



Publicación Cuatrimestral. Vol. 7, No Especial, Diciembre, 2022, Ecuador (p. 37-50). Edición continua

<https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia/index>

[revista.bdlaciencia@utm.edu.ec](mailto:revista.bdlaciencia@utm.edu.ec)

Universidad Técnica de Manabí

DOI: <https://doi.org/10.33936/revbasdelaciencia.v7i3.4242>

## CUANTIFICACIÓN DE CADMIO Y PLOMO EN GRANOS DE SOJA (*Glycine max*) COMERCIALIZADOS EN EL CANTÓN QUEVEDO, ECUADOR.

Roberto Johan Barragán Monroy<sup>1\*</sup>, Luis Ramón Bravo Sánchez<sup>2</sup>, Julio Cesar Torres Puentes<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Maestría en Química, mención Química Ambiental. Instituto de Posgrado. Universidad Técnica de Manabí. E-mail: [robertobarraganm81@gmail.com](mailto:robertobarraganm81@gmail.com)

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias de la Tierra. Universidad Estatal Amazónica. E-mail: [lbravo@uea.edu.ec](mailto:lbravo@uea.edu.ec)

<sup>3</sup>Departamento de Química. Instituto de Ciencias Básicas. Universidad Técnica de Manabí. E-mail: [julio.torres@utm.edu.ec](mailto:julio.torres@utm.edu.ec)

\*Autor para la correspondencia: [robertobarraganm81@gmail.com](mailto:robertobarraganm81@gmail.com)

Recibido: 20-12-2021 / Aceptado: 21-6-2022 / Publicación: 1-12-2022

Editor Académico: Victor Alberto Granadillo Morán

### RESUMEN

La contaminación por cadmio y plomo en cultivos agrícolas representa uno de los problemas ambientales más graves, debido a su naturaleza no biodegradable. Las altas concentraciones de cadmio y plomo son un riesgo para la salud de las personas por el consumo de alimentos contaminados. La soja se destaca por tener una alta tolerancia a los metales tóxicos. El objetivo de la presente investigación fue cuantificar los niveles de cadmio y plomo en granos de soja (*Glycine max*) comercializados en el cantón Quevedo, Ecuador. Para el análisis de las muestras recolectadas aleatoriamente por triplicado, se pesaron aproximadamente dos (2) g de soja que fueron introducidos en la mufla (600°C) durante dos (2) horas. Las muestras una vez calcinadas, se disolvieron en cinco (5) mL de una disolución de HNO<sub>3</sub> al 1%. La cuantificación de cadmio y plomo se realizó por espectrometría de absorción atómica con llama. Las concentraciones mínimas y máximas de plomo encontradas en granos de soja fueron 0,61 y 2,06 mg. Kg<sup>-1</sup>, respectivamente, superando los niveles máximos y los límites máximos permisibles establecidos por el *Codex Alimentarius* y la Unión Europea. En el caso del cadmio también se encontraron concentraciones significativas (0,02-0,07 mg.kg<sup>-1</sup>), pero, en este caso, los valores se encuentran dentro de los intervalos establecidos. Considerando estos resultados es necesario llevar a cabo una revisión y modificación de los criterios establecidos sobre la calidad de los suelos agrícolas y el uso excesivo de agroquímicos, fortaleciendo el diseño de estrategias que conduzcan a la prevención de la contaminación de los mismos.

**Palabras clave:** Absorción atómica con llama, cadmio, contaminación, *Glycine max*, plomo.

## QUANTIFICATION OF CADMIUM AND LEAD IN SOYA BEANS (*Glycine max*) COMMERCIALIZED IN QUEVEDO CANTON, ECUADOR.



## ABSTRACT

Cadmium and lead contamination in agricultural crops represents one of the most serious environmental problems, due to their non-biodegradable nature. High concentrations of cadmium and lead pose a health risk to people through the consumption of contaminated food. Soybeans stand out for their high tolerance to toxic metals. The objective of this research was to quantify the levels of cadmium and lead in soya beans (*Glycine max*) commercialized in the canton of Quevedo, Ecuador. For the analysis of the samples collected randomly in triplicate, approximately two (2) g of soybeans were weighed and placed in the muffle (600°C) for two (2) hours. The calcined samples were dissolved in five (5) mL of a 1% HNO<sub>3</sub> solution. The quantification of cadmium and lead was performed by flame atomic absorption spectrometry. The minimum and maximum lead concentrations found in soybeans were 0.61 and 2.06 mg/Kg-1, respectively, exceeding the maximum levels and maximum permissible limits established by the Codex Alimentarius and the European Union. In the case of cadmium, significant concentrations were also found (0.02-0.07 mg.kg-1), but in this case, the values are within the established ranges. Considering these results, it is necessary to carry out a review and modification of the criteria established on the quality of agricultural soils and the excessive use of agrochemicals, strengthening strategies design that lead to the prevention of contamination.

**Keywords:** Cadmium, contamination, flame atomic absorption, *Glycine max*, lead.

## QUANTIFICAÇÃO DE CADMIO E CHUMBO EM GRÃOS DE SOJA (*Glycine max*) COMERCIALIZADO NO CANTÃO QUEVEDO, EQUADOR.

### RESUMO

A contaminação com cádmio e chumbo nas culturas agrícolas representa um dos problemas ambientais mais graves devido à sua natureza não-biodegradável. As elevadas concentrações de cádmio e chumbo representam um risco para a saúde humana através do consumo de alimentos contaminados com esses elementos. Os grãos de soja destacam-se por ter uma elevada tolerância a metais tóxicos. O objetivo desta investigação foi quantificar os níveis de cádmio e chumbo na soja (*Glycine max*) comercializada no cantão de Quevedo, Equador. Para a análise de amostras colhidas aleatoriamente em triplicata, 2 g de soja foram pesados e colocados numa mufla a 600 °C durante 2h. Ditas amostras foram calcinadas e dissolvidas em 5 mL de solução de HNO<sub>3</sub> 1%. A quantificação de cádmio e chumbo foi realizada por espectrometria de absorção atômica de chama. As concentrações mínimas e máximas de chumbo encontradas na soja foram de 0,61 e 2,06 mg/kg-1 respectivamente, excedendo o limite máximo estabelecido pelo Codex Alimentarius e pela União Europeia. No caso do cádmio, foram também encontradas concentrações significativas (0,02-0,07 mg.kg-1) mas, neste caso os valores estão dentro da faixa estabelecida. Considerando estes resultados, é necessário efectuar uma revisão e modificação dos critérios estabelecidos sobre a qualidade dos solos agrícolas e o uso excessivo de agroquímicos, reforçando a concepção de estratégias que conduzam à prevenção da contaminação do solo.

