se aumentó la temperatura a una velocidad máxima de 50°C a 450°C.

Luego se dejó reposar el plato durante al menos 8 horas o toda la noche, continuó con la incineración en un horno de mufla con termostato después del secado y pre incineración.

Posteriormente se colocó el crisol con la porción de prueba cubierta con la tapa de vidrio sobre la placa de cerámica y deje que el aire purificado que pasa a través de un tubo de vidrio pase por el producto. Se colocó la lámpara infrarroja (IR) en la cubierta. Pre-ceniza la muestra del producto fue aumentando la temperatura lentamente con una lámpara IR elevándose gradualmente la temperatura en la placa caliente hasta el máximo. La temperatura final en la placa de cerámica fue de unos 300°C. El tiempo requerido para la pre-incineración varía según el producto. Posteriormente se ubicó el crisol en el horno de mufla a 200–250 °C y se elevó lentamente la temperatura a 450°C a una velocidad de no más de 50 °C/h (AOAC Int, 2002).

Se dejó reposar durante al menos 8 horas. Se sacó el crisol del horno y se dejó enfriar. Humedeció la ceniza con 1–3mL de agua y se evaporó en un baño de agua o placa caliente. Posteriormente se volvió a poner el crisol en el horno a no más de 200°C y aumentar la temperatura (50–100°C/h) a 450°C. Se procedió a incinerar a 450°C durante 1–2 horas o más, se repitió el procedimiento hasta que el producto estuvo completamente reducido a cenizas, es decir, las cenizas deben ser blancas/grises o ligeramente coloreadas. El número de repeticiones necesarias varían según el tipo de producto. Se agregó 5ml de Ácido clorhídrico (HCl) (37% p/p) con 1L de agua, al crisol asegurándose de que toda la ceniza entre en contacto con el ácido. Se evaporó el ácido en un baño de agua o placa caliente. Se disolvió el residuo en 10–30mL, con una precisión de 0.1mL, de 0.1M, Ácido nítrico (HNO₃), se agitó el crisol con cuidado para que toda la ceniza entre en contacto con el ácido, para luego cubrirlo con vidrio de reloj y dejar reposar de 1 a 2 h (AOAC Int, 2002).

Finalmente se disolvió bien la solución en el crisol con la varilla agitadora y se transfirió el contenido a una botella de plástico, se consideró en tratar los espacios en blanco de la misma manera que los productos, se incluyó 2 soluciones blancos con cada lote.

3.5.2.7. Espectrometría de absorción atómica

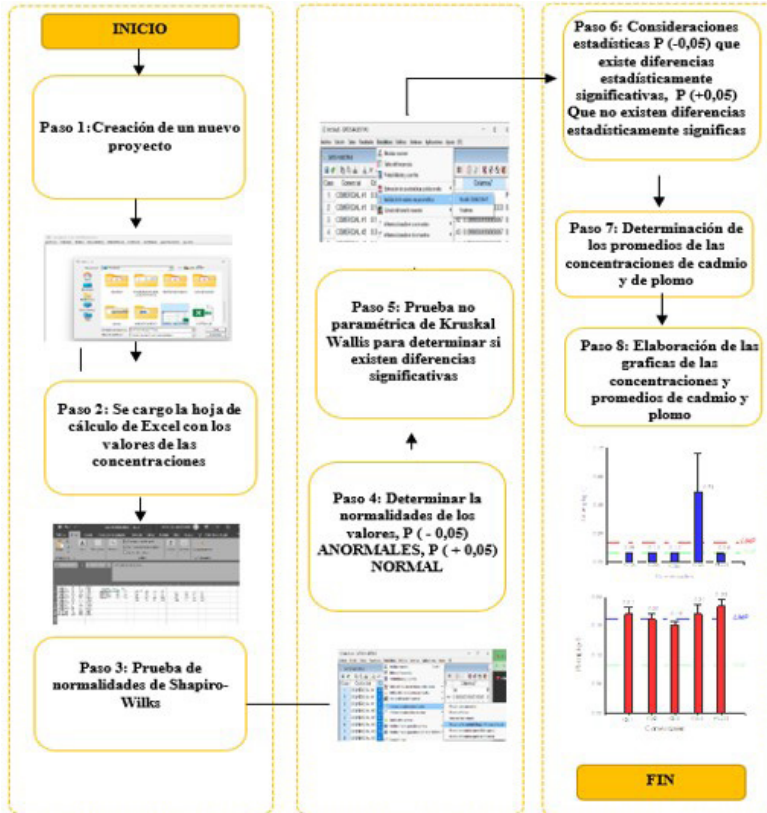
La longitud de onda, la mezcla de gases/programa de temperatura y otros parámetros del instrumento que son más apropiados para cada metal se encuentran en el manual proporcionado con el instrumento. La corrección de fondo siempre debe usarse en AAS sin llama y para aplicaciones con llama a bajas concentraciones. Cuando los resultados están fuera del rango lineal, las soluciones de prueba deben diluirse con 0.1 M HNO₃. Técnica de llama. Preparar curvas de calibración a partir de un mínimo de 4 patrones (AOAC Int, 2002).

3.5.2.8. Análisis estadísticos de los datos

Para el procesamiento de los resultados se utilizó el programa Infostat, en función de los resultados obtenidos en la cuantificación de cadmio y plomo, se determinó si existen diferencias significativas ($p < 0.05$) en las concentraciones obtenidas, mediante un test de normalidades para posteriormente aplicar la prueba estadística no paramétrica de Kruskal-Wallis (Balzarini et al., 2008). Posteriormente, para identificar si existe riesgo y contaminación se tomará como base los niveles máximos y límites máximos permisibles establecidos por las normativas internacionales: Codex Alimentarius y de la Unión Europea (FAO/OMS, 1995; UE, 2003).

A continuación, se detallan los pasos realizados para la determinación de las diferencias significativa de las concentraciones de cadmio y plomo:

Figura 3. Esquema para el análisis de resultados



FUENTE: FAO/OMS 1995

ELABORADO: AUTOR

3.5.3. OE3: Proponer medidas para la prevención y reducción de las concentraciones de cadmio y plomo en granos de soya

Se realizó un análisis bibliográfico sobre la condiciones en las que debe llevar a cabo la siembra de soya en zonas específicas y las condiciones presentes para el desarrollo normal de este cultivo, además se tomó como bases revisiones de estudios recientes sobre los impactos de los

fertilizantes, industrias y el uso de técnicas de remediación para sanear suelos contaminados con metales tóxicos con el fin de proponer medidas específicas y reducir el impacto del cadmio y el plomo en los granos de soya, mediante la estructura que se muestra a continuación en la Figura 8, basados en los resultados de laboratorio sobre la concentraciones de cadmio y plomo presentes en los granos de soya y en la investigaciones como titulada “Aplicación del análisis de decisión multicriterio en la toma de decisiones ambientales” realizada por Kiker en el año 2005 donde se plantean medidas para la prevención y la reducción de la contaminación en una actividad basados en la decisiones ambientes que se planteen para lograr los objetivos propuestos (Kiker et al., 2005).

Figura 4. Formato para las propuestas de prevención y mitigación de cadmio y plomo

1. Portada							
2. Índice							
3. Introducción							
4. Justificación							
5. Propuestas de mitigación y prevención							
Elemento tóxico	Concentración promedio	Normativa	Propuestas de mitigación y prevención	Población expuesta	Responsable	Tiempo	Costo aproximado
6. Conclusiones							
7. Recomendaciones							
8. Bibliografía							

ELABORADO: AUTOR

3.6. Instrumento de la investigación

Se utilizó una guía de análisis de documentos que consistió en la búsqueda secuencial de artículos científicos relaciones con los metales tóxicos en los granos de soya, además de la búsqueda de las principales causas de muerte en el Ecuador y por qué son provocadas, por otra parte se indago en cómo afecta los agroquímicos sobre los cultivos de soya y cómo estos contribuyen a que se eleve el nivel de concentraciones de cadmio y plomo en los granos de soya, por último se hizo una búsqueda de cuáles son los niveles máximos y límites máximos permisibles establecidos por las normativas internacionales: Codex Alimentarius y de la Unión Europea (FAO/OMS, 1995; UE, 2003).

3.7. Tratamiento de datos

En esta investigación se utilizó los siguientes tratamientos de datos:

- Para la determinación de la superficie total de siembra en los últimos 5 años se utilizó el software Sistemas de Información Geográfica (SIG) ArcGIS que permite procesar los datos de las estimaciones de los cultivos de soya en los últimos 5 años mediante la generación de mapas temáticos donde se demostró las hectáreas totales para cada uno de los periodos de siembra.
- Para la cuantificación de cadmio y plomo en los granos de soya se utilizó el software del espectrómetro de absorción atómica modelo HGA-500 de Perkin Elmer, ya que este permite hacer una lectura de los patrones acuosos de la curva de calibración y de muestras, para posteriormente tratar los resultados en el software Infostat y la prueba estadística no paramétrica de Kruskal-Wallis y determinar si los resultados se encuentran dentro de los límites máximo permisibles en el Codex Alimentarius- (Cd=0.10 mg/kg)(Pb=0.10 mg/kg) y de la Unión Europea (FAO/OMS, 1995; UE, 2003)-(Cd=0.20 mg/kg) (Pb=0.20 mg/kg).

3.8. Recursos humanos y materiales

Para la toma y el procesamiento de datos se utilizaron los materiales que se muestran a continuación.

3.8.1. Materiales tecnológicos

- Teléfono Android
- Computadora Hp

3.8.2. Materiales de oficina

- Cuadernos
- Esferos
- Hojas

3.8.3. Software

- ArcGIS 10.8
- Infostat
- Excel

3.8.4. Laboratorio

3.8.4.1 Aparatos

- HGA-500 de Perkin Elmer
- Lámparas de cátodo hueco o de descarga sin electrodos
- Horno: programable o de mufla con termostato
- Placa caliente
- Lámpara: IR 250 W
- Placa de cerámica
- Cubierta de vidrio

- Botella de lavado - "Scrubber"
- Crisoles de cuarzo o platino

3.8.4.2 Reactivos

- Agua - Redestilada o desionizada, resistividad $\geq 18 \text{ M}\Omega\cdot\text{cm}$.
- Ácido clorhídrico HCl (37% p/p)
- Ácido nítrico HNO_3 65% (p/p)
- Solución patrón de plomo: 1mg/mL. Disolver 1.000 g de Pb en 7mL de HNO_3
- Solución patrón de cadmio: 1mg/mL. Disolver 1.000 g de Cd en 14mL de agua +7 mL de HNO_3



CAPÍTULO IV.

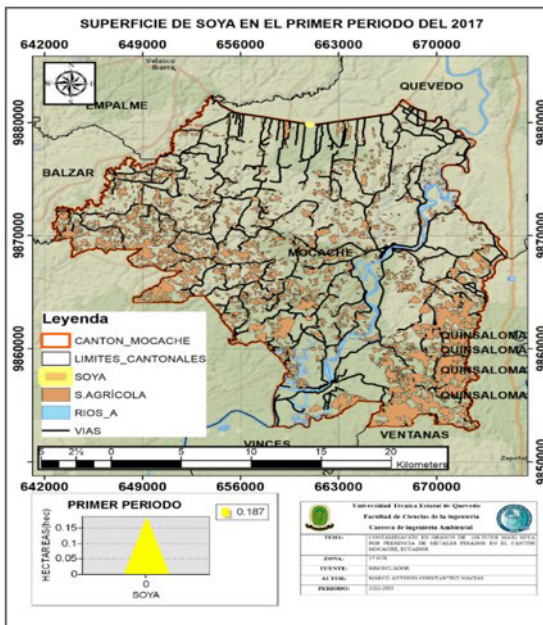
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Determinación de la superficie total de siembra en los últimos 5 años destinada para el cultivo de soya en el cantón Mocache

4.1.1 Superficie de soya sembrada en el primer y segundo periodo entre el año 2017-2022

A continuación, las siguientes figuras presentan la superficie de siembra de soya correspondientes al periodo 1-2 de los años 2017-2022.

Figura 5. Superficie de soya sembrada para el primer periodo del año 2017



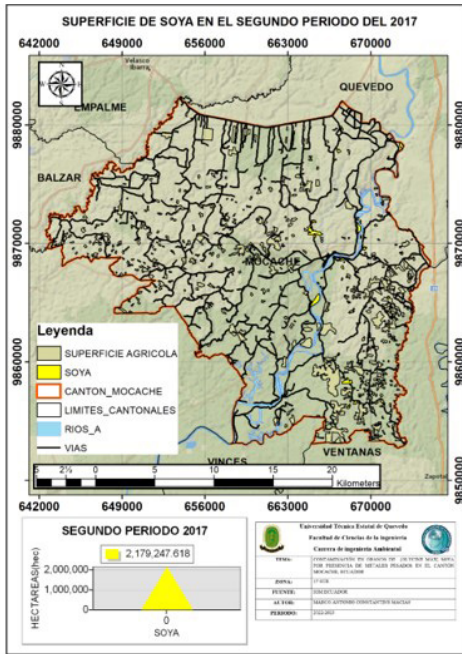
FUENTE: Instituto Geográfico Militar (IGM), Google Maps, Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGAP).

ELABORADO: AUTOR

La figura 5 muestra la superficie de soya sembrada entre los meses de diciembre a mayo durante el año 2017 en la zona norte del cantón

Mocache, en los límites con el cantón Quevedo obteniendo un total de 0.187 hectáreas, además se evidencia la presencia de superficie agrícola constituida por arroz y maíz, considerados también unos de los productos agrícolas más generados en la zona de estudio.

Figura 6. Superficie de soya sembrada para el segundo periodo del año 2017



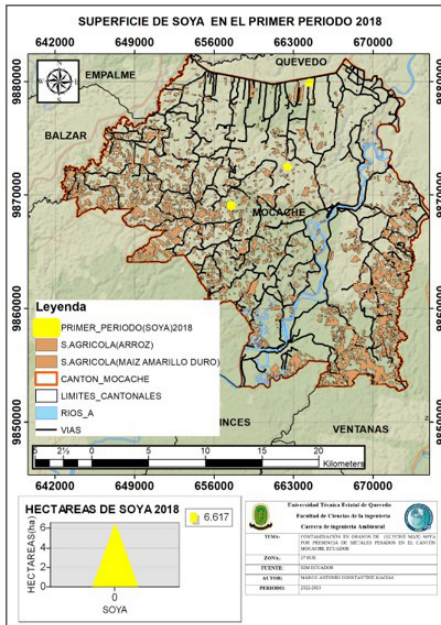
FUENTE: Instituto Geográfico Militar (IGM), Google Maps, Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGAP)

ELABORADO: AUTOR

La figura 6 muestra la superficie sembrada de soya en el segundo periodo del año 2017 del cantón Mocache en los meses de junio a noviembre dando como resultado un total de 217.924 hectáreas distribuidas en la parte céntrica del cantón. El aumento significativo en la superficie de siembra se debe a la época del año que corresponde a la época seca por

este motivo la soya al ser una leguminosa tiene un mayor desarrollo viéndose reflejada en el aumento en la superficie de siembra.

