

Presencia de metales tóxicos en soya (*Glycine max* L) procedentes del cantón Mocache, Ecuador

Presence of toxic metals in soybean (Glycine max L) from Mocache canton, Ecuador

Roberto Johan Barragan Monrroy¹ Marco Antonio Constantine Macias¹ Betty González Osorio¹
Nelson Mecías Herrera¹ Carla Maria Sabando Cedeño¹

¹Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Dirección para recibir correspondencia: roberto.barragan2014@uteq.edu.ec

Recibido: 18/04/2024

Revisión: 18/09/2024

Aceptado: 28/10/2024

Resumen

El propósito de la presente investigación consistió en determinar las cantidades de cadmio y plomo presentes en muestras de soya (*Glycine max* L) recolectadas en el cantón Mocache, Ecuador. Se tomaron muestras de cuatro tiendas de alimento y una plantación durante los meses de febrero, marzo y abril. Utilizando la espectrometría de absorción con llama y el método "NMLK-AOAC 999.11" en un espectrómetro Perkin Elmer HGA-500, se determinaron concentraciones promedio de $0,22 \pm 0,37$ mg/kg y $0,21 \pm 0,03$ mg/kg para cadmio y plomo respectivamente. Estas cifras excedieron los límites máximos permitidos según las normativas internacionales. Los resultados resaltan una preocupante situación de seguridad alimentaria en la localidad, subrayando la urgencia de implementar estrategias efectivas de gestión y control de metales tóxicos en la producción y comercialización de soya.

Palabras claves: plomo, espectrometría de absorción atómica, metano, cadmio, contaminación, cuantificación.

Abstract

The purpose of this research was to determine the amounts of cadmium and lead present in samples of soybean (*Glycine max* L) collected in the canton of Mocache, Ecuador. Samples were taken from four feed stores and one plantation during the months of February, March and April. Using flame absorption spectrometry and the "NMLK-AOAC 999.11" method in a Perkin Elmer HGA-500 spectrometer, average concentrations of 0.22 ± 0.37 mg/kg and 0.21 ± 0.03 mg/kg were determined for cadmium and lead, respectively. These figures exceeded the maximum allowable limits according to international regulations. The results highlight a worrisome food safety situation in the locality, underscoring the urgency of implementing effective strategies for the management and control of toxic metals in soybean production and marketing.

Key words: lead, atomic absorption spectrometry, methane, cadmium, contamination, quantification.



Introducción

Los elementos nocivos, como el cadmio (Cd) y el plomo (Pb), son contaminantes ambientales importantes, particularmente en áreas con alta presión antropogénica (Antisari et al., 2015). Dado que el Cd y el Pb están presentes en el suelo, el agua y la atmósfera, su bioacumulación es muy peligrosa para la salud de las personas (Rai et al., 2019). El Cd y el Pb son metales que las plantas absorben en grandes cantidades porque pueden soportar concentraciones superiores a sus requerimientos fisiológicos sin efectos adversos (Chacón, 2019).

Las alteraciones en las funciones biológicas de las personas están asociadas a la interacción con metales tóxicos, ya que poseen la capacidad de acumularse en el cuerpo, lo que conlleva una variedad de síntomas y enfermedades cuya gravedad varía según la cantidad presente. Como resultado, estas consecuencias pueden tener un impacto significativo en los procesos metabólicos al generar estrés oxidativo y afectar a las células, especialmente al ADN y las proteínas (Apraez, 2023).

Los estudios epidemiológicos han demostrado que una baja exposición al Cd puede causar enfermedades relacionadas con la densidad ósea, lo que lleva a la osteoporosis a una edad temprana. De igual manera, la exposición al Pb puede causar anomalías cognitivas y neurológicas en los seres humanos, provocando consecuencias irreversibles a largo plazo (Luch, 2012; Al-Saleh et al., 2017). Para el Cd, la Organización Mundial de la Salud (OMS) establece un límite de ingesta semanal provisional de 7 microgramos por kilogramo de peso corporal y para el Pb, establece un valor de referencia de 10 microgramos por decilitro ($\mu\text{g}/\text{dL}$) de sangre (Ruiz, 2022; Villanueva & Romero, 2020).