**Palavras chave:** Absorção atômica por chama, cádmio, contaminação, chumbo, *Glycine max*,

Citación sugerida: Barragán Monroy, R., Bravo Sánchez, L., Torres Puentes, J. (2022). Cuantificación de cadmio y plomo en granos de soja (*glycine max*) comercializados en el Cantón Quevedo, Ecuador. Revista Bases de la Ciencia, 7 (No Especial), Diciembre, 37-50. DOI: <https://doi.org/10.33936/revbasdelaciencia.v7i3.4242>





## 1. INTRODUCCIÓN

La contaminación por cadmio y plomo se ha extendido ampliamente por todo el mundo, perturbando el ambiente y representando un grave riesgo para la salud humana (Rai *et al.*, 2019). La acumulación de estos metales en suelos y cultivos agrícolas se ha considerado como uno de los problemas ambientales más graves debido a su naturaleza no biodegradable y a su larga vida media biológica, causado por los rápidos avances en la industrialización y el uso excesivo de plaguicidas y fertilizantes químicos (Chaoua *et al.*, 2019; Sharma *et al.*, 2018).

Según Pourang & Noori. (2012), las plantas pueden absorber metales en cantidades superiores a sus necesidades fisiológicas, si bien esto puede no tener un efecto adverso en la planta en sí, puede resultar peligroso para el consumidor de diferentes rubros vegetales. Varios metales tóxicos y metaloides peligrosos como, por ejemplo: As, Pb y Cd, se clasifican como no esenciales para las funciones metabólicas y biológicas. Estos metales son perjudiciales debido a que, al ser ingeridos, ocasionan efectos carcinogénicos, mutagénicos y teratogénicos, entre otros, y, por lo tanto, pueden causar riesgos para la salud humana (Tchounwou *et al.*, 2012).

El cadmio es altamente tóxico a bajos niveles de exposición, causando efectos crónicos en la salud de las personas y seres vivos en general (Hernández *et al.*, 2019). La contaminación por plomo afecta negativamente el desarrollo mental, causando enfermedades neurológicas y cardiovasculares en humanos, especialmente en niños (Al-saleh *et al.*, 2017; Navas-Acien *et al.*, 2007; Zhou *et al.*, 2016). Elevadas concentraciones de cadmio y plomo tienen efectos carcinogénicos, provocando fracturas óseas y malformaciones, complicaciones cardiovasculares, disfunción renal, hipertensión y otras enfermedades graves del hígado, pulmones, sistema nervioso y el sistema inmunitario (El-kady & Abdel-wahhab, 2018; Rai *et al.*, 2019; Zhuang *et al.*, 2009).

Los cultivos alimentarios como cereales y granos constituyen la mayor parte de la dieta humana diaria y son las principales fuentes de nutrientes esenciales; así como, de los metales tóxicos estudiados. El cadmio y el plomo han sido incluidos en la lista de las 20 principales sustancias peligrosas por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos y la Agencia de Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades (Rai *et al.*, 2019; Sharma *et al.*, 2018; Zhang *et al.*, 2019).

Entre los diferentes cultivos, la soja se destaca por tener una alta tolerancia a los metales tóxicos (Mao *et al.*, 2018). En este sentido, la determinación de Cd y Pb en granos de soja en el norte de Anhui de China, mostró que las concentraciones de plomo y otros metales superan los límites máximos permisibles y excedieron los límites de seguridad chinos, con una tasa por encima del estándar de 9,88% (Zhang *et al.*, 2019). Por otra parte, Zhuang *et al.* (2013) reportaron concentraciones de cadmio

y plomo en semillas de soja por encima del nivel máximo permitido para los alimentos en China. En el Ecuador, según la Coordinación General de Información Nacional Agropecuaria en su estimación de superficies sembradas de cultivos de soja correspondiente al primer periodo de época lluviosa del año 2020, la provincia de Los Ríos tiene una estimación de superficie de siembra de 2,415 ha, representando el 73,06% a nivel nacional, destacándose Quevedo como el mayor centro económico y comercial de la provincia, generando divisas de la exportación de sus productos agrícolas de ciclos perennes y transitorios, alcanzando una estimación de siembra de 71 ha (Barragán, 2019; Calahorrano *et al.*, 2020; Gonzalez *et al.*, 2020). Cabe resaltar que esta investigación es el primer estudio de este tipo realizada en esta región.

