

**Artículo Original**

**DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN PULPA DE FRUTA  
DE *CAPSICUM ANNUUM L.* CULTIVADO EN LA COMUNA JOÁ,  
CANTÓN JIPIJAPA**

**HEAVY METALS DETERMINATION IN *CAPSICUM ANNUUM L.* FRUIT PULP  
GROWN IN JOA COMMUNE, JIPIJAPA CANTON**

Ramón Javier García Marcillo <sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-2424-4873>

Luis Ramón Bravo Sánchez <sup>2\*</sup> <https://orcid.org/0000-0001-5756-6628>

Jean Carlos Pérez Parra <sup>3</sup> <https://orcid.org/0000-0002-7971-1782>

<sup>1</sup> Maestría en Química, Mención Química Ambiental. Instituto de Posgrado. Universidad Técnica de Manabí, Avenida Urbina, y Che Guevara, Portoviejo 130103, Ecuador.

<sup>2</sup> Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Vida. Km. 2½ vía a Tena, Puyo, Pastaza, Ecuador.

<sup>3</sup> Departamento de Química, Universidad Técnica de Manabí, Av. Urbina y Che Guevara, Portoviejo 130103, Ecuador.

Recibido: Febrero 5, 2022; Revisado: Febrero 14, 2022; Aceptado: Febrero 21, 2022

**RESUMEN**

**Introducción:**

Los análisis de matrices ambientales y alimentos han evidenciado la contaminación con trazas de metales, lo que se considera riesgoso, por su persistencia, bioacumulación y toxicidad, que afectan a todas las formas de vida y a la seguridad alimentaria. Estos aspectos indujeron a desarrollar la presente investigación.

**Objetivo:**

Determinar las concentraciones de los metales pesados plomo y cadmio en el pericarpio de la fruta de *Capsicum annuum L.* (pimiento dulce), para proporcionar información segura, eficaz y eficiente que contribuya a la seguridad alimentaria y, por tanto, a la salud de la población comunal.

**Materiales y Métodos:**

Para el análisis se aplicó la digestión húmeda con ácido nítrico, clorhídrico, perclórico y la técnica de espectrofotometría de absorción atómica con llama de acetileno – aire. Las determinaciones se realizaron con tres mediciones en la lectura y tres repeticiones para



Este es un artículo de acceso abierto bajo una Licencia *Creative Commons* Atribución-No Comercial 4.0 Internacional, lo que permite copiar, distribuir, exhibir y representar la obra y hacer obras derivadas para fines no comerciales.

\* Autor para la correspondencia: Luis R. Bravo, Email: [lbravo@uea.edu.ec](mailto:lbravo@uea.edu.ec)



cada muestra; los límites de detección y cuantificación fueron de 0,01 mg.kg<sup>-1</sup> y 0,02 mg.kg<sup>-1</sup> y de 0,005 mg.kg<sup>-1</sup> y 0,01 mg.kg<sup>-1</sup> para Pb y Cd, respectivamente; el coeficiente de variación en todo el rango fue inferior al 5%.

### **Resultados y Discusión:**

Se cuantificaron las concentraciones de Cd y Pb contenidas en las muestras de las pulpas frescas del pimiento dulce, reflejando valores inferiores a los niveles máximos permisibles, según lo establecido por el *CODEX Alimentarius*.

### **Conclusiones:**

A pesar de las fuentes de contaminación identificadas en el sector, se determinaron bajos niveles de contaminación de metales pesados Cd y Pb en los productos agrícolas.

**Palabras clave:** Espectrofotometría de absorción atómica; metales pesados; niveles máximos permisibles; pericarpio de la fruta del pimiento; salud pública; seguridad alimentaria.

## **ABSTRACT**

### **Introduction:**

Analyses of environmental matrices and foods, both natural and processed, have revealed contamination with metals trace, which represents a considerable risk due to their non-degradation, bioaccumulation and toxicity, causing physiological and biochemical alterations that affect all life forms and food safety. These aspects led to the development of the present research.

### **Objective:**

To determine heavy metals lead and cadmium concentrations in the pericarp of *Capsicum annuum* L. (sweet pepper) fruit, to provide safe, effective and efficient information that contributes to food safety and, therefore, to commune population health.