Los cultivos de *Glycine max* L (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). Sin embargo, se enfrentan a desafíos significativos en diversas regiones del mundo, así como el norte de Anhui de China en donde existen graves problemas de contaminación por metales tóxicos en plantaciones de soya, causado por el

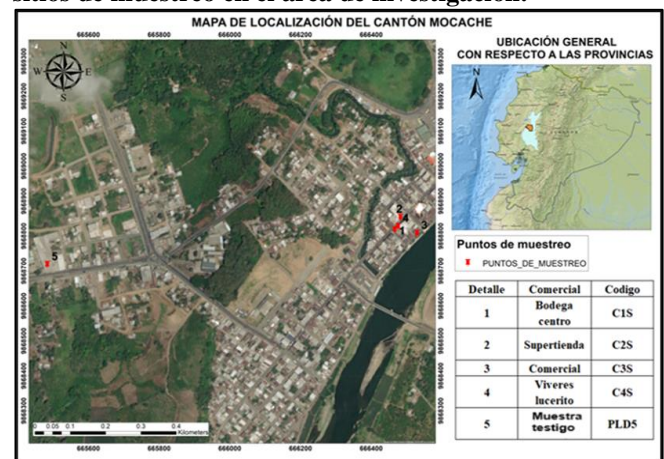
crecimiento urbanístico y la rápida industrialización. Esta región destaca como uno de los principales productores de soya (Zhang et al., 2019). Por otra parte, la provincia de Los Ríos en Ecuador cuenta con el 48% de las tierras de cultivo de soya del país, con una superficie sembrada estimada de 18 807 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).

La presente investigación tiene el propósito de establecer puntos de referencia inicial respecto a los niveles de Cd y Pb presentes en los granos de soya comercializados en el cantón Mocache. Las muestras se recolectaron en tiendas locales que comercializan soya a granel y que, según entrevistas con los dueños, provienen directamente de cultivos de la región. Esta selección se realizó, asegurando que los granos analizados son representativos de la producción local y no de soya importada. Este es uno de los primeros análisis que se llevarán a cabo en esta área geográfica, destacando la importancia de monitorear y gestionar la presencia de metales tóxicos para salvaguardar la seguridad alimentaria de la región.

Área de localización

Mocache es uno de los 13 cantones que forman parte de la provincia de Los Ríos $1^{\circ}11'02''\text{S}$ $79^{\circ}30'20''\text{O}$, 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 $572,3 \text{ km}^2$ tal como se evidencia en la figura 1.

Figura 1. Representación de la ubicación geográfica y sitios de muestreo en el área de investigación.



Materiales y método

Se emplearon varios métodos de investigación, incluyendo la investigación documental para recopilar información de libros, revistas y artículos científicos, así como la investigación descriptiva para describir los resultados obtenidos mediante la técnica de espectrometría de absorción atómica por flama. Además, se utilizaron métodos inductivos, bibliográficos, estadísticos y analíticos para determinar la presencia de los metales tóxicos en los granos de soya, y realizar búsqueda exhaustiva de información, en base a los datos obtenidos.

Población

El cantón Mocache, ubicado en la provincia de Los Ríos, Ecuador, es una región predominantemente agrícola, conocida por su producción de soya. La población local depende en gran medida de la agricultura y la comercialización de productos agrícolas, lo que incluye la venta de granos de soya en tiendas locales. Estas tiendas abastecen tanto a consumidores locales como a mercados más amplios.

El cantón Mocache se encuentra en una región agrícola con un uso intensivo de fertilizantes y pesticidas. Además, la cercanía de fuentes de agua utilizadas para riego, como ríos que pueden estar contaminados por actividades industriales o urbanas, puede contribuir a la presencia de metales pesados en los cultivos. Es importante considerar estas posibles fuentes de contaminación al interpretar los resultados obtenidos.

Procedimiento de recolección

Se llevaron a cabo visitas de reconocimiento a las principales tiendas de alimentos en el cantón Mocache. Este reconocimiento se realizó mediante observación y evaluación de la afluencia de clientes. Se seleccionaron las cuatro principales tiendas de alimentos que ofrecían granos de soya a granel, asegurando que los granos provienen directamente de cultivos de la región según entrevistas realizadas con los dueños de las tiendas. Además, se recolectó una muestra directamente de una parcela de cultivo en la región de Mocache, cultivada bajo las mismas condiciones y prácticas agrícolas que las muestras de las tiendas, esta muestra sirve como

muestra testigo para determinar si la contaminación por Cd y Pb ocurre durante el cultivo o en etapas posteriores (comercialización) de la cadena de suministro. La inclusión de esta muestra testigo permite establecer una comparación directa y validar si las muestras recolectadas en las tiendas corresponden al mismo sistema de cultivo. En caso de que las muestras de las tiendas no corresponden al mismo sistema de cultivo que la muestra de la parcela, esta muestra se consideraría una muestra de referencia. Sin embargo, para este estudio, todas las muestras de las tiendas fueron confirmadas que provienen del mismo sistema de cultivo según las entrevistas realizadas donde los comerciantes afirmaron comprar los granos a granel directamente a agricultores de la zona, incluso algunos de ellos tienen sus propios cultivos de soya en la región de estudio.

Según Singer et al. (2007), se recomienda realizar los muestreos de alimentos en triplicado. Por consiguiente, las muestras fueron recolectadas aleatoriamente en tres réplicas ($n=3$), lo que implicó la toma de 15 muestras en total de aproximadamente 1,5 kg cada una. Estas muestras se obtuvieron de cuatro tiendas de alimentos, junto con muestras testigos, identificadas durante los meses de febrero, marzo y abril del año 2023.