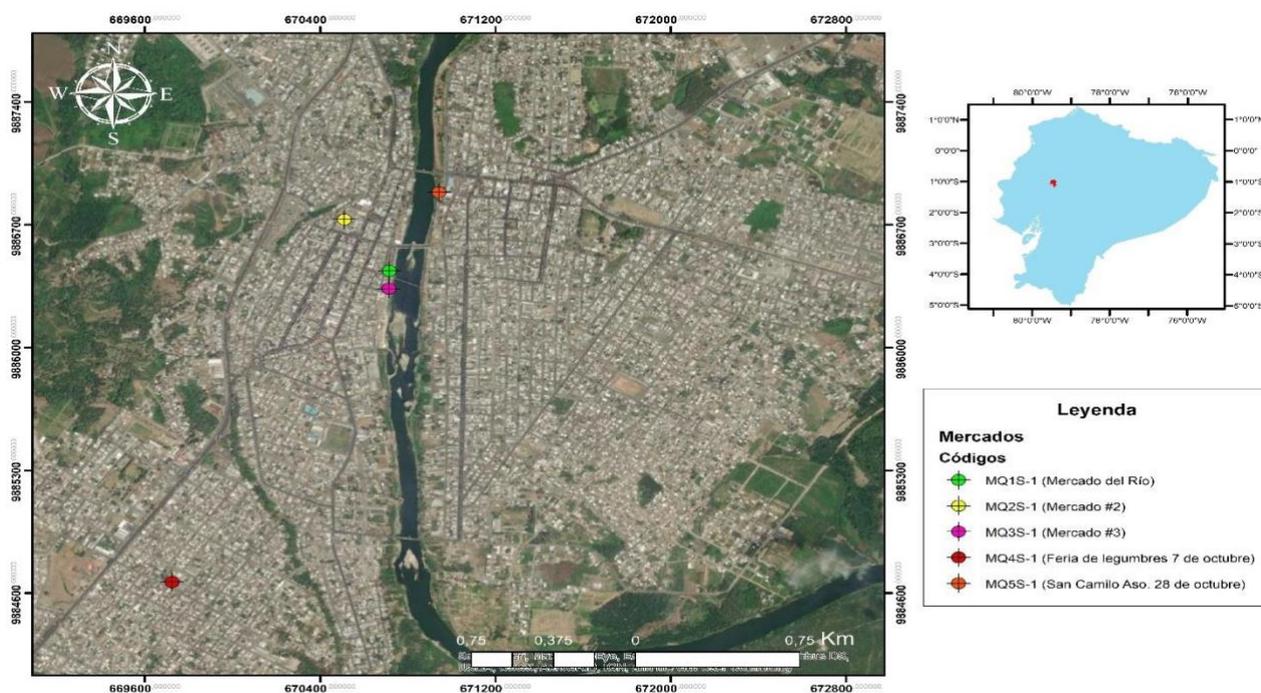
Para la cuantificación de cadmio y plomo se ha empleado varias técnicas instrumentales como la espectrometría de absorción atómica, fluorescencia de rayos x por reflexión total, voltamperometría de redisolución anódica, espectrometría de emisión atómica, entre otras (Chávez, 2011; Garrido *et al.*, 2013), de las cuales la espectrometría de absorción atómica con llama (FAAS por sus siglas en inglés, flame atomic absorption spectrometry), presenta varias ventajas sobre las otras técnicas, por ser una técnica extremadamente sensible y específica, debido a que las líneas de absorción atómica son considerablemente estrechas (de 0,002 a 0,005 nm) y las energías de transición electrónica son únicas para cada elemento; además, tiene propiedades analíticas adecuadas que proporcionan métodos exactos, precisos y libres de interferencias (Gallegos *et al.*, 2012).

Con la finalidad de establecer una línea base sobre los niveles de cadmio y plomo en cultivos de soja, en este trabajo se cuantificaron las concentraciones de cadmio y plomo en granos de soja (*Glycine max*) comercializados en el cantón Quevedo, siendo el primer estudio realizado en esta región.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio y muestreo

El cantón Quevedo se sitúa en el corazón del litoral; cuenta con una población de 173.575 habitantes, según el último censo ecuatoriano realizado en el año 2010 por el Instituto Nacional de Estadística y Censos, ubicado en la provincia de Los Ríos 1°02'00"S 79°27'00"O. Se realizaron salidas de reconocimiento a los principales mercados de la ciudad de Quevedo; mediante métodos de observación y afluencia de usuarios se definieron los cinco principales mercados con disponibilidad de granos de soja: MQ1S (Mercado del río), MQ2S (Mercado #2), MQ3S (Mercado #3), MQ4S (Feria de legumbres 7 de octubre), MQ5S (Aso. 28 de octubre) (**Figura 1**). Posteriormente, se procedió a coleccionar las muestras aleatoriamente en fundas ziploc® (200g), por triplicado (n=3), en cada uno de los cinco mercados durante los meses de diciembre (2020), enero y febrero (2021), correspondiente a la época lluviosa.



**Figura 1.** Ubicación y puntos de muestreo del área de estudio. Donde  $\ominus$  MQ1S,  $\ominus$  MQ2S,  $\ominus$  MQ3S,  $\ominus$  MQ4S y  $\ominus$  MQ5S.  
Fuente: Google Earth.

## Procedimiento de análisis

Una vez obtenidas las muestras, se trasladaron a un laboratorio acreditado (No SAE LEN 06-001) sobre la base de la observancia de los requerimientos de la norma ISO/IEC 17025, para realizar la cuantificación de cadmio y plomo empleando la técnica de la espectrometría de absorción atómica con llama, basado en el método establecido por el “Standard methods 3111B Modificado” (Labolab, 2021; Latimer, 2016).

## Calibración del instrumento

Se prepararon las soluciones estándar o patrones de cadmio y plomo para preparar sendas curvas de calibración o de trabajo a partir de soluciones concentradas de  $100 \text{ mg.L}^{-1}$ , y como solución blanco para las mediciones se utilizó  $\text{HNO}_3$  al 1% v/v. Para el cadmio las concentraciones fueron: 0,03; 0,05; 0,10; 0,15 y 0,20  $\text{mg.L}^{-1}$ , y para el plomo se prepararon las siguientes concentraciones: 0,25; 0,50; 1,00; 2,00 y 3,00  $\text{mg.L}^{-1}$ .

Se programó el método mediante el software del espectrofotómetro de absorción atómica modelo Analyst 200, Perkin Elmer®, para la lectura de los patrones acuosos de la curva de calibración y de las muestras preparadas a partir de los granos de soja. Se elaboró la curva de calibración mediante las lecturas de los estándares analizados y con la ayuda del software del instrumento. Para el cadmio se fijó una longitud de onda de 228,3 nm y para el plomo de 283,3 nm; dichas longitudes de onda

corresponden con las líneas espectrales que proporcionan los valores de máxima absorbancia y no están interferidas espectralmente, por lo que se garantiza una adecuada sensibilidad y especificidad en las determinaciones cuantitativas (Latimer, 2016; Eurolab, 2016).

### **Tratamiento de la muestra**

Se pesó aproximadamente dos gramos de granos de soja triturados en un crisol de porcelana y se introdujo directamente en una mufla a una temperatura de 600 °C durante dos horas. Una vez calcinada la muestra se disolvió en cinco (5) mL de una disolución de HNO<sub>3</sub> al 1%, se transfirió la disolución a un matraz aforado de 10 mL y se enrasó con la misma disolución de ácido nítrico. Luego se procedió con la lectura de las absorbancias en el espectrofotómetro de absorción atómica con llama, a las condiciones establecidas para los analitos cadmio y plomo, por separado.