Figura 7. Superficie de soya sembrada para el primer periodo del año 2018

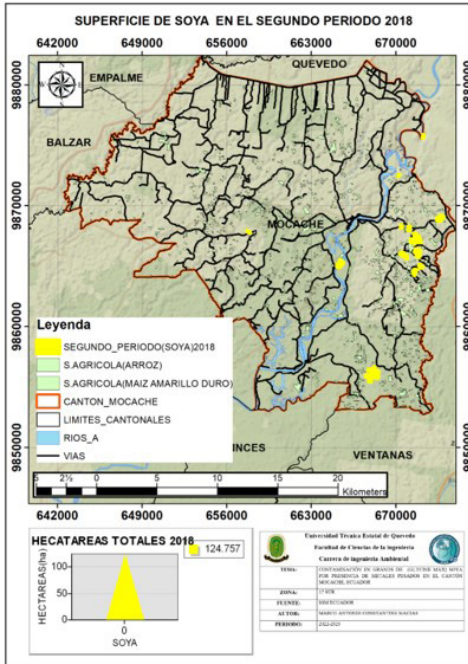


FUENTE: Instituto Geográfico Militar (IGM), Google Maps, Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGAP)

ELABORADO: AUTOR

La figura 7 muestra la superficie sembrada de soya en el primer segundo periodo del 2018 del cantón Mocache en los meses de enero a junio correspondientes a la época lluviosa dando como resultado un total de 6.617 hectáreas distribuidas en la parte norte y céntrica del cantón, viéndose superado su superficie agrícola por otros cultivos como el arroz y el maíz.

Figura 8. Superficie de soya sembrada para el segundo periodo del año 2018

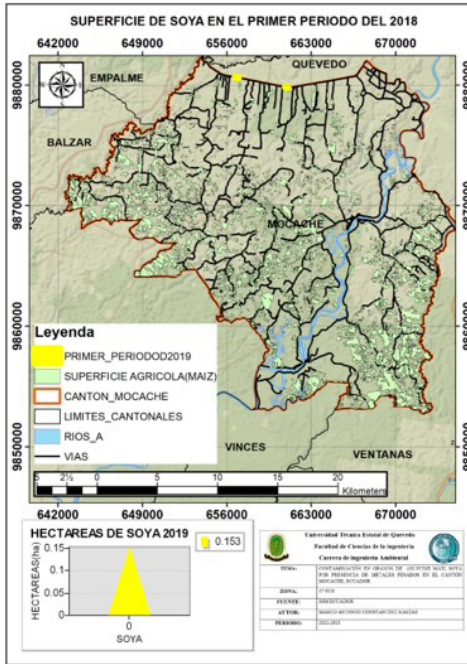


FUENTE: Instituto Geográfico Militar (IGM), Google Maps, Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGAP)

ELABORADO: AUTOR

La figura 8 muestra la superficie sembrada de soya en el segundo periodo del 2018 del cantón Mocache en los meses de julio a diciembre correspondientes a la época lluviosa dando como resultado un total de 124.757 hectáreas distribuidas en la parte este y sur del cantón, viéndose un aumento significativo del 95% debido a las condiciones climáticas que se dan en este intervalo de tiempo para el cultivo de soya.

Figura 9. Superficie de soya sembrada para el primer periodo del año 2019

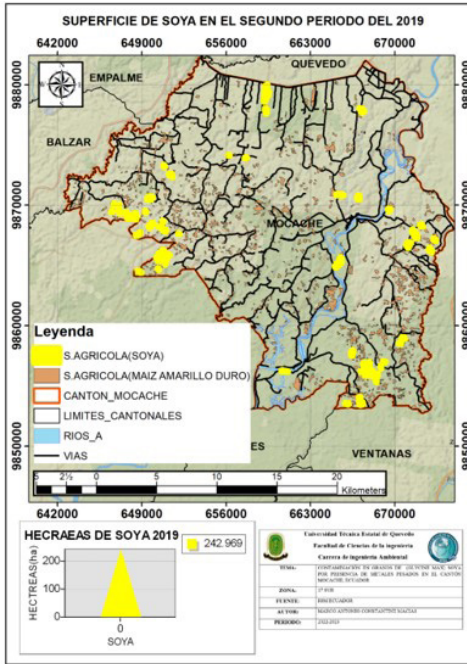


FUENTE: Instituto Geográfico Militar (IGM), Google Maps, Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGAP)

ELABORADO: AUTOR

La figura 9 muestra la superficie sembrada de soya en el primer periodo del año 2019 del cantón Mocache en los meses de diciembre a mayo correspondientes a la época lluviosa dando como resultado un total de 0.153 hectáreas ubicada al norte en los límites con el cantón Quevedo cantón, siendo una cantidad ínfima debido a las grandes torrenciales que produjeron en este año lo que no permitió aumentar los

Figura 10. Superficie de soya sembrada para el segundo periodo del año 2019

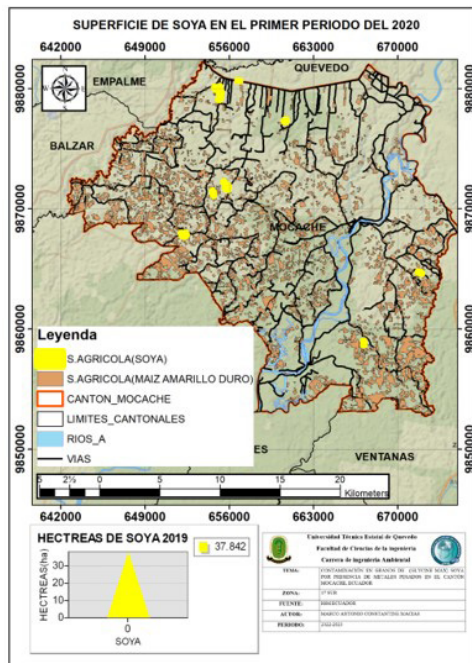


FUENTE: Instituto Geográfico Militar (IGM), Google Maps, Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGAP)

ELABORADO: AUTOR

La figura 10 muestra la superficie sembrada de soya en el segundo periodo del año 2019 del cantón Mocache en los meses de junio a noviembre correspondientes a la época seca, dando como resultado un total de 242.969 hectáreas distribuidas en el este, sur y oeste del cantón, reflejando un aumento significativo del 99% debido a las prestaciones climáticas que se dieron y así el cultivo de soya se desarrolle con normalidad y sin complicaciones.

Figura 11. Superficie de soya sembrada para el primer periodo del año 2020

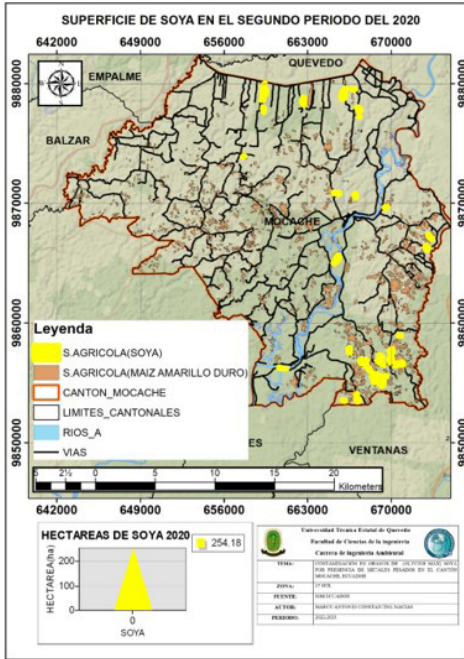


FUENTE: Instituto Geográfico Militar (IGM), Google Maps, Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGAP)

ELABORADO: AUTOR

La figura 11 muestra la superficie sembrada de soya en el primer periodo del año 2020 del cantón Mocache en los meses de diciembre a mayo correspondientes a la época de lluviosa dando como resultado un total de 37.842 hectáreas distribuidas por el cantón Mocache, siendo mayor periodo con superficie de soya sembrada en los últimos 5 años, debido a la gran demanda nacional e internacional en cuanto al cultivo de soya.

Figura 12. Superficie de soja sembrada para el segundo periodo del año 2020

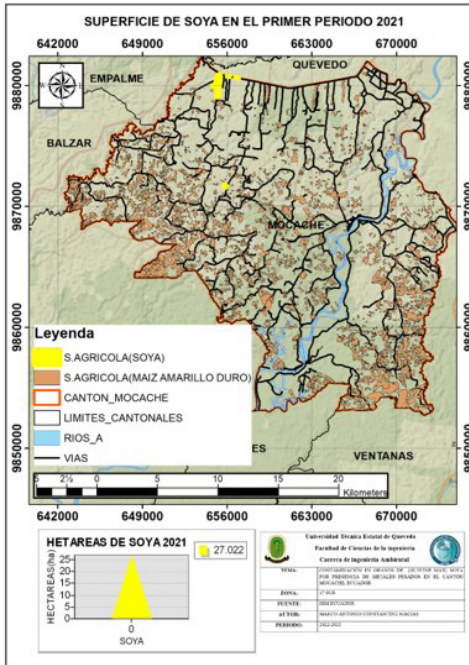


FUENTE: Instituto Geográfico Militar (IGM), Google Maps, Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGAP)

ELABORADO: AUTOR

La figura 12 muestra la superficie sembrada de soja en el segundo periodo del año 2020 del cantón Mocache en los meses de julio a noviembre correspondientes a la época de seca, dando como resultado un total de 254.181 hectáreas distribuidas en el norte y sur por el cantón Mocache, siendo mayor periodo con superficie de soja sembrada en los últimos 5 años, debido a la gran demanda nacional e internacional y las condiciones climáticas ideales que se presentaron para el desarrollo normal del cultivo.

Figura 13. Superficie de soya sembrada para el primer periodo del año 2021

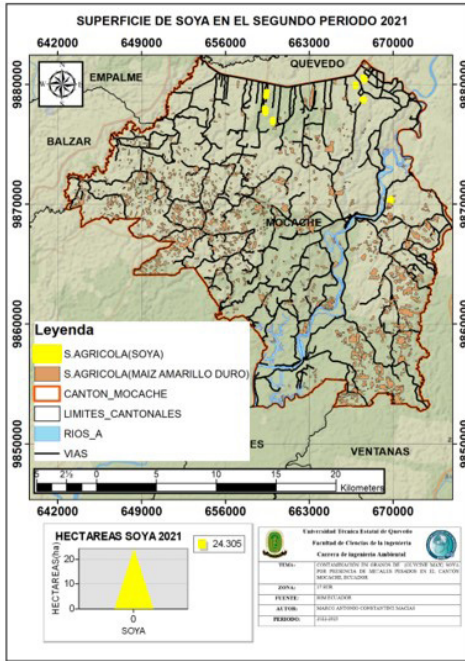


FUENTE: Instituto Geográfico Militar (IGM), Google Maps, Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGAP)

ELABORADO: AUTOR

La figura 13 muestra la superficie sembrada de soya en el primer periodo del año 2021 del cantón Mocache en los meses de diciembre a mayor correspondientes a la época de lluviosa dando como resultado un total de 27.022 hectáreas distribuidas en el norte del cantón Mocache, debido a las condiciones climáticas y el inicio de la pandemia COVID-19 que influyó de manera significativa en el desarrollo de las actividades agrícolas a nivel mundial.

Figura 14. Superficie de soya sembrada para el segundo periodo del año 2021

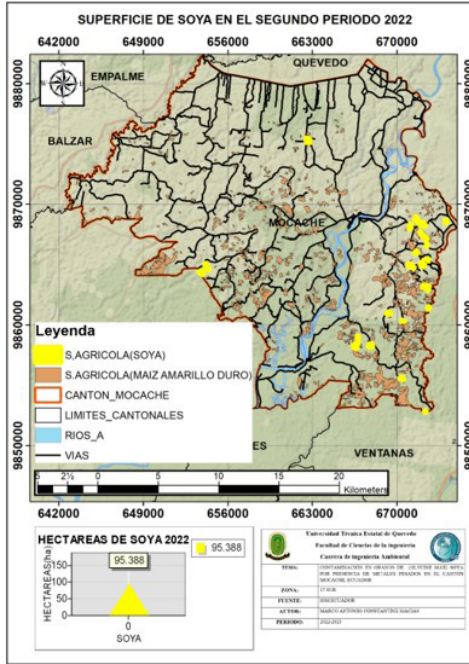


FUENTE: Instituto Geográfico Militar (IGM), Google Maps, Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGAP)

ELABORADO: AUTOR

La figura 14 muestra la superficie sembrada de soya en el segundo periodo del año 2021 del cantón Mocache en los meses de julio a diciembre correspondientes a la época seca dando como resultado un total de 24.305 hectáreas distribuidas en el norte del cantón Mocache, viéndose una reducción en cuanto al primer periodo a la pandemia de COVID-19 y sus múltiples restricciones que se encontraba en todo su apogeo que influyó de manera significativa en el desarrollo de las actividades agrícolas a nivel mundial.