Procedimiento de análisis

Después de la recolección de las muestras, los análisis se los llevó a cabo en un laboratorio certificado con el número de acreditación 13-004, cumpliendo con los estándares establecidos por el estándar de calidad mundial para los laboratorios de ensayos y calibraciones ISO/IEC 17025, con el fin de llevar a cabo la cuantificación de Cd y Pb presentes en los granos de soya mediante la técnica de espectrometría de absorción con llama basado en el método “NMLK-AOAC 999.11” (AOAC Int, 2002). Durante el análisis, se aplicó un sistema de corrección de fondo en el equipo de FAAS para eliminar posibles interferencias espectrales y mejorar la precisión de las mediciones. Este sistema garantiza una mayor exactitud en la determinación de los niveles de Cd y Pb en las muestras de soya.

Análisis con el espectrofotómetro de llama

Se eligió el método de espectrofotometría de absorción atómica con llama (FAAS) debido a su alta sensibilidad, precisión y capacidad para detectar bajos niveles de metales pesados en matrices complejas como los granos de soya. Este método es ampliamente reconocido y utilizado en estudios de contaminantes metálicos en alimentos, proporcionando resultados confiables y reproducibles. Para el análisis de las muestras de soya, se utilizó un espectrofotómetro de absorción atómica modelo HGA-500 de Perkin Elmer. El proceso se realizó en las siguientes etapas:

Calibración de los equipos

Se llevó a cabo la preparación de soluciones estándar de Cd y Pb con el propósito de establecer las curvas de calibración, utilizando soluciones concentradas de 100 miligramos por litro (mg/L). Como solución de blanco para las mediciones, se utilizó una solución de ácido nítrico al 1 por ciento en volumen por volumen (v/v). En la figura 2 se evidencia las soluciones de concentración para el Cd y Pb.

Figura 2. Soluciones de concentración para Cd y Pb.

Cd (mg/L)	Pb (mg/L)
0,03	0,25
0,05	0,50
0,10	1,00
0,15	2,00
0,20	3,00

Los límites de detección y cuantificación fueron establecidos, siendo para el Pb 0,005 mg/kg y 0,01 mg/kg, respectivamente, y para el Cd 0,01 mg/kg y 0,02 mg/kg, respectivamente. Se configuró el método utilizando el software del espectrómetro de absorción modelo HGA-500 de Perkin Elmer para examinar los patrones de absorción acuosa en la curva de calibración de las muestras de granos de soya procedentes de las tiendas de alimentos. Posteriormente, se procedió a generar la curva de calibrado del Cd y Pb a través de la lectura de los estándares analizados. Se optaron por longitudes de onda particulares: 283,31 nanómetros (nm) para el Pb y 228,80 nanómetros (nm) para el Cd, basándose en la correspondencia entre estas longitudes de onda y las líneas espectrales que ofrecen los

máximos valores de absorbancia, garantizando así una adecuada sensibilidad y especificidad en las mediciones (Latimer, 2016).

Pretratamiento

Se llevó a cabo un proceso de pretratamiento, el cual incluyó la homogeneización del producto utilizando equipos no contaminantes. Durante este proceso, se verificó la presencia de cualquier pérdida de material, y se aseguró de que el equipo estuviera libre de piezas metálicas, siguiendo el procedimiento descrito en AOAC (AOAC, 2002).

Secado

En un crisol de porcelana se pesó 20 g de la porción de los granos de soya. Luego se secó 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, 2002).

Incineración

Las muestras de granos de soya fueron incineradas siguiendo el procedimiento estándar de la AOAC International (AOAC, 2002). Los granos se colocaron en un crisol y se secaron inicialmente a no más de 100°C en un horno programable para eliminar la humedad. La temperatura del horno se incrementó luego a 450°C a una velocidad máxima de 50°C/h, durante 8 horas para asegurar una incineración completa.

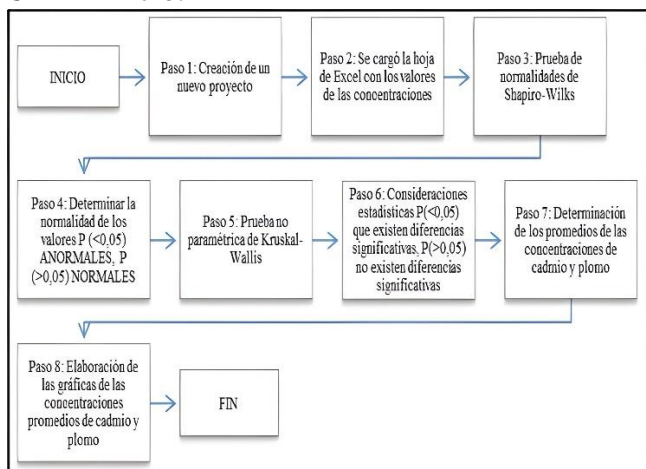
Después de la incineración, las cenizas se humedecieron con 1–3 mL de agua y se evaporaron en un baño de agua o placa caliente. Se añadieron 5 mL de ácido clorhídrico (HCl) (37% p/p) diluido en 1 L de agua para disolver los residuos inorgánicos, seguido de la evaporación del ácido. La solución resultante fue disuelta en 30 mL de ácido nítrico (HNO₃) 0,1M y se permitió reposar durante 1 a 2 horas. Finalmente, la solución resultante se transfirió a una botella de plástico de 30 mL para su análisis posterior, incluyendo dos soluciones blancas con cada lote de muestras para fines de control de calidad y calibración del método. El volumen final utilizado para la determinación por AAF fue de 10 mL, lo cual es importante para verificar los límites de detección y cuantificación.