### **Análisis de muestras**

Los análisis se llevaron a cabo por nebulización directa en una llama de acetileno aire. Previo a la lectura, se enjuagó el nebulizador aspirando HNO<sub>3</sub> al 1%. Luego se aspiró la disolución de la muestra y se determinó su absorbancia y su concentración, dada automáticamente por el software sobre la base de la curva de calibración previamente elaborada. Para las muestras que estaban por encima del intervalo de calibración, se realizaron las diluciones adecuadas siempre con HNO<sub>3</sub> al 1%.

### **Análisis de datos**

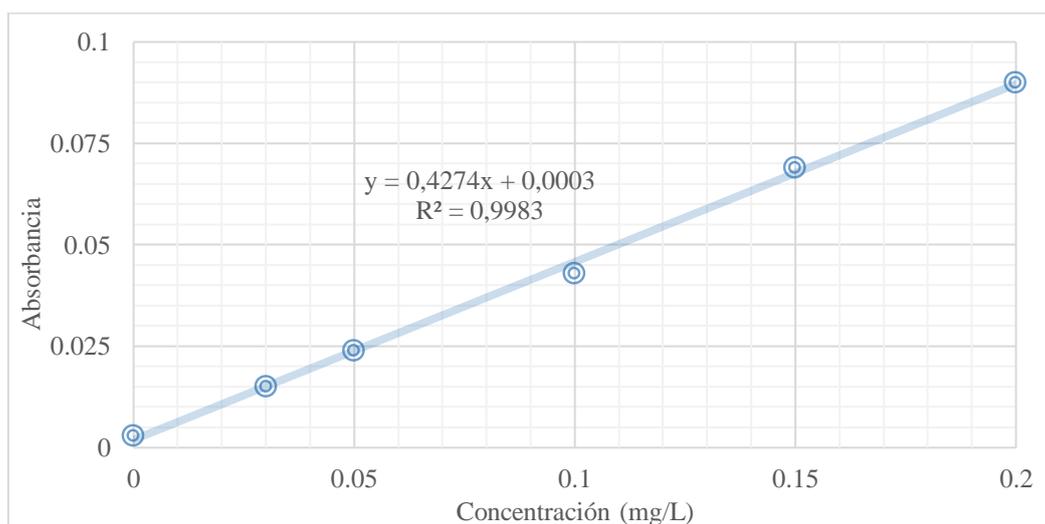
Para determinar si existen diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) en las concentraciones de cadmio y plomo en los granos de soja procedentes de los distintos mercados, se realizó una comparación utilizando la prueba estadística no paramétrica de Kruskal Wallis, con ayuda del software INFOSTAT. Posteriormente, para identificar si existe riesgo y contaminación se tomó 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).

## **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Cuantificación de cadmio y plomo**

Para la cuantificación de cadmio y plomo se construyeron curvas de calibración, para lo cual se midieron las absorbancias a las concentraciones descritas en la sección de materiales y métodos (calibración del instrumento).

La curva de calibración para la determinación de cadmio tuvo un coeficiente de correlación aceptable para la determinación:  $y = 0,4274X + 0,0003$  ( $R = 0,9983$ ) (**Figura 2**). Los límites de detección:  $0,005 \text{ mg.Kg}^{-1}$  y de cuantificación:  $0,01 \text{ mg.Kg}^{-1}$  (miligramos de cadmio por kilogramo de muestra) reportados por el laboratorio. El coeficiente de variación de las determinaciones estuvo siempre por debajo de 5% en todo el intervalo de concentraciones. La exactitud promedio encontrada en los estudios de recuperación para cadmio fue de 96,01% aplicado en muestras reales.



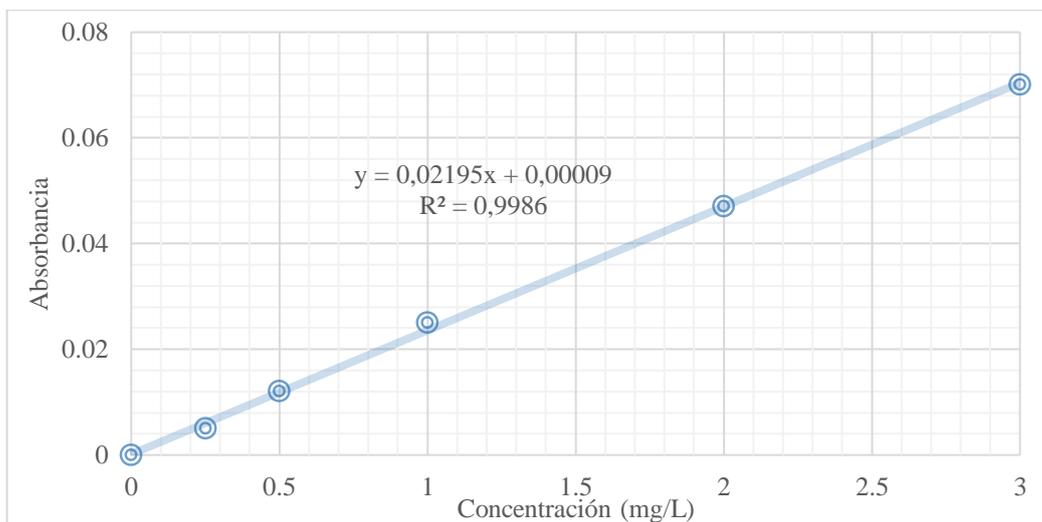
**Figura 2.** Curva de calibración para cadmio utilizando espectrometría de absorción atómica con llama.

**Fuente:** Elaboración propia.

Para el plomo, la ecuación encontrada fue:  $y = 0,02195X + 0,00009$  ( $R = 0,9986$ ) (**Figura 3**) con límites de detección y de cuantificación de 0,01 y 0,02 mg de plomo por Kg de material vegetal (granos de soja). La recuperación promedio encontrada fue  $Pb = 97,99\%$ . Estos parámetros encontrados en los analitos en estudio son parecidos a los reportados por Quero et al. (2017).