Figura 16. Superficie de soya sembrada para el segundo periodo del año 2022



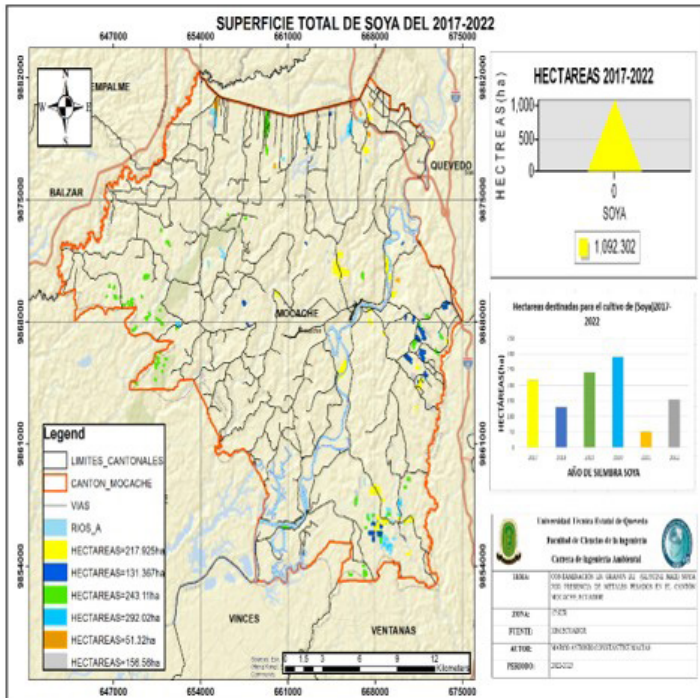
FUENTE: Instituto Geográfico Militar (IGM), Google Maps, Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGAP)

ELABORADO: AUTOR

La figura 16 muestra la superficie sembrada de soya en el segundo periodo del año 2022 del cantón Mocache en los meses de julio a noviembre correspondientes a la época de seca dando como resultado un total de 95.388 hectáreas distribuidas en el sureste del cantón Mocache, viéndose un aumento progresivo en 50% al periodo anterior, debido a la reactivación económica que estaba sufriendo el país debido a la pandemia por la que se estaba atravesando a nivel mundial.

4.1.1.1 Resultado general de la superficie total de soya sembrada

Figura 17. Superficie total de soya sembrada de los años 2017 al 2022



FUENTE: Instituto Geográfico Militar (IGM), Google Maps, Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGAP)

ELABORADO: AUTOR

La figura 17 muestra la superficie total que se destinó en los últimos 5 años para el cultivo de la soya de notándose que el año 2020 con 292.223 hectáreas siendo el periodo con más hectáreas destinadas para la siembra de este cultivo en los dos periodos, por otra parte, el año 2021 es el periodo con la menor cantidad de hectáreas sembradas debido a múltiples acontecimientos que afectaron a nivel regional y mundial.

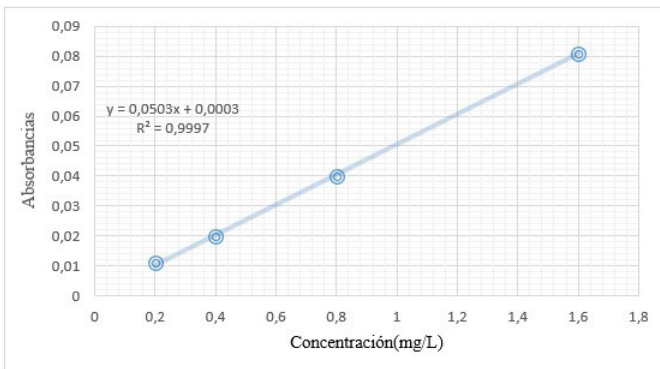
4.2. Cuantificación de las concentraciones de cadmio y plomo presentes en los granos de soya comercializados en el cantón Mocache, Ecuador mediante espectrometría de absorción atómica

4.2.1. Cuantificación de cadmio y plomo

Basados en los resultados descritos en la metodología se pudieron medir las absorbancias de las concentraciones descritas en la sección de materiales y métodos (calibración de instrumentos) se elaboraron las curvas de calibración para el cadmio y el plomo.

Los resultados mostraron que la curva de calibración para la determinación del cadmio tuvo un coeficiente de correlación de $y=0.2496x + 0.0069$ ($R=0.9936$) como muestra la figura 18. Los límites de detección: 0.05 mg.Kg^{-1} de cuantificación: 0.10 mg.Kg^{-1} (miligramos de cadmio por kilogramo de muestra) obtenidos por el laboratorio. El coeficiente de variación de las determinaciones estuvo siempre por debajo de 5% en todo el intervalo de concentraciones.

Figura 18. Curva de calibración para cadmio mediante la espectrometría de absorción atómica con llama

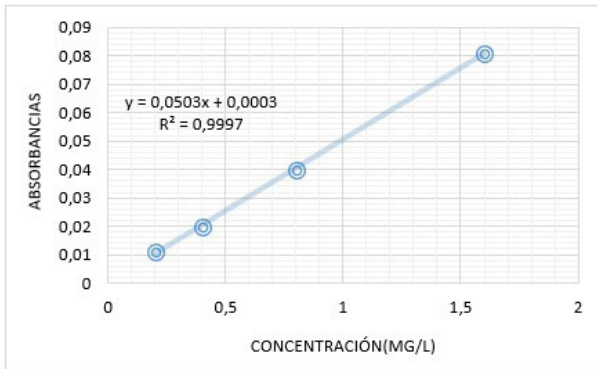


FUENTE: UBALAB 2023

ELABORADO: AUTOR

Las curvas de calibración resultantes para el plomo fueron de $y=0.0503x + 0.0003$ ($R=0.9997$) como muestra la figura 18, reflejando límites de cuantificación y detección de 0.20 mg. Kg^{-1} y 0.10 mg. Kg^{-1} respectivamente en los granos de soya recogidos en los diferentes comercios encontrando un promedio para el Pb= 97,99%.

Figura 19. Curva de calibración para plomo mediante la espectrometría de absorción atómica con llama



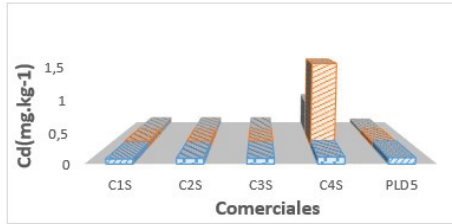
FUENTE: UBALAB 2023

ELABORADO: AUTOR

4.2.2. Concentraciones de Cd y Plomo

Los resultados del laboratorio en cuanto a las concentraciones de cadmio procedentes de los comercios de Mocache fueron: $0.09 \pm 0.01 \text{ mg. Kg}^{-1}$ (C1S); $0.10 \pm 0.01 \text{ mg. Kg}^{-1}$ (C2S), $0.10 \pm 0.01 \text{ mg. Kg}^{-1}$ (C3S), $0.73 \pm 0.68 \text{ mg. Kg}^{-1}$ (C4S) y $0.8 \pm 0.02 \text{ mg. Kg}^{-1}$ (PLD5), es importante destacar que el comercial C4S tuvo la concentración promedio más elevada en relación a los resultados de las demás comerciales como lo muestra la figura 19. Cabe destacar que las muestras recolectadas en todos los comercios proceden directamente de los cultivos sin procesamiento alguno.

Figura 20. Concentraciones de cadmio ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) en granos de soya comercializados en comerciales del cantón Mocache, Ecuador. Donde Φ Muestreo 1, Φ Muestreo 2 y Φ Muestreo 3

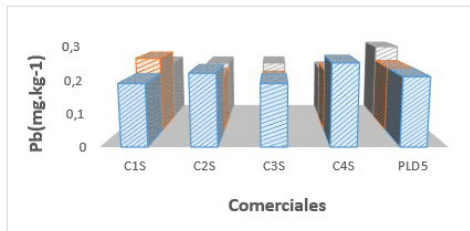


FUENTE: UBALAB 2023

ELABORADO: AUTOR

Los resultados del laboratorio en cuanto a las concentraciones de plomo procedentes de los comerciales de Mocache fueron: $0.21\pm 0.03 \text{ mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$ (C1S), $0.20\pm 0.02 \text{ mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$ (C2S), $0.19\pm 0.02 \text{ mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$ (C3S), $0.21\pm 0.04 \text{ mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$ (C4S) y $0.23\pm 0.03 \text{ mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$ (PLD5), es importante destacar que el cultivo (PLD5) tuvo la concentración promedio más elevada en relación a los resultados de las demás comerciales como lo muestra la figura 20, teniendo en cuenta que las muestras recolectadas en los comerciales vienen de los cultivos fuera de algún procesamiento previo.

Figura 21. Concentraciones de cadmio ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) en granos de soya comercializados en comerciales del cantón Mocache, Ecuador. Donde Φ Muestreo 1, Φ Muestreo 2 y Φ Muestreo 3



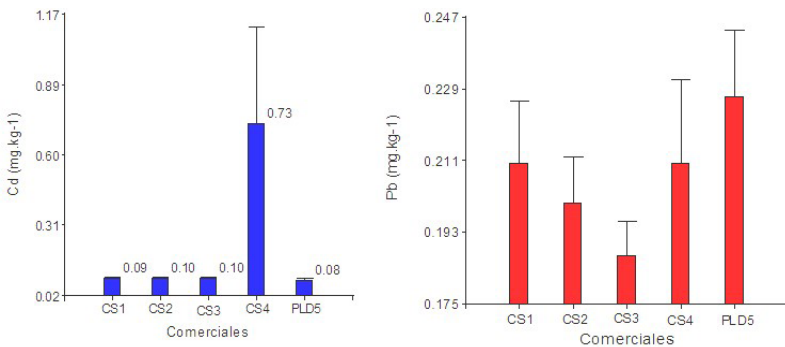
FUENTE: UBALAB 2023

ELABORADO: AUTOR

4.2.3. Análisis de datos

Los resultados demostraron que las medidas de resumen para el cadmio demostraron que el CS4 tiene el promedio más elevado con $0.73 \text{ mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$, además las medidas de resumen para el plomo demostraron que la muestra testigo (PLD5) tiene el promedio más elevado con $0.33 \text{ mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$ en relación a las otras comerciales en relación a las otras comerciales como lo muestra la figura 22.

Figura 22. Concentraciones promedio de cadmio y plomo de las comerciales del cantón Mocache



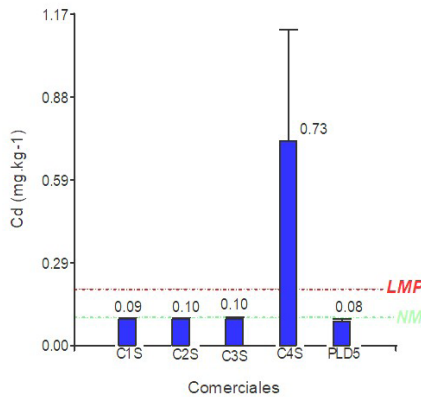
FUENTE: UBALAB 2023

ELABORADO: AUTOR

En base a la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis se demostró que no existen diferencias significativas ($H=7.88$; $p=0.066$) en las concentraciones de cadmio en los granos de soya procedentes de los 4 comerciales y una parcela de cultivo de Mocache. Los promedios del (C1S)(C2S)(C3S) (PLD5) se encuentran por debajo del nivel máximo (NM) recomendado por la FAO/OMS en el *Codex Alimentarius* de $0.1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ cabe mencionar que el comercial (C4S) supera las concentraciones establecido por este organismo regulador, por otra parte en cuanto al límite máximo (LMP) establecido por la Unión Europea de $0.20 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ los comerciales (C1S) (C2S)(C3S)(PLD5) del cantón Mocache se encuentran dentro de estos

límites, pero se encontró que el (C4S) supera las normativas establecidas, demostrando que hay un riesgo en la salud alimentaria como muestra la figura 23.

Figura 23. Comparación de las concentraciones (mg.kg^{-1}) de cadmio en granos de soya comercializados en comerciales de Mocache con los niveles máximo (NM) recomendado por la FAO/OMS y el límite máximo permitido (LMP) establecido por la Unión Europea. (*media \pm desviación estándar*)

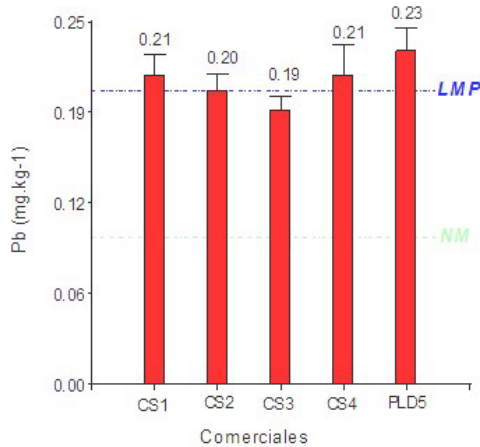


FUENTE: UBALAB 2023

ELABORADO: AUTOR

Basado en la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis se demostró que no existen diferencias significativas ($H=4.50$; $p=0.33$) en las concentraciones de plomo en los granos de soya procedentes de los 4 comerciales y una parcela de cultivo de Mocache. Los promedios de (C1S)(C2S)(C3S) (C4S)(PLD5) superan los límites del nivel máximo (NM) recomendado por la FAO/OMS por otra parte, los promedios de (C1S)(C2S)(C4S) (PLD5) superan el límite máximo (LMP) establecido por la Unión Europea de 0.20 mg.kg^{-1} a excepción de CS3 con un valor de 0.19 mg.kg^{-1} encontrándose por debajo del límite establecido, exponiendo que existen riesgo y contaminación en los granos de soya que son comercializados en el cantón Mocache figura 24.

Figura 24. Comparación de las concentraciones (mg.kg^{-1}) de plomo en granos de soya comercializados en comerciales de Mocache con los niveles máximo (NM) recomendado por la FAO/OMS y el límite máximo permitido (LMP) establecido por la Unión Europea. (*media \pm desviación estándar*)

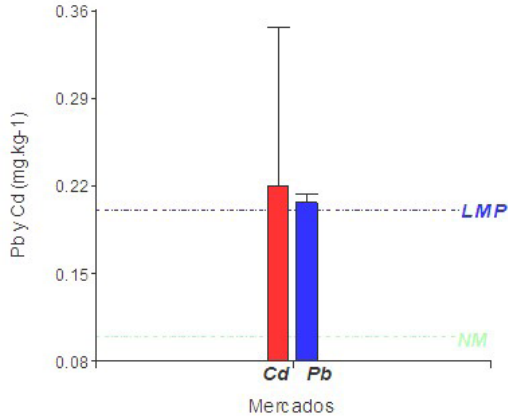


FUENTE: UBALAB 2023

ELABORADO: AUTOR

Los resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis pudieron denotar que no existen diferencias significativas en los comerciales estudiados, los promedios generales en cuanto al cadmio y el plomo fueron: $0.22 \pm 0.37 \text{ mg.kg}^{-1}$ y $0.21 \pm 0.03 \text{ mg.kg}^{-1}$, demostrando que existen riesgo y contaminación de cadmio y plomo en los granos de soya comercializados como muestra la figura 25.