Este proceso garantiza una incineración completa de las muestras de granos de soya de acuerdo con los estándares de la AOAC International, permitiendo una determinación precisa de Pb u otros contaminantes inorgánicos en los alimentos.

Análisis estadísticos de los datos

Para el análisis de los resultados, se empleó el programa estadístico INFOSTAT. Primero, se verificó la normalidad de los datos utilizando la prueba de Shapiro-Wilk. Esta prueba es adecuada para muestras pequeñas y nos permitió determinar si los datos seguían una distribución normal, posteriormente se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para comparar las concentraciones de Cd y Pb entre las diferentes muestras. Esta prueba es una extensión de la prueba de Mann-Whitney U para más de dos grupos y no asume una distribución específica de los datos (Balzarini et al., 2008). Después, se contrastaron los hallazgos con los límites máximos permitidos establecidos por las normas internacionales Food and Agriculture Organization y Unión Europea, con el fin de identificar posibles riesgos. Estos análisis estadísticos permitieron una evaluación detallada y rigurosa de los datos, garantizando la validez y fiabilidad de los resultados obtenidos. Todo el proceso metodológico se muestra en la figura 3.

Figura 3. Diagrama para el análisis de resultados – UBALAB 2023.

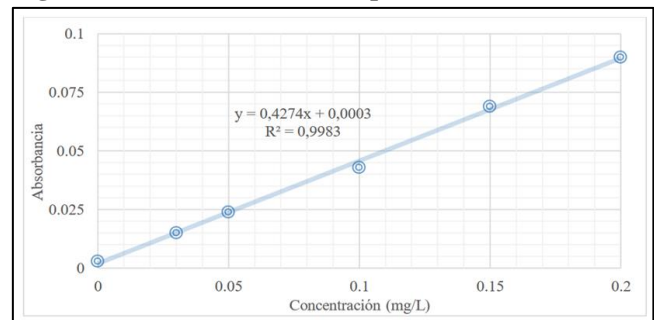


Resultados

Análisis de Cd y Pb

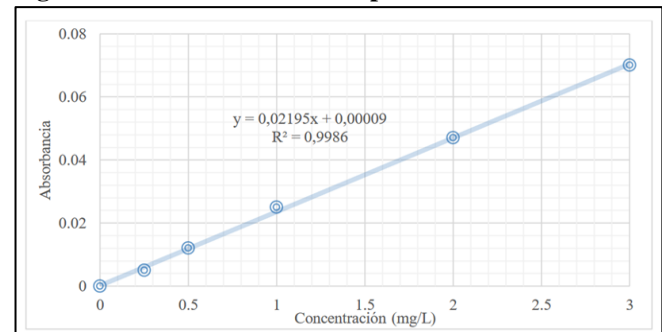
Se generaron curvas de calibración para la cuantificación de Cd, lo que facilitó la medición de las absorbancias correspondientes a las concentraciones. En la figura 4 se evidencia la curva de calibración para el Cd con su respectivo coeficiente de correlación.

Figura 4. Curva de calibración para la detección de Cd.



Se generaron curvas de calibración para la cuantificación de Pb, lo que facilitó la medición de las absorbancias correspondientes a las concentraciones. En la figura 5 se evidencia la curva de calibración para el Pb con su respectivo coeficiente de correlación.

Figura 5. Curva de calibración para la detección de Pb.