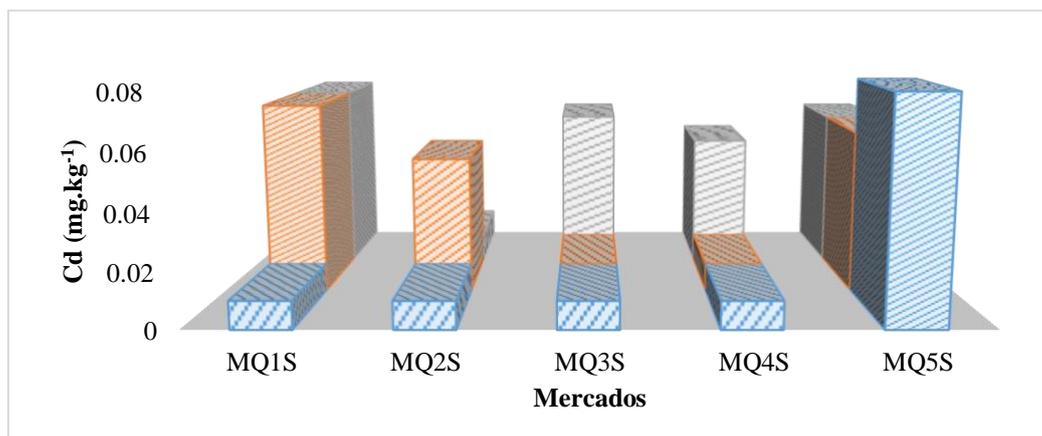
### Concentraciones de Cd y Pb

Las concentraciones de Cd en los granos de soja procedentes de los mercados de Quevedo fueron:  $0,05 \pm 0,03 \text{ mg.kg}^{-1}$  (MQ1S),  $0,02 \pm 0,02 \text{ mg.kg}^{-1}$  (MQ2S),  $0,03 \pm 0,03 \text{ mg.kg}^{-1}$  (MQ3S),  $0,02 \pm 0,02 \text{ mg.kg}^{-1}$  (MQ4S) y  $0,07 \pm 0,01 \text{ mg.kg}^{-1}$  (MQ5S), observándose la concentración más elevada de Cd en el mercado MQ5S, tal como se evidencia en la **figura 4**. Cabe destacar que todas las muestras de granos provienen directamente de los cultivos cosechados en el cantón Quevedo sin procesamiento alguno, a excepción del mercado MQ1S, en el cual los granos que comercializan proceden de una marca (gustador), estos granos se han sometido a procesos de industrialización para su comercialización.



**Figura 3.** Curva de calibración para plomo utilizando espectrometría de absorción atómica con llama.

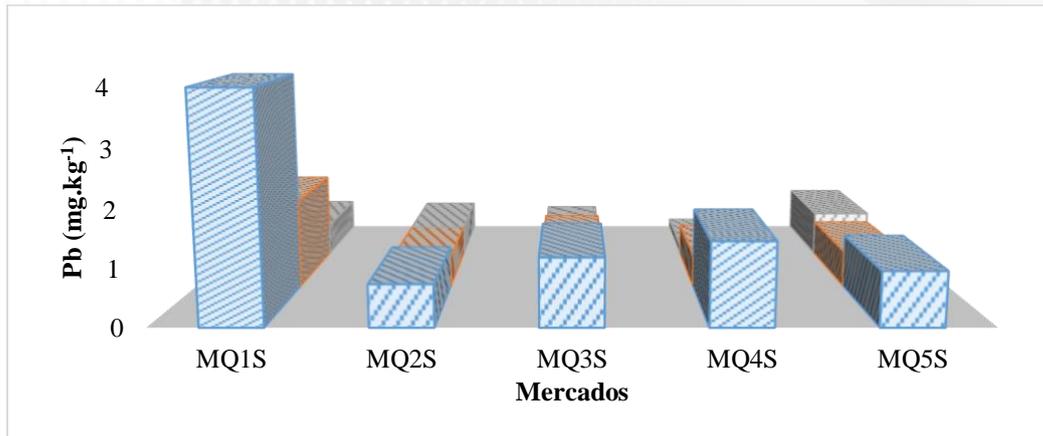
**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 4.** Concentraciones de Cd ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) en granos de soja comercializados en los mercados de Quevedo, Ecuador. Donde  $\ominus$  Muestreo 1,  $\oplus$  Muestreo 2 y  $\omin�$  Muestreo 3.

**Fuente:** Elaboración propia.

Las concentraciones de Pb en los granos de soja procedente de los mercados de Quevedo fueron:  $2,06 \pm 1,74 \text{ mg.kg}^{-1}$  (MQ1S),  $0,61 \pm 0,12 \text{ mg.kg}^{-1}$  (MQ2S),  $0,81 \pm 0,37 \text{ mg.kg}^{-1}$  (MQ3S),  $0,73 \pm 0,66 \text{ mg.kg}^{-1}$  (MQ4S) y  $0,82 \pm 0,15 \text{ mg.kg}^{-1}$  (MQ5S), encontrándose la mayor concentración de Pb en el mercado MQ1S, tal como se evidencia en la **Figura 5**.

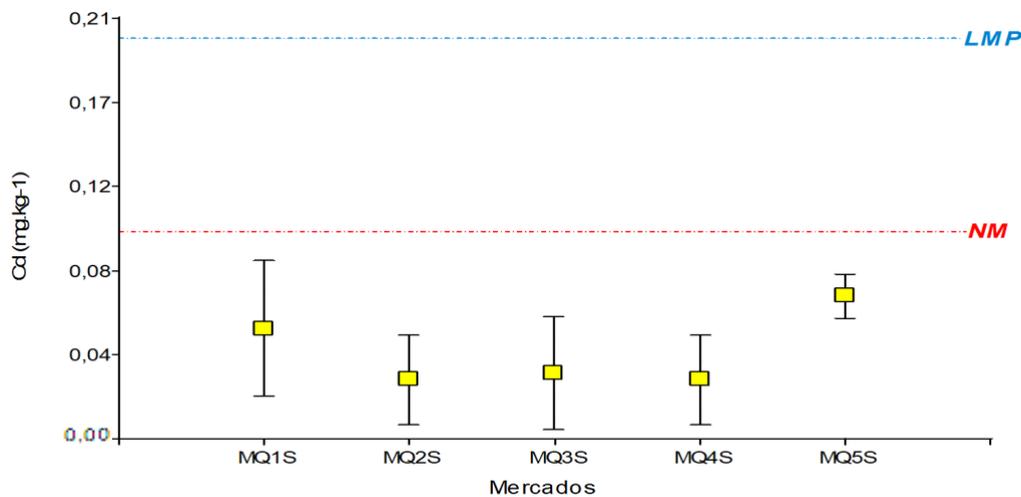


**Figura 5.** Concentraciones de Pb ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) en granos de soja comercializados en los mercados de Quevedo, Ecuador. Donde  $\theta$  Muestreo 1,  $\theta$  Muestreo 2 y  $\theta$  Muestreo 3.