Figura 25. Comparación de los promedios generales del cadmio y plomo de los comerciales del cantón Mocache



FUENTE: UBALAB 2023

ELABORADO: AUTOR

El cantón Mocache presenta contaminación y riesgo por cadmio y plomo en los granos de soja que son comercializados en los diferentes comerciales, debido a que sus niveles se encuentran al límite y superando las concentraciones establecidas por los organismos internacionales (FAO/OMS/UE) respectivamente. Estas altas concentraciones de cadmio en los granos de soja se deben a la actividades minero metalúrgicas, uso de fertilizantes y pesticidas con altas concentraciones de cadmio, además se pueden ver afectadas por factores ambientales como el pH del suelo, la disponibilidad de nutrientes y el estrés abiótico que provoca que la soja tienda a la bioacumulación de metales tóxicos en los granos (S. Zhang et al., 2021).

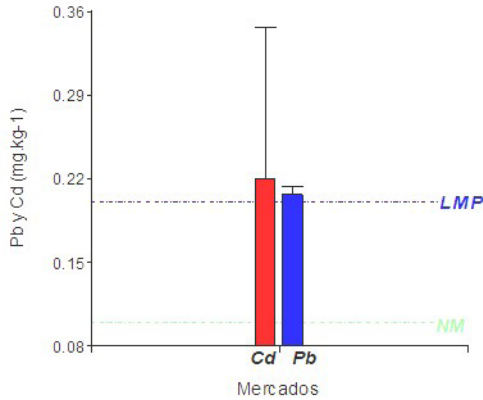
Un estudio realizado en Alemania demostró que el 12.52% de las muestras superan los límites establecidos por la Unión Europea determinando que la mayor contaminación por cadmio fueron las regiones con una gran población debido a las industrias mineras

presentes, el tráfico y la producción de energía. Además, se establecieron que las altas concentraciones de metales pesados en las semillas se identificaron en cultivos proteicos y oleaginoso es por ello que la soya tiende acumular los metales tóxicos en sus granos (Franzaring et al., 2019).

Según P. Sharma & Rama, (2005) demostró que el plomo representa un riesgo para la salud alimentaria, debido a las actividades antropogénicas que realizan para el cultivo y mantenimiento de la soya, provocando la absorción de Pb debido a que la soya tienen la capacidad de absorber cantidades significativas de Pb y, al mismo tiempo, restringen e inhibe la fotosíntesis, alterando la nutrición mineral y el equilibrio hídrico, cambiando el estado hormonal y afectando la estructura y la permeabilidad de la membrana (P. Sharma & Rama, 2005).

Por otra parte a nivel mundial anualmente los cultivos son dañados por especies patógenos como los insectos, ácaros y malezas, por ello la utilización de productos que ayuden a contrarrestar se está volviendo más recurrente a nivel según establece (Alengebawy et al., 2021) en su investigación donde 47.52% para herbicidas, 29.53 % para insecticidas, 17.54 % para fungicidas y 5.51 % para otros pesticidas como muestra la figura 26 lo cual es uno de los principales problemas que causan la acumulación de metales tóxicos en los suelos agrícolas.

Figura 26. Comparación de los promedios generales del cadmio y plomo de los comerciales del cantón Mocache



FUENTE: UBALAB 2023

ELABORADO: AUTOR

El cantón Mocache presenta contaminación y riesgo por cadmio y plomo en los granos de soya que son comercializados en los diferentes comerciales, debido a que sus niveles se encuentran al límite y superando las concentraciones establecidas por los organismos internacionales (FAO/OMS/UE) respectivamente. Estas altas concentraciones de cadmio en los granos de soya se deben a la actividades minero metalúrgicas, uso de fertilizantes y pesticidas con altas concentraciones de cadmio, además se pueden ver afectadas por factores ambientales como el pH del suelo, la disponibilidad de nutrientes y el estrés abiótico que provoca que la soya tienda a la bioacumulación de metales tóxicos en los granos (S. Zhang et al., 2021).

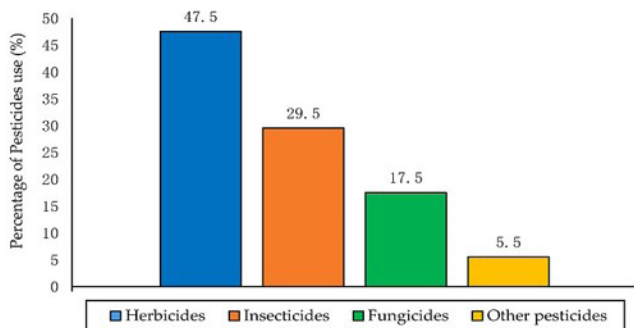
Un estudio realizado en Alemania demostró que el 12.52% de las muestras superan los límites establecidos por la Unión Europea determinando que la mayor contaminación por cadmio fueron las regiones con una gran población debido a las industrias mineras presentes, el tráfico y la producción de energía. Además, se establecieron que las altas

concentraciones de metales pesados en las semillas se identificaron en cultivos proteicos y oleaginoso es por ello que la soya tiende acumular los metales tóxicos en sus granos (Franzaring et al., 2019).

Según P. Sharma & Rama, (2005) demostró que el plomo representa un riesgo para la salud alimentaria, debido a las actividades antropogénicas que realizan para el cultivo y mantenimiento de la soya, provocando la absorción de Pb debido a que la soya tienen la capacidad de absorber cantidades significativas de Pb y, al mismo tiempo, restringen e inhibe la fotosíntesis, alterando la nutrición mineral y el equilibrio hídrico, cambiando el estado hormonal y afectando la estructura y la permeabilidad de la membrana (P. Sharma & Rama, 2005).

Por otra parte a nivel mundial anualmente los cultivos son dañados por especies patógenos como los insectos, ácaros y malezas, por ello la utilización de productos que ayuden a contrarrestar se está volviendo más recurrente a nivel según establece (Alengebawy et al., 2021) en su investigación donde 47.52% para herbicidas, 29.53 % para insecticidas, 17.54 % para fungicidas y 5.51 % para otros pesticidas como muestra la figura 27 lo cual es uno de los principales problemas que causan la acumulación de metales tóxicos en los suelos agrícolas.

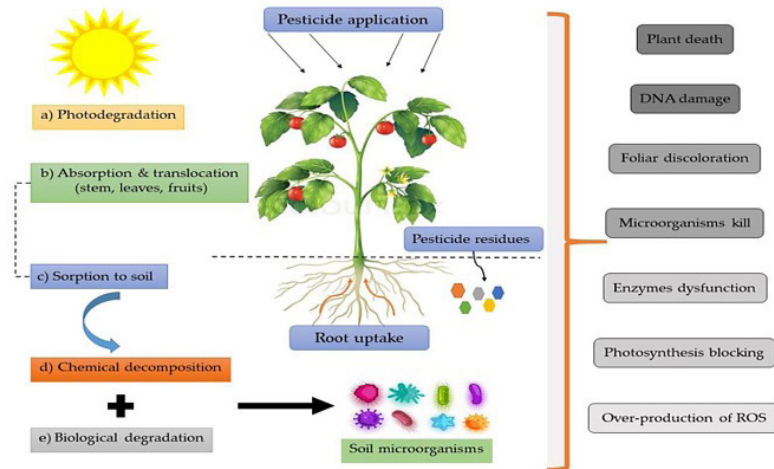
Figura 26. Porcentajes del uso global de pesticidas



Nota: El gráfico representa el uso de pesticidas a nivel global, destacando los herbicidas como principal fuente. Tomado de A. Sharma et al., 2019.

Según (A. Sharma et al., 2019) la distribución de los plaguicidas comienza desde el momento de su aplicación la cual es distribuida a toda la planta a través del xilema hasta llegar a los granos, la cual provoca efectos nocivos para el suelo y para la planta debido al proceso de degradación que sufre los plaguicidas en todo su proceso como muestra la figura 29 a continuación.

Figura 27. Distribución de los plaguicidas en las plantas



Nota: El grafico representa como se translocan los metales pesados a través de la planta hasta llegar al grano . Tomado de A. Sharma et al., 2019.

4.3. Propuesta para reducir y prevenir las concentraciones de cadmio y plomo en granos de soya

4.3.1. Portada

A continuación, la figura muestra 30 la portada de la propuesta ambiental para la reducir y prevenir las concentraciones de cadmio y plomo en granos de soya.

Figura 28. Portada para la propuesta ambiental para la reducir y prevenir las concentraciones de cadmio y plomo en granos de soya



ELABORADO: AUTOR

4.3.2. Introducción

A nivel global uno de los principales desafíos que los países deben abordar es la seguridad alimentaria que está ligada a la salud de las personas, esto se debe a que la soya al ser un elemento esencial que tiene un gran aporte proteico y nutricional para el desarrollo humano, la acumulación de cadmio y plomo plantea riesgos significativos para la salud y la sostenibilidad agrícola enfocadas en la prevención y la reducción de las concentraciones de metales tóxicos en la soya son unos de las prioridades desafíos que se deben afrontar (Villamiel & Méndez-Albiñana, 2022).

Actualmente en Ecuador no tiene un sistema de regulación gubernamental específica para las concentraciones de metales tóxicos, es por ello que existe más presencia de cultivos contaminados con metales tóxicos, debido al comercio interno y externos de los productos como la soya, es por esto que las regulaciones internacionales cada vez son rigurosas en cuanto a los límites máximos permisibles, debido a que con esto se garantiza sistemas de producción de calidad aportando de la seguridad alimentaria del país (Romero-Estévez et al., 2023).

Las altas concentraciones de metales tales tóxicos en la soya principalmente se dan por varios factores como la calidad del suelo, labores para mantenimiento como la labranza, así como también el uso de fertilizantes con altas concentraciones de metales tóxicos, la calidad de que utiliza para el riego, todos estos factores contribuyen a la traslocación de los metales a través de la estructura interna de la soya (Schwalbert et al., 2021).

Las estrategias de prevención y reducción como las prácticas orgánicas, como la rotación de cultivos y el uso de biofertilizantes, trabajan en armonía con la naturaleza para mejorar la salud del suelo y limitar la absorción de metales dañinos. En paralelo, las tecnologías de

remediación, como la fitorremediación y biorremediación, destacan como herramientas prometedoras al emplear plantas y microorganismos para mitigar la presencia de metales en el entorno agrícola.

Con estas estrategias de prevención y mitigación se busca hacer un aporte significativo a la seguridad interna del país, encaminadas a las mejoras de los cultivos y los sistemas de agro producción, para así reducir las enfermedades y los niveles de concentración que son provocados por los metales tóxicos.

4.3.3. Justificación

La propuesta para reducir y prevenir la presencia de metales tóxicos, como el cadmio y el plomo, en la soya son importantes porque permite proteger la salud pública, asegurar la seguridad alimentaria y cumplir con las regulaciones internacionales. Además, contribuye directamente a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente al ODS 3 (Salud y Bienestar) y al ODS 12 (Producción y Consumo Responsables), al tiempo que preserva el medio ambiente al minimizar la contaminación de suelos y agua. Su implementación tiene el potencial de mejorar el bienestar de la población local y garantizar prácticas agrícolas más sostenibles, promoviendo así un desarrollo más saludable y sostenible en el cantón Mocache y más allá. Por lo tanto, se realizó la propuesta para la reducción y prevención de metales tóxicos en la soya, en función a las concentraciones encontradas de cadmio y plomo que fueron de 0.37 ± 0.22 mg.kg⁻¹ y 0.03 ± 0.21 mg.kg⁻¹ respectivamente, las cuales se cuentan fuera de los límites máximos permisibles que establecen los órganos reguladores internacionales, dando a evidenciar que el cantón Mocache hay riesgos y contaminación en los granos de soya que son comercializan de manera interna en el cantón.

4.3.4. Propuesta de mitigación y prevención de cadmio y plomo en granos de soya

La propuesta de mitigación y prevención están encaminadas a dar un aporte significativo a la reducción y mitigación de los niveles de cadmio y plomo, como a continuación muestra la tabla 1.

Tabla 1. Propuesta ambiental para la remediación y disminución de cadmio y plomo en cultivos de soya

Propuesta ambiental para prevención y disminución de cadmio y plomo en cultivos de soya	
Puntos de la propuesta	Desarrollo
Identificación del problema	Los niveles de cadmio y plomo encontrados en los granos de soya comercializados en el cantón Mocache representan riesgo y contaminación a la seguridad alimentaria de los consumidores.
Objetivos	<p>Prevenir y disminuir los niveles de cadmio y plomo en los granos de soya, establecidos por: Codex Alimentarius y de la Unión Europea (FAO/OMS, 1995; UE, 2003):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mejorar las prácticas agrícolas para la implementación de fertilizantes y pesticidas orgánicos para evitar la acumulación de metales tóxicos en el suelo y cultivo. • Fomentar la educación ambiental en agricultores y comunidades locales para promover las practicas sostenibles en el manejo de suelos y cultivos. • Establecer programas de monitoreos continuos en alimentos para la identificación de las fuentes de contaminación. • Incentivar la acción oportuna en base a los niveles de metales tóxicos encontrados considerando los niveles máximos permisibles establecidos por los organismos reguladores internacionales. • Implementar controles de calidad en cuanto a la producción y manejo de la soya para garantizar la disminución de los niveles de cadmio y plomo en los granos de soya. • Fomentar el uso de tecnología de remediación ambiental (fito-remediación, biorremediación, extracción y eliminación) para la reducción de metales en suelos agrícolas.