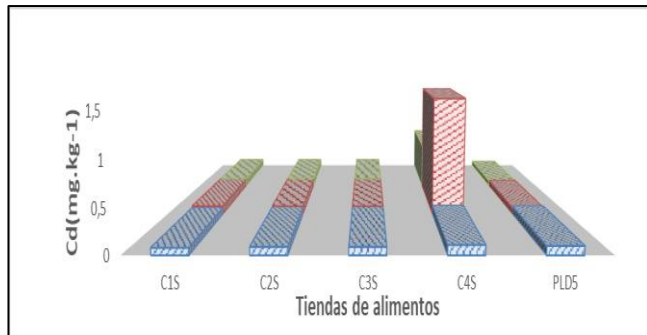


Concentraciones de Cd y Pb

Los resultados obtenidos en cuanto a las concentraciones de Cd procedentes de las tiendas de alimentos de Mocache fueron: 0,09±0,01mg/kg (C1S); 0,10±0,01 mg/kg (C2S), 0,10±0,01 mg/kg (C3S), 0,73±0,68 mg/kg (C4S) y 0,08±0,03 mg/kg (PLD5), es importante destacar que la tienda de alimentos C4S tuvo la concentración promedio más elevada en relación a los resultados de las demás tiendas como lo

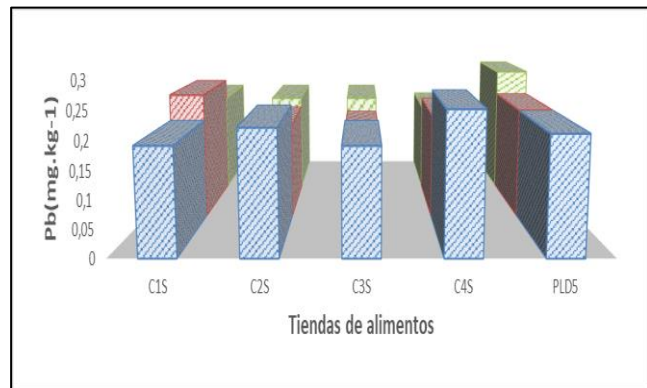
muestra la figura 6. Cabe destacar que las muestras recolectadas en todas las tiendas proceden directamente de los cultivos sin procesamiento alguno.

Figura 6. Niveles de Cd (mg/kg) en granos de soya de tiendas y testigo procedentes del cantón Mocache, Ecuador. Las concentraciones de Cd están representadas por barras de colores acorde al muestreo por triplicado, donde Φ Muestreo 1, Φ Muestreo 2 y Φ Muestreo 3.



Los resultados del laboratorio en cuanto a las concentraciones de Pb provenientes de las tiendas de Mocache fueron: $0,21 \pm 0,03$ mg/kg (C1S), $0,20 \pm 0,02$ mg/kg (C2S), $0,19 \pm 0,02$ mg/kg (C3S), $0,21 \pm 0,04$ mg/kg (C4S) y $0,23 \pm 0,03$ mg/kg (PLD5), es importante destacar que el cultivo (PLD5) tuvo la concentración promedio más elevada en relación a los resultados de las demás tiendas como lo muestra la figura 7, teniendo en cuenta que las muestras recolectadas en las tiendas provienen de los cultivos fuera de algún procesamiento previo como muestra la figura 7.

Figura 7. Concentraciones de Pb (mg/kg) en granos de soya de tiendas y testigo procedentes del cantón Mocache, Ecuador. Las concentraciones de Cd están representadas por barras de colores acorde al muestreo por triplicado, donde Φ Muestreo 1, Φ Muestreo 2 y Φ Muestreo 3.



En la tabla 1 se evidencia las concentraciones de Cd y Pb por cada muestra provenientes de las tiendas de alimentos y muestra testigo.

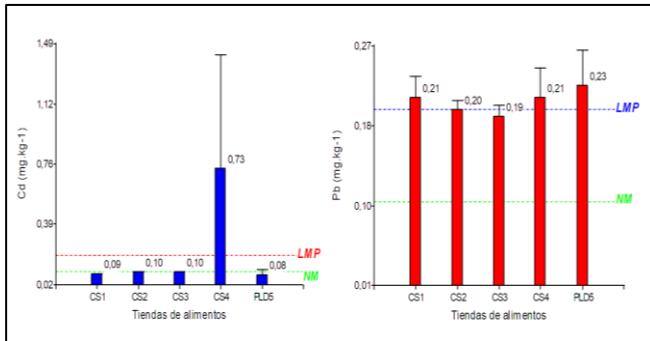
Tabla 1. Concentraciones de Cd y Pb (mg/kg) por cada muestra recolectada

Tiendas de Alimentos	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)
C1S	0,1	0,19
C1S	0,08	0,23
C1S	0,09	0,21
C2S	0,11	0,22
C2S	0,1	0,18
C2S	0,09	0,21
C3S	0,09	0,21
C3S	0,11	0,17
C3S	0,1	0,2
C4S	0,1	0,24
C4S	1,46	0,22
C4S	0,63	0,18
PLD5	0,05	0,21
PLD5	0,1	0,22
PLD5	0,1	0,26

Análisis estadísticos de los datos

Los resultados muestran que, en promedio, el CS4 presenta la concentración más alta de Cd con $0,73$ mg/kg, encontrando un valor atípico en el muestreo de $1,46$ mg/kg, este valor pudiera verse influenciado por los procesos de comercialización, ya que en esta tienda los granos que se comercializan proceden de una marca propia del vendedor a comparación del resto de tiendas donde los granos se venden a granel, sin marca alguna, mientras que la muestra testigo (PLD5) registra la concentración más alta de Pb con $0,23$ mg/kg, en comparación con otras tiendas, como se observa en la figura 8.