**Fuente:** Elaboración propia.

### Análisis de datos

De acuerdo a la prueba de Kruskal Wallis se demostró que no existen diferencias significativas ( $H=5,93$ ;  $p=0,1548$ ) en las concentraciones de cadmio de los granos de soja procedentes de los cinco mercados de Quevedo. Estos promedios se encuentran dentro del nivel máximo (NM) recomendado por la FAO/OMS en el *Codex Alimentarius* de  $0,1\text{mg.kg}^{-1}$  y el límite máximo permitido (LMP) establecido por la Unión Europea de  $0,20\text{ mg.kg}^{-1}$  (**Figura 6**).

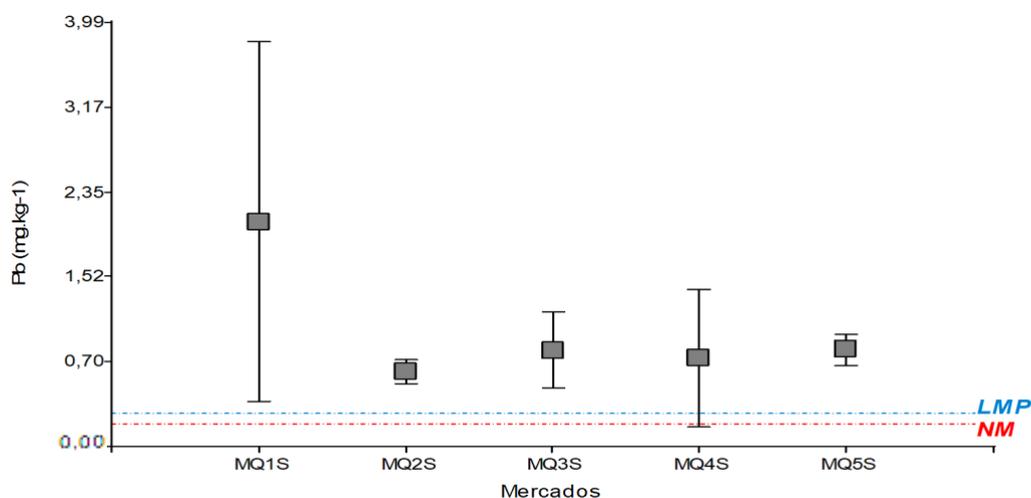


**Figura 6.** Comparación de las concentraciones ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) de Cd en granos de soja comercializados en mercados de Quevedo con los niveles máximo (NM) recomendado por la FAO/OMS y el límite máximo permitido (LMP) establecido por la Unión Europea. (media  $\pm$  desviación estándar).

**Fuente:** Elaboración propia.

De acuerdo a la prueba de Kruskal Wallis se demostró que no existen diferencias significativas ( $H=3,81$ ;  $p=0,4306$ ) en las concentraciones de plomo de los granos de soja procedentes de cinco

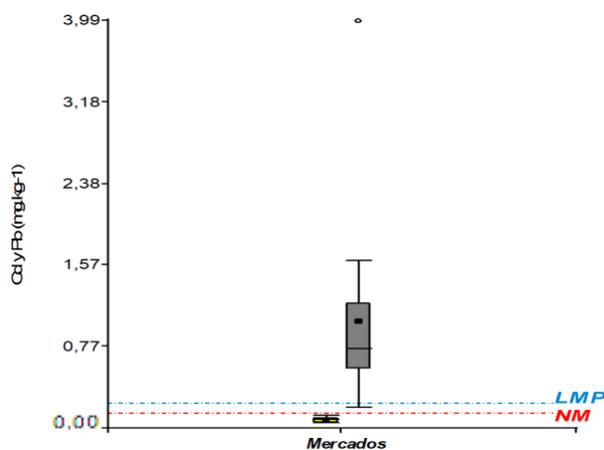
mercados de Quevedo. Estos promedios sobrepasan el nivel máximo (NM) recomendado por la FAO/OMS en el *Codex Alimentarius* de  $0,1\text{mg.kg}^{-1}$  y el límite máximo permitido (LMP) establecido por la Unión Europea de  $0,20\text{ mg.kg}^{-1}$  (**Figura 7**).



**Figura 7.** Comparación de las concentraciones ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) de Pb en granos de soja comercializados en mercados de Quevedo 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:** Elaboración propia.

Con base en los resultados donde se evidenció que no existen diferencias significativas en los mercados estudiados, los promedios generales de cadmio y plomo fueron:  $0,04\pm 0,03\text{ mg.kg}^{-1}$  y  $1,01\pm 0,91\text{ mg.kg}^{-1}$ , respectivamente. Encontrando un valor atípico en las concentraciones de plomo, procedente del mercado MQ1S ( $3,98\text{ mg.kg}^{-1}$ ), este valor pudiera verse influenciado por los procesos de industrialización de los granos de soja (**Figura 8**).