Estrategias de Control	<p>Las estrategias de control van a permitir cumplir los objetivos propuestos:</p> <ul style="list-style-type: none">• Objetivo 1: Mejorar las prácticas agrícolas para la implementación de fertilizantes y pesticidas orgánicos para evitar la acumulación de metales tóxicos en el suelo y cultivo.• Proporcionar subsidios e incentivos: Ofrecer incentivos financieros o subsidios a los agricultores que hacen la transición a fertilizantes y pesticidas orgánicos, haciendo que la adopción de prácticas sostenibles sea más factible económicamente.• Servicios de Capacitación y Extensión: Desarrollar y entregar programas de capacitación y servicios de extensión para educar a los agricultores sobre el uso y la aplicación adecuados de insumos orgánicos.• Granjas de demostración: Establecer granjas de demostración donde los agricultores puedan observar y aprender las mejores prácticas para el uso de fertilizantes y pesticidas orgánicos.• Apoyo regulatorio: Desarrollar y hacer cumplir regulaciones que promuevan el uso adecuado de insumos orgánicos y restrinjan el uso de químicos tóxicos.• Objetivo 2: Fomentar la educación ambiental en los agricultores y las comunidades locales para promover prácticas sostenibles de manejo de suelos y cultivos.• Integración del currículo: Integrar la educación ambiental para desarrollar programas de divulgación para educar tanto a los agricultores y a las comunidades locales.• Talleres y Capacitación: Organizar talleres, seminarios y sesiones de capacitación para promover técnicas sostenibles de manejo de suelos y cultivos.• Escuelas para agricultores: Establecer escuelas para agricultores donde los agricultores experimentados enseñen a otros sobre prácticas sostenibles a través del aprendizaje práctico.• Objetivo 3: Establecer programas de monitoreo continuo de alimentos para identificar fuentes de contaminación puntuales.• Redes de Vigilancia: Establecer y mantener una red de estaciones de monitoreo para analizar periódicamente muestras de suelo, agua y alimentos en busca de contaminación por metales tóxicos.
-------------------------------	--

- **Sistemas de Respuesta Rápida:** Desarrollar sistemas para permitir la pronta identificación y respuesta a incidentes de contaminación, asegurando acciones correctivas oportunas.
- **Intercambio de datos:** Compartir datos de monitoreo con agencias gubernamentales relevantes y el público para mejorar la transparencia y la rendición de cuentas.
- **Objetivo 4:** Incentivar la acción oportuna en base a los niveles de metales tóxicos encontrados considerando los niveles máximos permisibles establecidos.
- **Adoptar estándares internacionales:** alinear las reglamentaciones nacionales con los estándares internacionales para los niveles permisibles de metales tóxicos en los alimentos, lo que permite una acción rápida basada en los umbrales establecidos.
- **Cumplimiento normativo:** Fortalecer los mecanismos de cumplimiento para garantizar que los productores tomen las medidas necesarias cuando los niveles de metales tóxicos excedan los límites aceptables.
- **Objetivo 5:** Implementar controles de calidad en la producción y manejo de la soya para asegurar que se encuentren dentro de los límites máximos permisibles.
- **Pruebas obligatorias:** Requerir pruebas obligatorias que determinen las concentraciones de metales tóxicos en los cultivos y productos de soya en varias etapas de producción y distribución.
- **Sistemas de trazabilidad:** implemente sistemas de trazabilidad para rastrear el origen y el manejo de la soya, lo que permite retiros rápidos si se detecta contaminación.
- **Restricciones de Acceso a Comerciales:** Establecer mecanismos para restringir la venta o exportación de soya que no cumpla con los estándares de seguridad.
- **Objetivo 6: Fomentar el uso de tecnología de remediación ambiental (fitorremediación, biorremediación, extracción y eliminación) para la reducción de metales en suelos agrícolas.**
- **Investigación y desarrollo:** Invertir en investigación y desarrollo de tecnologías de remediación innovadoras, como la fitorremediación, para reducir los niveles de metales tóxicos en los suelos.
- **Transferencia de tecnología:** Facilitar la transferencia de tecnologías de remediación comprobadas de instituciones de investigación a agricultores.
- **Incentivos para la adopción:** Brindar incentivos financieros a los agricultores que adopten e implementen tecnologías de remediación efectivas en sus tierras.

Plan de acción	<p>Objetivo: Mejorar las prácticas agrícolas implementando el uso de fertilizantes y pesticidas orgánicos para prevenir la acumulación de tóxicos en el suelo y cultivos, contribuyendo así a la seguridad alimentaria y la salud del ecosistema.</p> <p>Contexto: La acumulación de metales tóxicos en suelos y cultivos representa una amenaza para la salud humana y el medio ambiente. La adopción de prácticas agrícolas sostenibles y el uso de insumos orgánicos pueden reducir este problema y promover sistemas de producción más seguros y respetuosos con el entorno.</p> <p>Responsables:</p> <ul style="list-style-type: none">• Agricultores y Cooperativas Locales• Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE)• Instituciones de Investigación Agrícola Nacionales• Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGAP)• Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ)• Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)• Objetivo de desarrollo sostenible que porta (ODS):• Contribuye al ODS 2 (Hambre Cero), ODS 15 (Vida de Ecosistemas Terrestres) y ODS 12 (Producción y Consumo Responsables). <p>Plazo: El plan se llevará a cabo en un período de tres años, con evaluaciones anuales y ajustes según sea necesario.</p> <p>Recursos Disponibles:</p> <ul style="list-style-type: none">• Financiamiento gubernamental y de organizaciones relacionadas con la agricultura sostenible.• Expertos en agricultura orgánica y sostenible.• Talleres y capacitaciones para agricultores.• Materiales educativos sobre el uso de insumos orgánicos. <p>Indicadores de Éxito:</p> <ul style="list-style-type: none">• Reducción medible en la acumulación de metales tóxicos en suelos y alimentos.• Adopción del 75% de los agricultores locales de prácticas con insumos orgánicos.• Disminución del 25% en el uso de fertilizantes y pesticidas químicos.
-----------------------	---

	<ul style="list-style-type: none">• Aumento en la calidad y rendimiento de los cultivos.• Informes anuales de las entidades gubernamentales que indiquen una mejora en la calidad del suelo y la reducción de metales tóxicos en los alimentos. <p>Plan de acción:</p> <p>Fase 1: Sensibilización y Preparación (6 meses)</p> <ul style="list-style-type: none">• Lanzar una campaña de sensibilización para destacar los riesgos de la acumulación de metales tóxicos y los beneficios de las prácticas orgánicas de adopción de compost, estiércol, bacterias fijadoras de nitrógeno como <i>Rhizobium</i> y <i>Azotobacter</i>.• Establecer un equipo de expertos para desarrollar estrategias y directrices de implementación de prácticas agrícolas de acuerdo a las necesidades. <p>Fase 2: Capacitación (12 meses)</p> <ul style="list-style-type: none">• Diseñar y ofrecer talleres de capacitación para agricultores sobre prácticas orgánicas, selección de insumos y manejo de plagas.• Colaborar con instituciones de investigación para ofrecer capacitaciones basadas en investigaciones sobre las mejores prácticas agrícolas para potencializar sus cultivos. <p>Fase 3: Implementación y Monitoreo (24 meses)</p> <ul style="list-style-type: none">• Facilitar la distribución de insumos orgánicos y brindar apoyo técnico a los agricultores en su implementación.• Establecer sistemas de monitoreo como visitas técnicas en fincas piloto para evaluar los resultados de las nuevas prácticas. <p>Fase 4: Evaluación y Ajustes (6 meses)</p> <ul style="list-style-type: none">• Evaluar los resultados obtenidos hasta el momento y compararlos con los indicadores de éxito.• Realizar ajustes en las estrategias según las lecciones aprendidas y la retroalimentación de los agricultores. <p>Fase 5: Escalamiento y Sostenibilidad (12 meses)</p> <ul style="list-style-type: none">• Ampliar la implementación de prácticas orgánicas a nivel comunitario demostrando el beneficio económico y productivos de estas técnicas.• Colaborar con las autoridades reguladoras para promover políticas que incentiven las prácticas orgánicas.
--	--

Objetivo: Fomentar la educación ambiental entre agricultores y comunidades locales para promover prácticas sostenibles en el manejo de suelos y cultivos, contribuyendo al desarrollo agrícola y la conservación del medio ambiente sostenible.

Contexto:

La educación ambiental es fundamental para sensibilizar y capacitar a los agricultores y comunidades locales sobre la importancia de prácticas sostenibles en la agricultura. El manejo adecuado de suelos y cultivos puede mejorar la productividad agrícola y reducir el impacto ambiental.

Responsables:

- Agricultores y Cooperativas Locales
- Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE)
- Instituciones de Investigación Agrícola Nacionales
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGAP)
- Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ)
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)

Objetivo de desarrollo sostenible que porta (ODS):

- Contribuye al ODS 4 (Educación de Calidad), ODS 12 (Producción y Consumo Responsables) y ODS 15 (Vida de Ecosistemas Terrestres)

Plazo:

- El plan se llevará a cabo en un período de uno a dos años, con evaluaciones anuales y ajustes según sea necesario.

Recursos Disponibles:

- Expertos en educación ambiental y comunicación.
- Materiales educativos, como folletos, videos y presentaciones.
- Espacios para talleres y capacitaciones.
- Apoyo de medios de comunicación locales para difundir información.
- Estudiantes de la UTEQ

	<p>Indicadores de Éxito:</p> <ul style="list-style-type: none">• Participación activa del 70% de los agricultores locales en programas de educación ambiental.• Implementación exitosa del 60% de las prácticas sostenibles promovidas en el manejo de suelos y cultivos.• Aumento del 40% en la adopción de métodos de conservación de suelos.• Reducción del 20% en el uso de fertilizantes y pesticidas químicos.• Incremento del 50% en la conciencia ambiental y el conocimiento entre los agricultores y comunidades locales. <p>Plan de acción:</p> <p>Fase 1: Sensibilización y Diseño (6 meses)</p> <ul style="list-style-type: none">• Lanzar una campaña de sensibilización sobre la importancia de la educación ambiental en la agricultura.• Crear un equipo de expertos en educación ambiental para diseñar programas talleres de sensibilización, ferias agrícolas sustentables entre otras. <p>Fase 2: Desarrollo y Adaptación de Contenidos (12 meses)</p> <ul style="list-style-type: none">• Diseñar materiales educativos relevantes y atractivos sobre prácticas sostenibles en el manejo de suelos y cultivos.• Adaptar los contenidos educativos acordes a las necesidades locales de cada zona agrícola. <p>Fase 3: Implementación y Capacitación (18 meses)</p> <ul style="list-style-type: none">• Ofrecer talleres y capacitaciones para agricultores sobre conservación de suelos, manejo integrado de plagas y prácticas orgánicas.• Colaborar con instituciones educativas locales para integrar la educación ambiental en los planos de estudio. <p>Fase 4: Monitoreo y Evaluación (24 meses)</p> <ul style="list-style-type: none">• Establecer sistemas de monitoreo para evaluar la adopción y efectividad de las prácticas sostenibles.• Realizar evaluaciones regulares de la comprensión y actitudes ambientales de los agricultores y las comunidades. <p>Fase 5: Ampliación y Sostenibilidad (12 meses)</p> <ul style="list-style-type: none">• Ampliar la educación ambiental a más comunidades aledañas y con mayores riesgos de presentar contenidos de metales tóxicos en los granos de soya que producen.• Colaborar con las autoridades locales para integrar la educación ambiental en políticas agrícolas y programas de desarrollo y educación ambiental.• Establecer grupos de apoyo entre agricultores para el intercambio continuo de conocimientos y experiencias para optar por las mejores estrategias.
--	---

Objetivo: Establecer programas de monitoreo continuo en alimentos con el propósito de identificar y mitigar fuentes de contaminación, garantizando la seguridad alimentaria y la salud pública.

Contexto:

La contaminación de alimentos por diversas fuentes representa un riesgo significativo para la salud de los consumidores. El establecimiento de programas de monitoreo continuo es esencial para identificar de manera oportuna y precisa las fuentes de contaminación y tomar medidas adecuadas.

Responsables:

- Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE)
- Instituciones de Investigación Agrícola Nacionales
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGAP)
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)

Objetivo de desarrollo sostenible que porta (ODS):

- Contribuye al ODS 4 (Educación de Calidad), ODS 12 (Producción y Consumo Responsables) y ODS 15 (Vida de Ecosistemas Terrestres).

Plazo:

- El plan se desarrollará en un período de tres a cinco años, con etapas de implementación y evaluaciones periódicas.

Recursos Disponibles:

- Expertos en control de calidad alimentaria y análisis de laboratorio.
- Laboratorios equipados con tecnología para pruebas de contaminantes.
- Personal capacitado para la recolección y análisis de muestras.
- Tecnologías de información para el seguimiento y análisis de datos.

Indicadores de Éxito:

- Implementación exitosa de programas de monitoreo continuo en alimentos en un 75% de los comerciales y puntos de venta.
- Reducción del 30% en los casos reportados de enfermedades relacionadas con alimentos contaminados con metales tóxicos.

	<ul style="list-style-type: none">• Aumento del 70% en la confianza de los consumidores en la seguridad alimentaria. <p>Plan de acción:</p> <p>Fase 1: Diseño y Preparación (6 meses)</p> <ul style="list-style-type: none">• Crear un equipo multidisciplinario de expertos en seguridad alimentaria y análisis de laboratorio.• Definir protocolos de prueba, análisis y reporte de resultados para la detección de cadmio y plomo en los alimentos. <p>Fase 2: Implementación Piloto (12 meses)</p> <ul style="list-style-type: none">• Seleccione comerciales o puntos de venta para llevar a cabo el monitoreo piloto.• Capacitar al personal encargado de recolectar muestras y realizar análisis. <p>Fase 3: Expansión y Mejora (18 meses)</p> <ul style="list-style-type: none">• Ampliar la cobertura del monitoreo a más comerciales y puntos de venta.• Refinar los procedimientos y protocolos en base a los resultados y experiencias obtenidas. <p>Fase 4: Análisis y Acciones Correctivas (24 meses)</p> <ul style="list-style-type: none">• Analizar los datos recopilados para identificar patrones y fuentes de contaminación.• Tomar medidas correctivas en colaboración con las empresas alimentarias y productores. <p>Fase 5: Difusión de Resultados y Educación (12 meses)</p> <ul style="list-style-type: none">• Informar a los consumidores sobre los resultados del monitoreo y las acciones tomadas.• Realizar campañas de educación sobre la importancia de la seguridad alimentaria. <p>Fase 6: Evaluación y Continuidad (6 meses)</p> <ul style="list-style-type: none">• Evaluar los resultados y el impacto del programa en relación con los indicadores de éxito.• Establecer mecanismos para la continuación a largo plazo del monitoreo continuo en alimentos.
--	---

Objetivo: Incentivar la acción oportuna en base a los niveles de metales tóxicos encontrados en los granos de soya, considerando los niveles máximos permisibles establecidos organismos reguladores internacionales.

Contexto:

La exposición a niveles elevados de metales tóxicos en alimentos y el medio ambiente puede tener efectos adversos en la salud humana y la ecología. Es esencial contar con un marco de referencia basado en regulaciones internacionales para tomar medidas oportunas y adecuadas en caso de detección de niveles excesivos de metales tóxicos.