Figura 8. Concentraciones promedio de Cd y Pb de las tiendas de alimentos del cantón Mocache



Según el análisis de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, se determinó que no hay diferencias estadísticamente significativas ($H=7,88$; $p=0,066$) en las concentraciones de Cd en los granos de soya provenientes de las cuatro tiendas y una parcela de cultivo de Mocache. Los promedios de las concentraciones (C1S) (C2S) (C3S) (PLD5) se sitúan dentro del parámetro establecido en el Codex, el cual especifica un nivel máximo de $0,1 \text{ mg/kg}$. Sin embargo, es importante destacar que los granos de soya proveniente de la tienda (C4S) excede las concentraciones establecidas por este organismo regulador.

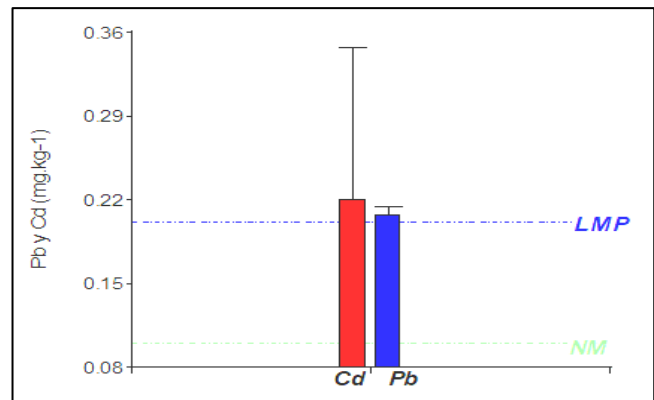
Por otro lado, en relación con el límite máximo permitido establecido por las directrices de la Unión Europea, el cual asciende a $0,2 \text{ mg/kg}$ (Food and Agriculture Organization, 2005), las tiendas (C1S) (C2S) (C3S) (PLD5) en el cantón Mocache se encuentran dentro de estos límites. No obstante, se observó que los granos de soya de la tienda (C4S) supera la normativa establecida, lo que indica un riesgo para la salud alimentaria.

Según el análisis de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, se determinó que no hay diferencias estadísticamente significativas ($H=4,50$; $p=0,33$) en las concentraciones de Pb en los granos de soya procedentes de las 4 tiendas y una parcela de cultivo de Mocache. Los promedios de (C1S)(C2S)(C3S) (C4S)(PLD5) superan los niveles máximos (NM) recomendado establecidos en el Codex Alimentarius, por otra parte, los promedios de (C1S)(C2S)(C4S)(PLD5) exceden el límite máximo establecido por la Unión Europea de $0,20 \text{ mg/kg}$ a excepción de CS3 con un valor de $0,19 \text{ mg/kg}$

encontrándose por debajo del límite establecido, exponiendo que existen riesgo y contaminación en los granos de soya que son comercializados en el cantón Mocache.

Los hallazgos de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis afirman que no hay diferencias significativas entre las tiendas evaluadas. Los valores medios totales para el Cd y el Pb fueron $0,22 \pm 0,37 \text{ mg/kg}$ y $0,21 \pm 0,03 \text{ mg/kg}$, respectivamente, lo cual indica la presencia de riesgo y contaminación de Cd y Pb en los granos de soya, como se observa en la figura 9.

Figura 9. Comparativa de los promedios de Cd y Pb de las tiendas del cantón Mocache.



Discusión de resultados

El análisis de la prueba estadística no paramétrica demostró que existe contaminación y riesgos en los granos de soya por metales tóxicos (Cd y Pb) estableciendo valores de $0,22 \pm 0,37 \text{ mg/kg}$ y $0,21 \pm 0,003$ respectivamente, esto puede verse influenciado al uso excesivo de agroquímicos y quemadas de desechos (Calle, 2021). Por otra parte existen investigaciones en otros países sobre la presencia de Cd y Pb en 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 Cd $0,34$ a $2,83 \text{ mg/kg}$ para Pb de 42 a 88 mg/kg , además Corguinha et al., (2015) en su investigación realizada en Brasil determinó que contenía valores de Cd de $0,11 \pm 0,07 \text{ mg/kg}$ y de Pb $11 \pm 1 \text{ mg/kg}$, finalmente Barragan et al (2022) en su investigación realizada en Ecuador determino valores de Cd y Pb de $0,04 \pm 0,03 \text{ mg/kg}$ y $1,01 \pm 0,91 \text{ mg/kg}$ respectivamente, lo cual demuestra la

grave crisis a nivel mundial que enfrenta la soya por la presencia de metales tóxicos en los alimentos que afecta de manera directa a la soberanía alimentaria de los países.