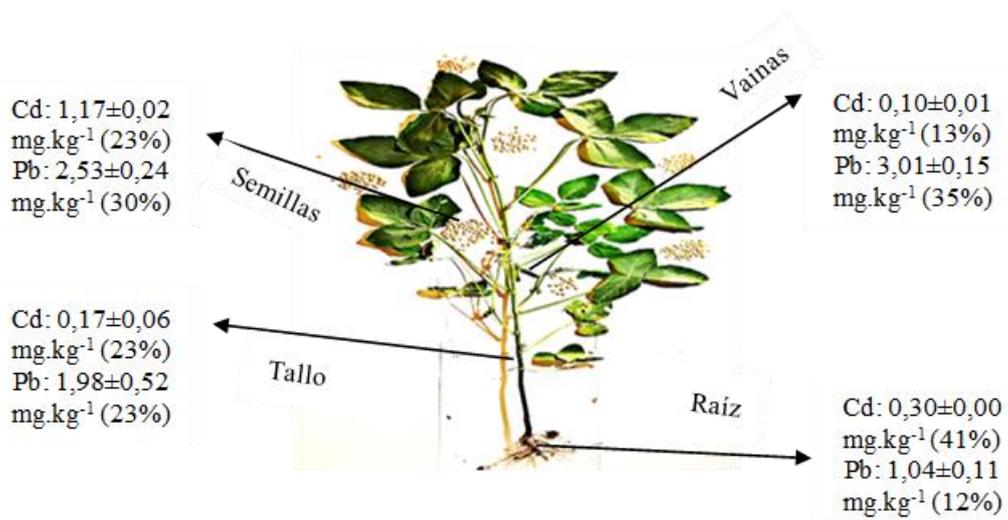


**Figura 8.** Promedios generales de Cd y Pb en granos de soja comercializados en mercados de Quevedo.

**Fuente:** Elaboración propia.

Los granos de soja que se comercializan en el cantón Quevedo no presentan riesgo por cadmio, debido a que sus niveles se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos en las normas internacionales (FAO/OMS y UE). Estas bajas concentraciones pueden verse influenciadas por los transportadores de metales asociados a la raíz del cultivo de soja que ayudan en el secuestro de elementos peligrosos, como el Cd, y minimizan su bioacumulación en las semillas después de su transferencia desde la raíz al tallo (Wang *et al.*, 2018).

La transferencia de metales y su relación con la calidad del cultivo de soja, fue evaluada en una investigación realizada por Salazar *et al.* (2012) en Argentina, reportando las concentraciones de cadmio en las diferentes partes de la planta (**Figura 9**), los autores concluyeron que los valores encontrados de cadmio, podrían representar un peligro toxicológico para el consumo humano.



**Figura 9.** Distribución del contenido de cadmio y plomo en las diferentes partes de la planta de soja.

Fuente: Salazar *et al.*, 2012.

En el caso del plomo, los granos de soja representan riesgos debido a que sus concentraciones exceden las normas internacionales (FAO/OMS, UE). Estos altos niveles de plomo encontrados pudieran deberse al uso indiscriminado de insumos químicos en la agricultura, residuos agrícolas, quema de basura (Pozo *et al.*, 2011), aunado a la alta tolerancia al plomo por parte de la soja (Mao *et al.*, 2018). A este respecto, Salazar *et al.* (2012), estudiaron la distribución del plomo en las diferentes partes de la planta de soja (**Figura 9**), concluyendo que las concentraciones encontradas en los granos superan los valores límites permitidos, representando un riesgo para la salud de las personas.

Investigadores de diferentes países (Chen *et al.*, 2018; Khalili *et al.*, (2018); Michalski *et al.*, 2020; Salazar *et al.*, 2012), han reportado concentraciones de plomo y cadmio similares a los obtenidos en

la presente investigación, indicando que existe contaminación por plomo en Rumania, Argentina, China e Irán (**Figura 10**).



**Figura 10.** Concentraciones de Cd y Pb en soja reportados en Rumania, China, Argentina e Irán.  
**Fuente:** Chen *et al.*, 2018; Khalili *et al.*, 2018; Michalski *et al.*, 2020; Salazar *et al.*, 2012.

#### 4. CONCLUSIONES

En las muestras evaluadas de granos de soja que se comercializan en el cantón Quevedo, se determinó la presencia de cadmio y plomo. Las concentraciones de plomo analizados mediante espectrometría de absorción atómica excedieron los valores límites permisibles establecidos por la FAO/OMS y la Unión Europea, lo que representa una evidencia clara de contaminación, generando un riesgo de intoxicación para la salud humana por la ingesta de plomo presente en los granos de soja.

Considerando estos resultados es necesario llevar a cabo una revisión y modificación de los criterios establecidos sobre la calidad de los suelos agrícolas y el uso excesivo de agroquímicos, fortaleciendo el diseño de estrategias que conduzcan a la prevención de la contaminación de los mismos.

#### 5 DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS DE LOS AUTORES

Los autores declaran no tener conflicto de intereses

#### 6 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>
- Barragán, R. M. (2019). Vulnerabilidad de los cultivos de ciclo transitorios al sur de Quevedo frente al cambio climático, 2018 [UTEQ]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/jspui/bitstream/43000/3746/1/T-UTEQ-0089.pdf>
- Calahorrano, O., Chicaiza, M., Enriquez, M., Galeas, M., Jácome, D., Pijal, A. B., Simbaña, B., Villarreal, W., Yépez, R. & Zurita, M. (2020). Estimación de superficie sembrada de los cultivos de arroz (*Oryza sativa L.*), maíz amarillo



duro (*Zea mays* L.) y soya (*Glycine max*) en las provincias de: Guayas, Los Ríos, Manabí, Santa Elena.  
*Coordinación General de Información Nacional Agropecuaria.*  
[http://geoportal.agricultura.gob.ec/geonetwork/srv/spa/resources.get?uuid=e738887e-238f-4afd-a2d5-fea0fcc5b8b8&fname=if\\_estimacion\\_cultivo\\_p1\\_2020.pdf&access=publi](http://geoportal.agricultura.gob.ec/geonetwork/srv/spa/resources.get?uuid=e738887e-238f-4afd-a2d5-fea0fcc5b8b8&fname=if_estimacion_cultivo_p1_2020.pdf&access=publi)