Responsables:

- Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE)
- Instituciones de Investigación Agrícola Nacionales
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGAP)

Objetivo de desarrollo sostenible que porta (ODS):

- Contribuye al ODS 2 (Hambre Cero), ODS 3 (Salud y Bienestar) y ODS 12 (Producción y Consumo Responsables)

Plazo:

- El plan se desarrollará en un período de tres años, con fases de implementación y evaluaciones regulares.

Recursos Disponibles:

- Laboratorios de metales equipados con tecnología para pruebas de tóxicos.
- Personal capacitado para recolectar muestras y realizar análisis.
- Recursos de información para el seguimiento de regulaciones.

Indicadores de Éxito:

- Implementación efectiva del 90% de las medidas correctivas posteriores a la detección de niveles excesivos de metales tóxicos.
- Reducción del 30% en la presencia de metales tóxicos en alimentos y el entorno en comparación con años anteriores.
- Cumplimiento del 100% de las normas establecidas por organismos reguladores internacionales.

	<p>Plan de acción:</p> <p>Fase 1: Diseño y Preparación (6 meses)</p> <ul style="list-style-type: none">• Establecer un equipo multidisciplinario de expertos en regulación, salud y medio ambiente.• Investigar y adaptar las directrices internacionales a nivel local para la reducción de los metales tóxicos encontrados en los granos de soya. <p>Fase 2: Implementación de Medidas Correctivas (12 meses)</p> <ul style="list-style-type: none">• Establecer procedimientos claros para la detección, informe y respuesta a niveles excesivos de metales tóxicos.• Colaborar con la industria alimentaria y las empresas para implementar acciones correctivas en cada uno de los procesos que se llevan a cabo para el desarrollo de la soya. <p>Fase 3: Monitoreo y Evaluación Continua (18 meses)</p> <ul style="list-style-type: none">• Establecer monitoreo continuo con visitas técnicas para identificar niveles de metales tóxicos en alimentos y el entorno.• Realizar análisis e informes regulares para el reporte de resultados a las autoridades y al público. <p>Fase 4: Monitoreo y Evaluación (24 meses)</p> <ul style="list-style-type: none">• Informar al público sobre los niveles de metales tóxicos detectados y las medidas tomadas para abordar el problema.• Realizar campañas de educación sobre los riesgos asociados con la exposición a metales tóxicos. <p>Fase 5: Evaluación y Ajustes (6 meses)</p> <ul style="list-style-type: none">• Evaluar la eficacia de las medidas implementadas y su impacto en relación con los indicadores de éxito.• Realizar ajustes en los procedimientos y protocolos según las lecciones aprendidas. <p>Fase 6: Continuidad y Mejora (12 meses)</p> <ul style="list-style-type: none">• Establecer mecanismos como vigilancia continua, normativas más estrictas y etiquetado de calidad para mantener la implementación efectiva de medidas basadas en regulaciones internacionales.• Evaluar la necesidad de mejoras y actualizaciones periódicas de las regulaciones y directrices.
--	--

Objetivo: Implementar controles de calidad efectivos en la producción y manejo de la soya con el fin de garantizar que los niveles de contaminantes y residuos estén dentro de los máximos permisibles, asegurando la seguridad alimentaria y la calidad del producto.

Contexto:La producción de soya puede estar expuesta a contaminantes y residuos que pueden ser perjudiciales para la salud humana y el medio ambiente. La implementación de controles de calidad es esencial para garantizar que la soya cumpla con los estándares de seguridad y calidad establecidos.

Responsables:

- Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE)
- Instituciones de Investigación Agrícola Nacionales
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGAP)
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)

Objetivo de desarrollo sostenible que porta (ODS):

- Contribuye al ODS 3 (Salud y Bienestar), ODS 6 (Agua Limpia y Saneamiento) y ODS 12 (Producción y Consumo Responsables).

Plazo:

- El plan se llevará a cabo en un período de tres a cuatro años, con etapas de implementación y periódicas.

Recursos Disponibles:

- Expertos en control de calidad, análisis de laboratorio y regulaciones alimentarias.
- Laboratorios equipados con tecnología para pruebas de contaminantes y residuos.
- Materiales educativos y de capacitación para productores y empresas procesadoras.
- Tecnologías de información para el seguimiento y análisis de datos.

Indicadores de Éxito:

- Cumplimiento del 95% de la soya producida este dentro de los niveles máximos permisibles de contaminantes establecidos por la FAO/OMS y UE.

<ul style="list-style-type: none">• Reducción del 20% en la presencia de contaminantes y residuos en la soya en comparación con años anteriores.• Implementación exitosa del 90% de las medidas correctivas días en caso de incumplimiento de los requerimientos establecidos por los organismos internacionales. <p>Plan de acción:</p> <p>Fase 1: Diseño y Preparación (6 meses)</p> <ul style="list-style-type: none">• Establecer un equipo multidisciplinario de expertos en control de calidad, análisis de laboratorio y regulaciones alimentarias.• Preparación de los protocolos de regulación para la regulación de los niveles máximos permitidos por los organismos internacionales. <p>Fase 2: Desarrollo de Protocolos y Normativas (12 meses)</p> <ul style="list-style-type: none">• Definir protocolos claros para la producción, recolección, transporte y procesamiento de la soya.• Establecer estándares de contaminantes y residuos permitidos en la soya. <p>Fase 3: Implementación y Capacitación (18 meses)</p> <ul style="list-style-type: none">• Capacitar a productores y empresas procesadoras sobre los nuevos estándares y prácticas de control de calidad internacionales que se deben adoptar.• Realizar auditorías y revisiones periódicas para garantizar el cumplimiento por parte de los agricultores. <p>Fase 4: Monitoreo y Evaluación Continua (24 meses)</p> <ul style="list-style-type: none">• Establecer sistemas de monitoreo continuo para evaluar los niveles de contaminantes y residuos en la soya.• Realizar informes periódicos sobre la reducción de los metales tóxicos en los cultivos y sus efectos nocivos a la salud. <p>Fase 5: Difusión de Resultados y Educación (12 meses)</p> <ul style="list-style-type: none">• Informar al público sobre los niveles de contaminantes y residuos detectados y las medidas de prevención y reducción que se tomarán para poder lograr los resultados deseados.• Realizar campañas de educación sobre la importancia de la seguridad y calidad de la soya. <p>Fase 6: Evaluación y Ajustes (6 meses)</p> <ul style="list-style-type: none">• Evaluar la eficacia de las medidas implementadas y su impacto en relación con los indicadores de éxito.• Realizar ajustes en los procedimientos y protocolos según las lecciones aprendidas.

	<p>Fase 7: Continuidad y Mejora (12 meses)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Establecer mecanismos para mantener la implementación efectiva de controles de calidad en la producción y manejo de la soya. • Evaluar la necesidad de mejoras y actualizaciones periódicas de los estándares y protocolos.
	<p>Objetivo: Fomentar el uso de tecnología de remediación ambiental (fitorremediación, biorremediación, extracción y eliminación) para la reducción de metales en suelos agrícolas.</p> <p>Contexto:La acumulación de metales en suelos agrícolas puede afectar la calidad y productividad de los cultivos, así como tener impactos negativos en la salud humana. La implementación de tecnologías de remediación es esencial para restaurar la salud del suelo y garantizar la producción sostenible de alimentos.</p> <p>Responsables:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) • Instituciones de Investigación Agrícola Nacionales • Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGAP) • Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) <p>Objetivo de desarrollo sostenible que porta (ODS):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contribuye al ODS 15 (Vida de Ecosistemas Terrestres), ODS 13 (Acción por el Clima) y ODS 12 (Producción y Consumo Responsables). <p>Plazo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Expertos en investigación agrícola, tecnología de remediación y análisis de suelos. • Materiales educativos y talleres para agricultores y comunidades. <p>Indicadores de Éxito:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Implementación exitosa de tecnologías de remediación en el 80% de las áreas afectadas por niveles elevados de metales. • Reducción del 40% en los niveles de metales en suelos tratados en comparación con los niveles iniciales. • Aumento del 50% en la productividad de cultivos en áreas donde se aplicarán tecnologías de remediación. • Participación activa del 70% de los agricultores locales en programas de capacitación sobre tecnologías de remediación.

<p>Plan de acción:</p> <p>Fase 1: Investigación y Desarrollo (12 meses)</p> <ul style="list-style-type: none">• Establecer un equipo de expertos en investigación agrícola y tecnología de remediación donde establezca la efectividad de cada una de técnica de remediación y su aplicabilidad en zonas con altos niveles de concentración de metales tóxicos. <p>Fase 2: Pruebas Piloto y Evaluación (18 meses)</p> <ul style="list-style-type: none">• Seleccionar áreas de prueba para la implementación de tecnologías de remediación (fitorremediación, biorremediación, extracción y eliminación) de acuerdo a las características de la zona.• Evaluar la efectividad de las tecnologías y recopilar datos para determinar cuan efectivas fueran según las condiciones en las que se las utilizo. <p>Fase 3: Promoción y Capacitación (18 meses)</p> <ul style="list-style-type: none">• Diseñar y ofrecer talleres de capacitación sobre tecnologías de remediación (fitorremediación, biorremediación, extracción y eliminación) para agricultores y comunidades locales.• Promocionar los beneficios económicos y ambientales de la adopción de tecnologías de remediación. <p>Fase 4: Implementación a Gran Escala (24 meses)</p> <ul style="list-style-type: none">• Ampliar la implementación de tecnologías de remediación en áreas agrícolas afectadas.• Establecer alianzas con empresas de tecnología ambiental para brindar servicios de remediación. <p>Fase 5: Monitoreo y Evaluación Continua (12 meses)</p> <ul style="list-style-type: none">• Establecer sistemas de monitoreo continuo de las concentraciones de metales en el suelo, la biomasa vegetal, la actividad microbiana, los efluentes y las propiedades del suelo para garantizar la implementación y la sostenibilidad de la tecnología de remediación agrícola efectiva. Para evaluar la efectividad a largo plazo de las tecnologías de remediación.• Realice análisis periódicos de suelos y cultivos, incluyendo concentración de metales, biomasa vegetal, microbiología y propiedades del suelo para evaluar la eficacia de las tecnologías de remediación ambiental en suelos agrícolas. <p>Fase 6: Difusión de Resultados (4 meses)</p> <ul style="list-style-type: none">• Comunicar los resultados través de los medios de comunicación y cómo fue su implementación y los beneficios obtenidos al utilizar las técnicas.• Informar a la autoridad de regulación nacionales las medidas correctivas que tuvieron mayor efectividad en cada de sus fases de implantación.
--

ELABORADO: AUTOR

4.3.5. Conclusiones

- Las estrategias de reducción y prevención tienen aportes significativos, para la reducción y prevención de metales tóxicos en los granos de soya es de vital importancia debido a múltiples razones fundamentales. En primer lugar, garantizar la seguridad alimentaria es crucial para proteger la salud de las personas que consumen estos alimentos. La presencia de metales tóxicos como el cadmio y el plomo puede tener efectos adversos a largo plazo en la salud humana, provocando enfermedades crónicas y daños irreparables.
- Las estrategias propuestas reflejan un enfoque para abordar la presencia de metales tóxicos en los granos de soya, alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). La mejora de prácticas agrícolas mediante el uso de fertilizantes y pesticidas orgánicos no solo garantiza alimentos seguros (ODS 2), sino que también preserva la biodiversidad del suelo (ODS 15). La educación ambiental empodera a agricultores y comunidades para adoptar prácticas sostenibles (ODS 4 y ODS 12), mientras que el monitoreo constante de alimentos identifica fuentes de contaminación y protege la salud (ODS 2 y ODS 3) provocando que existan mejores índices en la producción interna y la salud de las personas.

4.4. Discusión de resultados

En el período del año 2017 a 2022, se registró un total de 1092.38 hectáreas de siembra de soya en el cantón Mocache, con un promedio de 3.5 tm/ha, equivalente a 75-77 q/ha . El precio de venta promedio fue de \$260 por tonelada métrica, representando el 54% y el 46% a \$250 por tonelada métrica, respectivamente. Los intermediarios tuvieron el 50% de las ventas, mientras que el 50% restante correspondió a ventas directas al consumidor. En total, se produjeron 83014.25 quintales de soya. El año con mayor siembra fue 2019, con 292.02 hectáreas debido a la alta demanda interna y externa. Según Barragán (2020) (Beatriz et al., 2020) el cantón Quevedo alcanzó un promedio de 3.6 kg/ha y 1.15 kg/ha en cuanto a la producción de soya en 2017, disminuyendo en un 24% la superficie estimada de siembra. El año 2021 registró el menor nivel de productividad, con 51.3 hectáreas sembradas de soya, principalmente debido al impacto de la pandemia del COVID-19 en la agricultura y la seguridad alimentaria, como establece (Gary et al., 2021) en su investigación. Las políticas de restricción impuestas por las autoridades gubernamentales para reducir la mortalidad por el virus resultaron en pérdidas económicas y agrícolas significativas, según (L. Blanco, 2020; Cabrera & Argudo, 2021).

Los análisis de la prueba estadística no paramétrica de Kruskal Wallis demostraron que existe contaminación y riesgos en los granos de soya por metales tóxicos (Cadmio y Plomo) estableciendo valores de 0.22 ± 0.37 mg.kg⁻¹ y 0.21 ± 0.003 respectivamente, esto puede verse influenciado al uso excesivo de agroquímicos y quemas de desechos (Calle, L, 2021). Por otra parte existen investigaciones en otros países sobre las concentraciones cadmio y plomo presentes en los granos de soya, los cuales presentan datos similares a los resultados de la presente investigación, según (Zhao et al., 2014) en su investigación realizada en China se encontró concentraciones de cadmio 0.34 a 2.83 mg.kg⁻¹ para Plomo de 42 a 88mg.kg⁻¹, además (Jurguina et al., 2015) en su investigación realizada en Brasil determinó que contenía valores de cadmio de 0.11 ± 0.07 mg.kg⁻¹ y de plomo 11 ± 1 mg.kg⁻¹ finamente (Barragán et al., 2022)

en su investigación realizada en Ecuador determino valores de cadmio y plomo de 0.04 ± 0.03 mg.kg⁻¹ y 1.01 ± 0.91 mg.kg⁻¹ respetivamente, lo cual demuestra la grave crisis a nivel mundial que se están enfrentando actualmente la soya por la presencia de metales tóxicos en los alimentos que afecta de manera directa a la soberanía alimentaria de los países.