Tanto las muestras de las tiendas como la muestra testigo presentan niveles elevados de Cd y Pb, los promedios superaron los límites establecidos por normativas internacionales. Aunque no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las muestras de las tiendas y la muestra testigo, esto sugiere que la contaminación de los granos de soya se da en la etapa de cultivo, esta podría ser causada por el uso de agua de riego contaminada, la presencia de metales pesados en el suelo, uso excesivo de agroquímicos o la cercanía a fuentes de contaminación industrial, además se sugiere que los procesos de almacenamiento de soya en las tiendas también podrían contribuir a la contaminación (Singh et al., 2010). Esto resalta la importancia de controlar la calidad no solo en la producción agrícola sino también en toda la cadena de suministro hasta el consumidor final.

Conclusiones

Los resultados adquiridos mediante la medición de Cd y Pb utilizando la espectrometría de absorción atómica con llama, se obtuvieron siguiendo el procedimiento de laboratorio "NMLK-AOAC 999.11" y en conformidad con la normativa ISO/IEC 17025, se llegó a la conclusión de que, en el caso del Cd, el comercial 4 (CS4) de soya presentó un promedio de 0,73 mg/kg, mientras que en el caso del Pb, las tiendas 1, 4 y 5 (CS1, CS4, PLD5) mostraron promedios de 0,21 mg/kg, 0,21 mg/kg y 0,23 mg/kg, respectivamente. Estas cifras superaron los límites máximos establecidos tanto por la Food and Agriculture Organization (Cd=0,10 mg/kg) (Pb=0,10 mg/kg) como por la Unión Europea (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.

El estudio subraya la importancia crítica del monitoreo de metales pesados en alimentos para garantizar la seguridad alimentaria. La presencia de Cd y Pb en niveles elevados en los granos de soya representa un riesgo significativo para la salud pública, ya que estos metales pueden causar una variedad de

problemas de salud, incluyendo daños renales, enfermedades óseas y trastornos neurológicos. Este riesgo pone en entredicho la seguridad alimentaria en la región, afectando la disponibilidad de alimentos seguros para la población local. La seguridad alimentaria de la región se ve comprometida debido a la contaminación de los cultivos de soya, un alimento esencial en la dieta local. La soberanía alimentaria, entendida como el derecho de los pueblos a definir sus propias políticas agrícolas y alimentarias, también se ve afectada, ya que la contaminación limita la capacidad de la comunidad para producir alimentos seguros y sostenibles.

Considerando estos resultados es esencial implementar estrategias para mitigar los riesgos y garantizar la seguridad y soberanía alimentaria, se recomienda implementar programas regulares de monitoreo de metales pesados en cultivos, usar agua de riego limpia y técnicas de cultivo seguras, y asegurar controles de calidad desde la producción hasta la comercialización. Además, es esencial desarrollar y aplicar políticas estrictas para controlar la contaminación, y realizar estudios adicionales para identificar y mitigar fuentes de contaminación. La implementación de estas recomendaciones puede ayudar a mitigar los riesgos, garantizar la seguridad alimentaria y preservar la soberanía alimentaria de la región. La colaboración de todos los interesados es esencial para crear un entorno seguro y saludable para la producción y consumo de alimentos.

Es fundamental realizar estudios adicionales que permitan determinar si la comunidad en estudio es abastecida únicamente con granos cultivados localmente. Esto resalta la importancia del presente estudio, ya que la contaminación por metales pesados como el cadmio y el plomo podría comprometer la seguridad alimentaria en la región. Un desabastecimiento de alimentos seguros debido a la contaminación afectaría directamente la disponibilidad de productos en la comunidad, poniendo en riesgo la salud pública. Además, se recomienda dar seguimiento a estudios que identifiquen la causa raíz de la contaminación por metales pesados en los cultivos. Comprender las fuentes específicas de esta contaminación es crucial para implementar estrategias efectivas que reduzcan la presencia de estos metales y

promuevan un entorno más seguro para la producción de alimentos en el cantón Mocache.

Agradecimientos

Al grupo de investigadores de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo por el apoyo dado en cada fase de la presente investigación

Financiamiento

Financiamiento propio del equipo de investigación.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener ningún tipo de conflicto de interés que pudiera haber influido en esta investigación.

Como citar este documento

Barragán Monrroy, R.J., Constantine Macias, M.A., González Osorio, B.B., Mecías Herrera, N., Sabando Cedeño, C.M. (2024). Presencia de metales tóxicos en soya (*Glycine max* L) procedentes del cantón Mocache, Ecuador. *Agua, Saneamiento & Ambiente*, 19(1), 1-11. <https://doi.org/10.36829/08ASA.v19i1.1696>

Consentimiento informado

No aplica.