- Chaoua, S., Boussaa, S., El Gharmali, A. & Boumezzough, A. (2019). Impact of irrigation with wastewater on accumulation of heavy metals in soil and crops in the region of Marrakech in Morocco. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 18(4), 429–436. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2018.02.003>
- Chávez, C. (2011). *Detección de Metales Pesados en Agua (Tesis de maestría)* [INAOE]. <https://inaoe.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1009/671/1/ChavezVC.pdf>
- Chen, Y., Yuan, L. & Xu, C. (2018). The accumulation characteristics and potential health risks of heavy metals in vegetables from reclaimed area of China. *Human and Ecological Risk Assessment*, 24(4), 949–960. <https://doi.org/10.1080/10807039.2017.1403281>
- Eurolab España. P.P. Morillas y colaboradores. Guía Eurachem: La adecuación al uso de los métodos analíticos – Una Guía de laboratorio para la validación de métodos y temas relacionados (1ª ed. 2016). Disponible en [www.eurachem.org](http://www.eurachem.org)
- El-kady, A. A. & Abdel-wahhab, M. A. (2018). Occurrence of trace metals in foodstuffs and their health impact. *Trends in Food Science & Technology*, 75, 36–45. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.03.001>
- 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.
- Gallegos, W., Vega, M. & Noriega, P. (2012). Flame atomic absorption spectroscopy and its application to the determination of lead and control of cosmetic products. La Granja. *Revista de Ciencias de La Vida*, 15(1390–3799), 18–25. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476047399003>
- Garrido, M. L., Veitia, S. A., Guillen, T. D. A., García, O. C. & Chacón, J. J. (2013). Procedimiento analítico para la determinación de metales pesados en zanahoria y espinaca cultivadas en organopónicos urbanos. *Revista Científica Agropecuarias*, 22(1), 20–26. <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v22n1/rcta04113.pdf>
- Gonzalez, Barragan, R. M., Luis, S. & Marisol, R. (2020). Influencia de las variables climáticas en el rendimiento de cultivos transitorios en la provincia Los Ríos, Ecuador. *Centro Agrícola*, 47(4), 54–64. [http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V47-Numero\\_4/cag07420.pdf](http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V47-Numero_4/cag07420.pdf)
- Hernández, Y., Rodríguez, P., Mirella, P., Yanitza, M., & Omar, C. (2019). Toxicidad del Cadmio en las plantas y estrategias para disminuir sus efectos. Estudio de caso: El tomate. *Cultivos Tropicales*, 40(3), 1–19. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362019000300010](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362019000300010)
- Khalili, E., Moshtaghi Boroujeni, H. & 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.pdf>
- Labolab. (2021). Laboratorio de Análisis de Alimentos, Aguas y Afines. Informe de resultados N° 211247.
- Latimer, G. W. (2016). *Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL* (20th Editi). AOAC INTERNATIONAL.
- Mao, F., Nan, G., Cao, M., Gao, Y., Guo, L., Meng, X. & Yang, G. (2018). The metal distribution and the change of physiological and biochemical process in soybean and mung bean plants under heavy metal stress. *International Journal of Phytoremediation*, 20(11), 1113–1120. <https://doi.org/10.1080/15226514.2017.1365346>
- Michalski, R., Duda, M. M., Șerdean, P. N., Kernert, J., Grygoyc, K., Pecyna, P. & Muntean, E. (2020). Heavy Metals in Several Soybean Varieties Cultivated in the Transylvanian Plain, Romania. *Food Science and Technology*, 77(1), 74. <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-fst:2019.0040>
- Navas-Acien, A., Guallar, E., Silbergeld, E. K., & Rothenberg, S. J. (2007). Lead Exposure and Cardiovascular Disease — A Systematic Review. *Environmental Health Perspectives*, 472(3). <https://doi.org/10.1289/ehp.9785>
- 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>
- Pozo, W., Sanfeliu, T. & Carrera, G. (2011). Metales pesados en humedales de arroz en la cuenca baja del río Guayas. *Maskana*, 2(1), 17–30. <https://doi.org/10.18537/mskn.02.01.02>
- Quero, P., Zorrilla, M., Morales, S., & Rodriguez, M. (2017). Determinación de la contaminación por metales pesados en suelos. *Centro Azucar*, 44, 53–63. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2223-48612017000300006](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612017000300006)
- 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(February), 365–385. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.01.067>
- Salazar, M. J., Rodriguez, J. H., Nieto, G. L. & Pignata, M. L. (2012). Effects of heavy metal concentrations (Cd, Zn and Pb) in agricultural soils near different emission sources on quality, accumulation and food safety in soybean [*Glycine max* (L.) Merrill]. *Journal of Hazardous Materials*, 233–234, 244–253. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2012.07.026>
- Sharma, S., Nagpal, A. K. & Kaur, I. (2018). Heavy metal contamination in soil, food crops and associated health risks for residents of Ropar wetland, Punjab, India and its environs. *Food Chemistry*, 255, 15–22. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.02.037>

- Tchounwou, P. B., Yedjou, C. G., Patlolla, A. K. & Sutton, D. J. (2012). Heavy Metal Toxicity and the Environment. In *Molecular, Clinical and Environmental Toxicology*, 101(3), 1-579. <https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8340-4>
- UE. (2003). *Legislación De La Unión Europea de contaminantes químicos en productos alimentarios*. 1, 11.
- Wang, Y., Wang, C., Liu, Y., Yu, K. & Zhou, Y. (2018). GmHMA3 sequesters Cd to the root endoplasmic reticulum to limit translocation to the stems in soybean. *Plant Science*, 270, 23–29. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2018.02.007>
- 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>
- Zhou, H., Yang, W., Zhou, X., Liu, L., Gu, J. & Wang, W. (2016). Accumulation of Heavy Metals in Vegetable Species Planted in Contaminated Soils and the Health Risk Assessment. *MDPI*, 13, 289. <https://doi.org/10.3390/ijerph13030289>
- Zhuang, P., Li, Z. A., Zou, B., Xia, H. P. & Wang, G. (2013). Heavy Metal Contamination in Soil and Soybean near the Dabaoshan Mine, South China. *Pedosphere*, 23(3), 298–304. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(13\)60019-3](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(13)60019-3)
- Zhuang, P., McBride, M. B., Xia, H., Li, N. & Li, Z. (2009). Health risk from heavy metals via consumption of food crops in the vicinity of Dabaoshan mine, South China. *Science of the Total Environment*, the, 407(5), 1551–1561. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.10.061>

#### Contribución de autores

Autor	Contribución
Roberto Johan Barragán Monrroy	Responsable muestreo, análisis de los metales, análisis de los datos, búsqueda bibliográfica, redacción del artículo.
Luis Ramón Bravo Sánchez	Diseño, redacción artículo.
Julio Cesar Torres Puentes	Revisión