Las medidas de reducción y prevención, como las mejoras de las prácticas agrícolas, uso de tecnologías de remediación y la educación ambiental, ayudan para reducir y prevenir las concentraciones de metales tóxicos en la soya, recibiendo un beneficio mutuo entre el agricultor y el ambiente. Según (Zuma et al., 2023) en su investigación las plantas responden a factores abióticos, por ello al utilizar productos de origen vegetal aumentan el rendimiento de los cultivos y también están contribuyendo a la reducción por estrés de metales tóxicos que se puedan distribuir en toda la planta, resultado la generación de una relación simbiótica entre los microorganismos y la planta. Por otra parte (Kharel et al., 2022) planteó que en Nepal las buenas prácticas agrícolas han tenido beneficios biológicos como el aumento de materia orgánica en suelo hasta un 37% y el aumento alto potencial en cuanto al secuestro de carbono generado, lo que contribuyó a la reducción del uso de los pesticidas hasta en 31%, generando la capacidad de adaptación de estrategias de los agricultores a sequía, el cambio climático y otras crisis, lo que a su vez aumenta la seguridad alimentaria, la resiliencia de los hogares agrícolas y los agroecosistemas, y la sostenibilidad ambiental. Finalmente, existen estrategias de mejoras de cultivos como la fitorremediación, bioacumulación entre otras, según (Zhao et al., 2022) estas permiten limitar la absorción y la traslocación de los metales tóxicos a las partes comestibles, provocando que los metales tóxicos se queden en el suelo y el los residuos de los cultivos, provocando que se esta estrategia sea muy utilizada para la remediación de los suelos y su incidencia en la seguridad alimentaria.



CAPÍTULO V.
CONCLUSIONES

5.1 Conclusiones

En base a lo expuesto a lo largo de este proyecto de investigación se concluyó lo siguiente:

- En base a la estimación de la superficie de siembra de los cultivos de soya en el cantón Mocache, mediante herramientas SIG (ArcGIS) se evidenció que el año 2021 tuvo la menor producción de soya con 50.32 hectáreas lo que representó el (4.7%) de la superficie total sembrada de todo el cantón, debido a múltiples acontecimientos como el COVID-19 que fue una de las principales razones por lo que los sistemas de producción bajaron su rendimiento considerablemente en todo el país.
- Según los resultados obtenidos mediante la cuantificación de cadmio y plomo utilizando la técnica de espectrometría de absorción atómica con llama bajo el método de laboratorio "NMLK-AOAC 999.11" y siguiendo la norma ISO/IEC 17025, se llegó a la conclusión de que, en el caso del cadmio, el comercial 4 (CS4) de soya presentó un promedio de 0.73 mg.kg-1, mientras que en el caso del plomo, los comerciales 1, 4 y 5 (CS1, CS4, PLD5) mostraron promedios de 0,21 mg.kg-1, 0,21 mg.kg-1 y 0,23 mg.kg-1, respectivamente. Estas cifras superaron los límites máximos establecidos tanto por el Codex Alimentarius (Cd=0,10 mg/kg)(Pb=0,10 mg/kg)) como por la Unión Europea (FAO/OMS, 1995; UE, 2003)(Cd=0,20 mg/kg)(Pb=0,20 mg/kg). Estos hallazgos indican la presencia de contaminación y representan un riesgo significativo para la seguridad alimentaria en el cantón.
- Las estrategias de reducción y prevención, como mejora de prácticas agrícolas, basados en la rotación de cultivos, uso eficiente del agua y la fertilización, además del uso de abonos y pesticidas orgánicos como, aceites esenciales, compost, humus de lombriz y fertilizantes a bases de algas permiten mantener las concentraciones de cadmio y plomo por debajo de los límites máximos permisibles establecidos por los organismos reguladores como la FAO/OMS (0.10 mg.kg-1) la Unión Europea (0.20 mg.kg-1), contribuyendo a la seguridad alimentaria y el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenibles (ODS) del cantón Mocache.

Bibliografía

- Adam Augustyn . (2023). Lead | Definition, Uses, Properties, & Facts | Britannica. <https://www.britannica.com/science/lead-chemical-element>
- Alengebawy, A., Abdelkhalek, S. T., Qureshi, S. R., & Wang, M. Q. (2021). Heavy Metals and Pesticides Toxicity in Agricultural Soil and Plants: Ecological Risks and Human Health Implications. *Toxics*, 9(3), 1–34. <https://doi.org/10.3390/TOXICS9030042>
- Al-Saleh, I., Al-Rouqi, R., Elkhatib, R., Abduljabbar, M., & Al-Rajudi, T. (2017). Risk assessment of environmental exposure to heavy metals in mothers and their respective infants. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 220(8), 1252–1278. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2017.07.010>
- Antisari, L. V., Orsini, F., Marchetti, L., Vianello, G., & Gianquinto, G. (2015). Heavy metal accumulation in vegetables grown in urban gardens. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(3), 1139–1147. <https://doi.org/10.1007/S13593-015-0308-Z>
- AOAC Int, J. (2002). AOAC Official Method 999.11 Determination of Lead, Cadmium, Copper, Iron, and Zinc in Foods Atomic Absorption Spectrophotometry after Dry Ashing First Action 1999 NMLK–AOAC Method.
- Balzarini, M., Gonzáles, L., Tablada, M., Casanoves, F., Di Rienzo, J., & Robledo, C. (2008). Infostat: Manual del usuario. https://www.researchgate.net/publication/283491340_Infostat_manual_del_usuario
- Beatriz, B., Osorio, G., Monrroy, R. B., Ochoa, L. S., Rivero Herrada, M., Beatriz González Osorio, B., & Barragán Monrroy, R. (2020). Influencia de las variables climáticas en el rendimiento de cultivos transitorios en la provincia Los Ríos, Ecuador. 47(4), 54–64. <http://cagricola.uclv.edu.cu>
- Bernhoft, R. A. (2013). Cadmium toxicity and treatment. *The Scientific World Journal*, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/394652>
- Blanco, A., Salazar, M. J., Vergara Cid, C., Pignata, M. L., & Rodriguez, J. H. (2017). Accumulation of lead and associated metals (Cu and Zn) at different growth stages of soybean crops in lead-contaminated soils: food security and crop quality implications. *Environmental Earth Sciences*, 76(4). <https://doi.org/10.1007/s12665-017-6508-x>
- Blanco, L. (2020). El sector agropecuario frente al COVID-19. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 8(1), 1–2. <https://doi.org/10.36610/JJSAB.2020.080100001>
- Cabrera, A., & Argudo, K. (2021). El COVID-19 y su impacto en el comercio internacional del Ecuador durante el periodo 2020-2021.
- Calle, A. (2021). Contaminación por agroquímicos y acumulación de cadmio y plomo en suelos dedicados a la producción de cacao del sector la isla recinto la resistencia en el cantón coronel marcelino maridueña. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6393/1/T-UTEQ-054.pdf>

- Campoverde, F., & Campoverde, N. (2020). La tasa de Mortalidad General del Ecuador del INEC subestima erróneamente al Cáncer. 30. <https://doi.org/10.33821/488>
- Centers for Disease Control and Prevention. (2017). https://www.cdc.gov/biomonitoring/Cadmium_FactSheet.html
- Corguinha, A. P. B., Souza, G. A. de, Gonçalves, V. C., Carvalho, C. de A., Lima, W. E. A. de, Martins, F. A. D., Yamanaka, C. H., Francisco, E. A. B., & Guilherme, L. R. G. (2015). Assessing arsenic, cadmium, and lead contents in major crops in Brazil for food safety purposes. *Journal of Food Composition and Analysis*, 37, 143–150. <https://doi.org/10.1016/J.JFCA.2014.08.004>
- Dharma, W. (2018). Fertilizer usage and cadmium in soils, crops and food. *Environmental Geochemistry and Health*, 40(6), 2739–2759. <https://doi.org/10.1007/s10653-018-0140-x>
- FAO/OMS. (1995). Norma General del Codex Stan 193-1995, para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos. Codex Stan 193_1995, 1-48.
- FAOSTAT. (2023). Producción. <https://www.fao.org/faostat/en/#country/58>
- Flora, G., Gupta, D., & Tiwari, A. (2012). Toxicity of lead: A review with recent updates. *Interdisciplinary Toxicology*, 5(2), 47. <https://doi.org/10.2478/V10102-012-0009-2>
- Franzaring, J., Fangmeier, A., Schlosser, S., & Hahn, V. (2019). Cadmium concentrations in German soybeans are elevated in conurbations and in regions dominated by mining and the metal industry. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(7), 3711–3715. <https://doi.org/10.1002/JSFA.9548>
- Gary, B., Zúñiga, L., Aliyah, K., Moreno, B., Calderón, S., Margarita, T., & Ale, L. (2021). Impactos del COVID-19 en la agricultura y la seguridad alimentaria. 47(1), 72–82. <http://cagricola.uclv.edu.cu>
- Hayat, M. T., Nauman, M., Nazir, N., Ali, S., & Bangash, N. (2018). Environmental Hazards of Cadmium: Past, Present, and Future. In *Cadmium Toxicity and Tolerance in Plants: From Physiology to Remediation* (pp. 163–183). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814864-8.00007-3>
- Holubek, R., Deckert, J., Zinicovscaia, I., Yushin, N., Vergel, K., Frontasyeva, M., Sirotkin, A. v., Bajia, D. S., & Chmielowska-Bak, J. (2020). The Recovery of Soybean Plants after Short-Term Cadmium Stress. *Plants* 2020, Vol. 9, Page 782, 9(6), 782. <https://doi.org/10.3390/PLANTS9060782>
- Hussain, S., Rengel, Z., Qaswar, M., Amir, M., & Zafar-ul-Hye, M. (2019a). Arsenic and Heavy Metal (Cadmium, Lead, Mercury and Nickel) Contamination in Plant-Based Foods. In *Plant and Human Health, Volume 2* (pp. 447–490). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-03344-6_20
- Hussain, S., Rengel, Z., Qaswar, M., Amir, M., & Zafar-ul-Hye, M. (2019b). Arsenic and Heavy Metal (Cadmium, Lead, Mercury and Nickel) Contamination in Plant-Based Foods. *Plant and Human Health, Volume 2*, 447–490. https://doi.org/10.1007/978-3-030-03344-6_20

- INEC. (2021). Módulo de Información Ambiental y Tecnificación Agropecuaria. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Modulo_Ambiental_ESPAC_2020/PRINC_RESUL_MOD_AGROTEC_2020_08_4.pdf
- INEC-ESPAC, & MGA. (2022). Información Productiva Territorial. <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>
- Johansen, S., Poste, A., Allan, I., Evenset, A., & Carlsson, P. (2021). Terrestrial inputs govern spatial distribution of polychlorinated biphenyls (PCBs) and hexachlorobenzene (HCB) in an Arctic fjord system (Isfjorden, Svalbard). *Environmental Pollution*, 281, 116963. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2021.116963>
- Khalili, E., Phd, S. ;, Moshtaghi, H., Phd, B. ;, & Heydari, A. (2018). Heavy Metal Accumulation in Soybeans Cultivated in Iran, 2015-2016. *Journal of Nutrition and Food Security*, 3(1), 27–32. <http://jnfs.ssu.ac.ir/article-1-126-en.html>
- Khan, S., Cao, Q., Zheng, Y. M., Huang, Y. Z., & Zhu, Y. G. (2008). Health risks of heavy metals in contaminated soils and food crops irrigated with wastewater in Beijing, China. *Environmental Pollution*, 152(3), 686–692. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2007.06.056>
- Kharel, M., Dahal, B. M., & Raut, N. (2022). Good agriculture practices for safe food and sustainable agriculture in Nepal: A review. *Journal of Agriculture and Food Research*, 10, 100447. <https://doi.org/10.1016/J.JAFR.2022.100447>
- Kiker, G. A., Bridges, T. S., Varghese, A., Seager, P. T. P., & Linkov, I. (2005). Application of multicriteria decision analysis in environmental decision making. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 1(2), 95–108. https://doi.org/10.1897/IEAM_2004A-015.1
- Koseková, P., Zvířina, O., Pruša, T., Coufalík, P., & Hreová, E. (2020). Estimation of cadmium load from soybeans and soy-based foods for vegetarians. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(2). <https://doi.org/10.1007/S10661-019-8034-7>
- Ladrón de Guevara, R., Paredones, R., Peña, V., & Gómez, A. (2020). Influencia del nivel de avance educativo y el género en la toma de decisiones financieras: una aproximación desde la Prospect Theory. *Revista Finanzas y Política Económica*, 12(1), 19–54. <https://doi.org/10.14718/REVFINANZPOLITECON.V12.N1.2020.3092>
- Latimer, G. (2016). Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL (20th Edition). AOAC INTERNATIONAL. (20th ed.).
- Lenntech. (2023). <https://www.lenntech.com/processes/heavy/heavy-metals/heavy-metals.htm>
- Li, C., Zhou, K., Qin, W., Tian, C., Qi, M., Yan, X., & Han, W. (2019). A Review on Heavy Metals Contamination in Soil: Effects, Sources, and Remediation Techniques. In *Soil and Sediment Contamination* (Vol. 28, Issue 4, pp. 380–394). Taylor and Francis Inc. <https://doi.org/10.1080/15320383.2019.1592108>
- Luch, A. (Ed.). (2012). *Molecular, Clinical and Environmental Toxicology* (Vol. 101). Springer Basel. <https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8340-4>