Contribuciones de autor

Elaboración y revisión del manuscrito, desarrollo o diseño de metodología, y análisis estadísticos, responsabilidad de liderazgo para la planificación y ejecución de la actividad de investigación: R.J.B.M.

Conceptualización, trabajo de campo, trabajo de laboratorio, tabulación, análisis y escritura: M.A.C.M. Interpretación de los resultados de laboratorio, redacción de los resultados con fundamento científico: B.B.G.O.

Encargado de la redacción y revisión del artículo y validar los análisis estadísticos: N.M.H.

Encargado de verificar que el artículo cumpla con todas las normas de la revista, encargada de la redacción y revisión del artículo: C.M.S.C.

Declaración de disponibilidad de datos del estudio.

Imágenes fueron descargadas de <http://www.geograficomilitar.gob.ec/>

Referencias

- 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(1), 1139–1147. <https://doi.org/10.1007/S13593-015-0308-Z>
- 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(1), 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*. <https://img.21food.cn/img/biaozhun/20100108/177/11285281.pdf>
- Apraez, O. (2023). *Estudio sobre la prevalencia de metales pesados cadmio (Cd) y plomo (Pb) en arroz (Oriza sativa L.)*. [Tesis para optar el título profesional de Químico de Alimentos, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Institucional de la Universidad Central del Ecuador. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/30253>
- Balzarini, M., Gonzáles, L., Tablada, M., Casanoves, F., Di Rienzo, J., & Robledo, C. (2008). *InfoStat, versión 2008. Manual del Usuario (1.e ed.)*. Universidad Nacional de Córdoba.

- <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/10346>
- Barragan, R. J., Bravo, L. R., & Torres, J. C. (2022). Cuantificación de cadmio y plomo en granos de soja (*Glycine Max*) comercializados en el cantón Quevedo, Ecuador. *Revista Bases de La Ciencia*, 7(1), 37–50.
<https://doi.org/10.33936/revbasdelaciencia.v7i3.4242>
- 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*. [Tesis de maestría para optar el grado de Magister en Gestión Ambiental, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. Repositorio Institucional de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
<https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6393>
- 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(1), 143–150.
<https://doi.org/10.1016/J.JFCA.2014.08.004>
- Chacón, S. (2019). *Efecto de cuatro concentraciones de plomo sobre el crecimiento e índice de tolerancia de plántulas in vitro de papa*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Cajamarca.
<http://hdl.handle.net/20.500.14074/3569>
- Food and Agriculture Organization. (2005). *Norma General Del para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos*. (Codex Stan 193-1995).
https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/live_stockgov/documents/CXS_193s.pdf
- INEC-ESPAC, & MGA. (2022). *Información Productiva Territorial*.
<https://fliphtml5.com/es/ijia/xnxn/basic>
- Latimer, G. (Ed.) (2016). *Official methods of analysis of AOAC international*. (20th ed.). George Latimer.
- Luch, A. (Ed.) (2012). *Molecular, Clinical and Environmental Toxicology* (Vol.3). Andreas Luch. <https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8340-4>
- 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(1), p106800.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106800>
- Rai, P. K., Lee, S. S., Zhang, M., Tsang, Y. F., & Kim, K. H. (2019). Heavy metals in food crops: Health risks, fate, mechanisms, and management. *Environment International*, 125(1), 365–385.
<https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.01.067>
- Ruiz, M. (2022). *Consumo de papa e ingesta mensual tolerable provisional de cadmio en los habitantes de Lima Centro*. [Tesis para optar el título profesional de Maestra en Nutrición y Dietética, Universidad Femenina del Sagrado Corazón]. Repositorio Institucional de la Universidad Femenina del Sagrado Corazón.
<http://hdl.handle.net/20.500.11955/951>
- 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>
- Singh, A., Sharma, R. K., Agrawal, M., & Marshall, F. M. (2010). Health risk assessment of heavy metals via dietary intake of foodstuffs from the wastewater irrigated site of a dry tropical area of India. *Food and Chemical Toxicology*, 48(2), 611–619.
<https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.11.041>
- Villanueva, P., & Romero, C. V. (2020). *Determinación de la alteración de plomo en sangre y su relación con los valores de hemoglobina y hematocrito en niños y adolescentes de 10 -15 años del asentamiento humano Virgen De Guadalupe del distrito de mi Perú-Callao en los meses de julio - setiembre*. [Tesis para optar el título profesional de Químico Farmacéutico, Universidad Norbert Wiener]. Repositorio Institucional de la Universidad Norbert Wiener.
<https://hdl.handle.net/20.500.13053/4361>

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(1), 914–922.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.335>

Zhao, Y., Fang, X., Mu, Y., Cheng, Y., Ma, Q., Nian, H., & Yang, C. (2014). Metal pollution (Cd, Pb, Zn, and As) in Agricultural Soils and Soybean, *Glycine max*, in Southern China. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 92(1), 427–432.

<https://doi.org/10.1007/S00128-014-1218-5>