- Naciones Unidas Ecuador. (2023). ODS 3- SALUD Y BIENESTAR. <https://ecuador.un.org/es/sdgs/3>
- Ogawa, Y., Tokunaga, E., Kobayashi, O., Hirai, K., & Shibata, N. (2020). Current Contributions of Organofluorine Compounds to the Agrochemical Industry. *IScience*, 23(9). <https://doi.org/10.1016/J.ISCI.2020.101467>
- Organización Mundial de la Salud. (2022, April). Inocuidad de los alimentos. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>
- Painii, V., Santillán, O., Barcos, M., Portalanza, D., Durigon, A., & Garcés, F. (2020). Towards indicators of sustainable development for soybeans productive units: a multicriteria perspective for the Ecuadorian coast. *Ecological Indicators*, 119. <https://doi.org/10.1016/j.ecoind.2020.106800>
- Politécnica Salesiana Ecuador Gallegos, U. (2012). LA GRANJA. *Revista de Ciencias de la Vida*. 15(1), 18–25. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476047399003>
- Pourang, N., & Noori, A. S. (2012). Assessment of metals in fourteen species of vegetables and crops cultivated in a suburban area using multivariate analyses. *Toxicological and Environmental Chemistry*, 94(4), 694–712. <https://doi.org/10.1080/02772248.2012.672574>
- Rai, P. K., Lee, S. S., Zhang, M., Tsang, Y. F., & Kim, K. H. (2019a). Heavy metals in food crops: Health risks, fate, mechanisms, and management. *Environment International*, 125, 365–385. <https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2019.01.067>
- Rai, P. K., Lee, S. S., Zhang, M., Tsang, Y. F., & Kim, K. H. (2019b). Heavy metals in food crops: Health risks, fate, mechanisms, and management. In *Environment International* (Vol. 125, pp. 365–385). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.01.067>
- Rehman, Z. U., Khan, S., Brusseau, M. L., & Shah, M. T. (2017). Lead and cadmium contamination and exposure risk assessment via consumption of vegetables grown in agricultural soils of five-selected regions of Pakistan. *Chemosphere*, 168, 1589–1596. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.11.152>
- Romero-Estévez, D., Yáñez-Jácome, G. S., & Navarrete, H. (2023). Non-essential metal contamination in Ecuadorian agricultural production: A critical review. *Journal of Food Composition and Analysis*, 115, 104932. <https://doi.org/10.1016/J.JFCA.2022.104932>
- Schwalbert, R., Stefanello, L. O., Schwalbert, R. A., Tarouco, C. P., Drescher, G. L., Trentin, E., Tassinari, A., da Silva, I. B., Brunetto, G., & Nicoloso, F. T. (2021). Soil tillage affects soybean growth and promotes heavy metal accumulation in seeds. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 216, 112191. <https://doi.org/10.1016/J.ECOENV.2021.112191>
- Sharma, A., Kumar, V., Shahzad, B., Tanveer, M., Sidhu, G. P. S., Handa, N., Kohli, S. K., Yadav, P., Bali, A. S., Parihar, R. D., Dar, O. I., Singh, K., Jasrotia, S., Bakshi, P., Ramakrishnan, M., Kumar, S., Bhardwaj, R., & Thukral, A. K. (2019). Worldwide pesticide usage and its impacts on ecosystem. *SN Applied Sciences*, 1(11), 1–16. <https://doi.org/10.1007/S42452-019-1485-1/TABLES/4>

- Sharma, P., & Rama, D. (2005). Lead toxicity in plants. 17, 35–52.
- Singer, J. M., Pedroso-de-Lima, A. C., Tanaka, N. I., & González-López, V. A. (2007). ¿To triplicate or not to triplicate? *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 86(1), 82–85. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOLAB.2006.08.008>
- Tchounwou, P. B., Yedjou, C. G., Patlolla, A. K., & Sutton, D. J. (2012). Heavy Metals Toxicity and the Environment. *EXS*, 101, 133. https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8340-4_6
- UE. (2003). Legislación de la Unión Europea de contaminantes químicos en productos alimentarios 1. 11.
- Villamiel, M., & Méndez-Albiñana, P. (2022). Update of challenges for food quality and safety management. *Journal of Agriculture and Food Research*, 10, 100393. <https://doi.org/10.1016/J.JAFR.2022.100393>
- Zhang, S., Song, J., Wu, L., & Chen, Z. (2021). Worldwide cadmium accumulation in soybean grains and feasibility of food production on contaminated calcareous soils. *Environmental Pollution*, 269. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116153>
- Zhang, T., Xu, W., Lin, X., Yan, H., Ma, M., & He, Z. (2019). Assessment of heavy metals pollution of soybean grains in North Anhui of China. *Science of the Total Environment*, 646, 914–922. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.335>
- Zhao, F. J., Tang, Z., Song, J. J., Huang, X. Y., & Wang, P. (2022). Toxic metals and metalloids: Uptake, transport, detoxification, phytoremediation, and crop improvement for safer food. *Molecular Plant*, 15(1), 27–44. <https://doi.org/10.1016/J.MOLP.2021.09.016>
- Zhi, Y., Sun, T., Zhou, Q., & Leng, X. (2020). Screening of safe soybean cultivars for cadmium contaminated fields. *Scientific Reports* 2020 10:1, 10(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69803-4>
- Zuma, M., Arthur, G., Cooposamy, R., & Naidoo, K. (2023). Incorporating cropping systems with eco-friendly strategies and solutions to mitigate the effects of climate change on crop production. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14, 100722. <https://doi.org/10.1016/J.JAFR.2023.100722>

ANEXOS

- **Anexo A**



Bodega centro (C1S)

- **Anexo B**



Supertienda (C2S)

- **Anexo C**



Comercial (C3S)

- **Anexo D**



Viveres Lucerito (CS4)

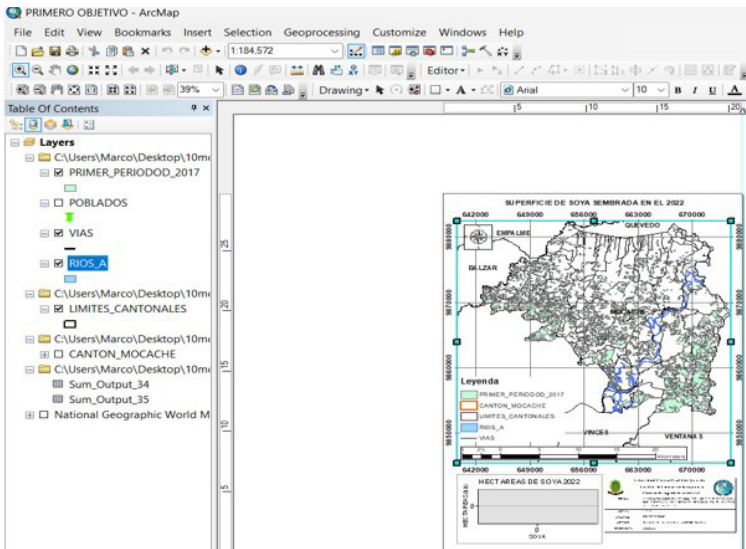
Acumulación de metales pesados en granos de soya (*Glycine max*) provenientes de una zona semi húmeda tropical del Ecuador

• Anexo E



Testigo Párraga (PLD5)

• Anexo F



Procesamiento de datos en ArcGIS

• Anexo G



Toma de muestra (soya) en los comerciales del cantón Mocache

- Anexo H



Muestras de soya del mes de febrero

- Anexo I



Muestras de soya del mes de marzo

- Anexo J



Muestras de soja del mes de abril

- Anexo K



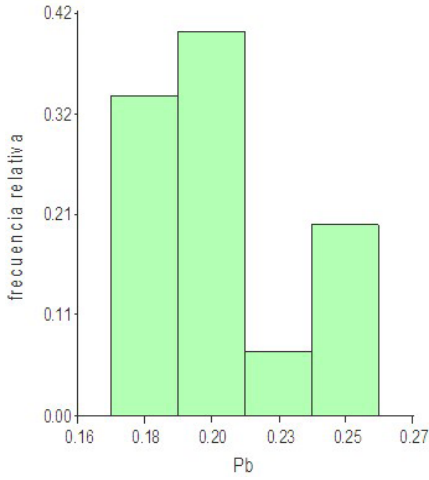
CONSTANTINE MACIAS MARCO ANTONIO - 175151515001

HISTORIAL DE CDA

# ORDEN	TIPO DE MUESTRA	CLIENTE	FECHA DE RECEPCION	FECHA DE ENTREGA	DIAS	ESTADO	DESCARGA
35203	Soya	CONSTANTINE MACIAS MARCO ANTONIO	12-05-2023	15-05-2023	5	LIBRO	Descarga
35202	Soya	CONSTANTINE MACIAS MARCO ANTONIO	12-05-2023	15-05-2023	5	LIBRO	Descarga
35201	Soya	CONSTANTINE MACIAS MARCO ANTONIO	12-05-2023	15-05-2023	5	LIBRO	Descarga
35200	Soya	CONSTANTINE MACIAS MARCO ANTONIO	12-05-2023	15-05-2023	5	LIBRO	Descarga
35199	Soya	CONSTANTINE MACIAS MARCO ANTONIO	12-05-2023	15-05-2023	5	LIBRO	Descarga
35198	Soya	CONSTANTINE MACIAS MARCO ANTONIO	12-05-2023	15-05-2023	5	LIBRO	Descarga
35197	Soya	CONSTANTINE MACIAS MARCO ANTONIO	12-05-2023	15-05-2023	5	LIBRO	Descarga
35196	Soya	CONSTANTINE MACIAS MARCO ANTONIO	12-05-2023	15-05-2023	5	LIBRO	Descarga
35195	Soya	CONSTANTINE MACIAS MARCO ANTONIO	12-05-2023	15-05-2023	5	LIBRO	Descarga
35194	Soya	CONSTANTINE MACIAS MARCO ANTONIO	12-05-2023	15-05-2023	5	LIBRO	Descarga
35193	Soya	CONSTANTINE MACIAS MARCO ANTONIO	12-05-2023	15-05-2023	5	LIBRO	Descarga
35192	Soya	CONSTANTINE MACIAS MARCO ANTONIO	12-05-2023	15-05-2023	5	LIBRO	Descarga
35191	Soya	CONSTANTINE MACIAS MARCO ANTONIO	12-05-2023	15-05-2023	5	LIBRO	Descarga
35190	Soya	CONSTANTINE MACIAS MARCO ANTONIO	12-05-2023	15-05-2023	5	LIBRO	Descarga
35189	Soya	CONSTANTINE MACIAS MARCO ANTONIO	12-05-2023	15-05-2023	5	LIBRO	Descarga

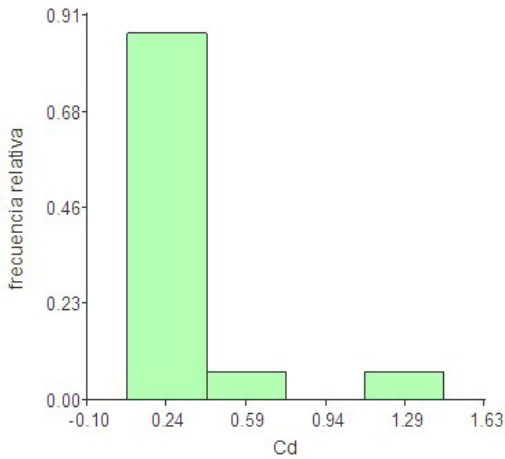
Resultados proporcionados por el laboratorio

- **Anexo L**



Frecuencia relativa para el plomo

- **Anexo M**



Frecuencia relativa para el cadmio

• Anexo N

Medidas de resumen de cadmio y plomo

Comercial	Variable	n	Media	D.E.
COMERCIAL #1	Cd	3	0.09	0.01
COMERCIAL #1	Pb	3	0.21	0.03
COMERCIAL #2	Cd	3	0.10	0.01
COMERCIAL #2	Pb	3	0.20	0.02
COMERCIAL #3	Cd	3	0.10	0.01
COMERCIAL #3	Pb	3	0.19	0.02
COMERCIAL #4	Cd	3	0.73	0.68
COMERCIAL #4	Pb	3	0.21	0.04
PILADORA #5	Cd	3	0.08	0.02
PILADORA #5	Pb	3	0.23	0.03

Medidas de resumen de cadmio y plomo

• Anexo Ñ

Variable	n	Media	D.E.	W*	p (Unilateral D)
Cd	15	0.22	0.37	0.46	<0.0001
Pb	15	0.21	0.03	0.90	0.2292

Consideraciones estadísticas estadísticamente P (+ 0.05) y P (- 0.05)

• Anexo O

Variable	Comercial	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Cd	COMERCIAL #1	3	0.09	0.01	0.10	7.88	0.0665
Cd	COMERCIAL #2	3	0.10	0.01	0.10		
Cd	COMERCIAL #3	3	0.10	0.01	0.10		
Cd	COMERCIAL #4	3	0.73	0.68	0.61		
Cd	PILADORA #5	3	0.08	0.02	0.08		

Prueba no paramétrica Kruskal Wallis para cadmio

Anexo P

Variable	Comercial	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Pb	COMERCIAL #1	3	0.21	0.03	0.20	4.50	0.3301
Pb	COMERCIAL #2	3	0.20	0.02	0.20		
Pb	COMERCIAL #3	3	0.19	0.02	0.19		
Pb	COMERCIAL #4	3	0.21	0.04	0.20		
Pb	PILADORA #5	3	0.23	0.03	0.21		

Prueba no paramétrica Kruskal Wallis para plomo

Acumulación de metales pesados en granos de soya (*Glycine max*)
provenientes de una zona semi húmeda tropical del Ecuador

• Anexo Q

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Cd	Pb	Comercial	Codigo				
2	0.1	0.2	COMERCIAL #1	C1SA3				
3	0.1	0.24	COMERCIAL #1	C1SF1				
4	0.1	0.2	COMERCIAL #1	C1SM2				
5	0.1	0.22	COMERCIAL #2	C2SA3				
6	0.1	0.2	COMERCIAL #2	C2SF1				
7	0.1	0.2	COMERCIAL #2	C2SM2				
8	0.1	0.2	COMERCIAL #3	C3SM2				
9	0.1	0.2	COMERCIAL #3	C3SF1				
10	0.1	0.2	COMERCIAL #3	C3SA3				
11	0.1	0.25	COMERCIAL #4	C4SM2				
12	1.46	0.2	COMERCIAL #4	C4SF1				
13	0.61	0.2	COMERCIAL #4	C4SA3				
14	0.1	0.2	TESTIGO #5	PLDM2				
15	0.1	0.21	TESTIGO #5	PLDF1				
16	0.1	0.26	TESTIGO #5	PLDA3				
17								

Concentraciones de cadmio y plomo



Dr. EDUARDO DÍAZ OCAMPO, Ph.D.
RECTOR

Ing. YENNY GUISELLI TORRES NAVARRETE, Ph.D.
VICERRECTORA ACADÉMICA

Ing. BOLÍVAR ROBERTO PICO SALTOS, M.Sc.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO

Econ. CARLOS EDISON ZAMBRANO, Ph.D.
DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN - DICYT




www.uteq.edu.ec