### **Materials and Methods:**

For the analysis, wet digestion with nitric, hydrochloric and perchloric acid and the atomic absorption spectrophotometry technique with acetylene - air flame were applied; the determinations were made with three reading replicates and three repetitions for each sample; the detection and quantification limits were 0.01 mg.kg<sup>-1</sup> and 0.02 mg.kg<sup>-1</sup> and 0.005 mg.kg<sup>-1</sup> and 0.01 mg.kg<sup>-1</sup> for Pb and Cd, respectively; the variation coefficient throughout the range was less than 5%.

### **Results and Discussion:**

The concentrations of Cd and Pb contained in the fresh sweet bell pepper pulp samples were quantified, reflecting values below the maximum permissible levels, as established by the *CODEX Alimentarius*.

### **Conclusions:**

Despite the sources of contamination identified in the sector, low levels of contamination of heavy metals Cd and Pb were found in agricultural products.

**Keywords:** Atomic absorption spectrophotometry; heavy metals; maximum permissible levels; bell pepper fruit pericarp; public health; food safety.

## 1. INTRODUCCIÓN

La agricultura es una actividad trascendental en la sociedad, al proveer de una gama de alimentos imprescindibles para la vida y constituye un desafío para la humanidad el plantear gestiones ambientales que den respuestas óptimas, eficientes y adecuadas para lograr una vida más sostenible (García-Céspedes et al., 2016). Con el propósito de acondicionar el suelo para el desarrollo de los cultivos y obtener mayores resultados en su producción, se ha intensificado el uso de pesticidas, abono animal, herramientas tecnológicas y fertilizantes (Rodríguez, 2017). Estas acciones, entre otras, han generado un incremento en los niveles de contaminación, particularmente con metales pesados, que están afectando fuentes hídricas, aire, suelos, cultivos y sus productos agrícolas, reduciendo evidentemente la calidad de los alimentos (Delince et al., 2015). Existe un riesgo para la seguridad alimentaria y la salud pública, el cual está dado por la ingesta de alimentos contaminados, entre ellos las verduras y hortaliza que en muchos casos son cultivadas con procedimientos convencionales que incorporan fuentes hídricas no tratadas e inadecuadas, que inciden en los niveles de concentraciones de metales pesados, que hoy en día exceden los límites recomendados por la Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación (FAO) (Affum et al., 2020).

Se ha determinado que los metales pesados presentes como sustancias simples o combinadas, son causantes de una alteración ambiental por su no biodegradabilidad, movilidad, biodisponibilidad y toxicidad que afectan la fisiología de todo ser vivo; muchos de ellos, como: Cu, Se y Zn, tienen importancia bioquímica, en los niveles moderados de concentración, para todo ser vivo, sin embargo, otros no tienen y solo producen toxicidad, tal es el caso de: Cd, Pb, As y Hg (Tun-Canto et al., 2017), que por su capacidad de bioacumularse forman parte de la cadena alimenticia y amenazan la salud del ser humano, con enfermedades como “itai – itai”, hidrargirismo y saturnismo, causada por alimentos contaminados por metales pesados como Cd, Hg y Pb, respectivamente, entre otros efectos carcinogénicos, mutagénicos y teratogénicos (Rodríguez & Pérez, 2015); también se ha evidenciado la destrucción de enzimas antioxidantes que son las responsables de mantener y proteger en condiciones favorables de salud las estructuras y el metabolismo celular de los vegetales.

La toxicidad se puede medir a través de bioensayos “*in vitro*” con el empleo de especies de plantas sensibles, plantas moderadamente sensibles y plantas tolerantes (Ardisana, 2019). Existe una diferencia de la concentración de metales pesados tanto en la variedad de los productos agrícolas, el forraje, las plantas y el suelo, y para su determinación se toman como referencia los contenidos máximos permisibles y los niveles peligrosos propuestos por organismos internacionales y nacionales como: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA), Organización Mundial de Salud (OMS), Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Agencia Ambiental Holandesa, Ley de gestión ambiental del Ecuador, entre otros (Chambi et al., 2017). Respecto a los cultivos agrícolas, vale citar al *Capsicum annuum* L. (pimiento dulce) como uno de los productos de mayor relevancia comercial a nivel mundial, cultivado a campo abierto o en invernaderos artificiales; por sus propiedades nutricionales y nutraceuticas (ácido ascórbico, azúcares, carotenoides, polifenoles, entre otros), que actúan como antioxidantes, son muy considerados en la dieta diaria en su forma natural o procesados (Rui et al., 2017). Estudios de comportamiento del *Capsicum annuum* L.

bajo estrés oxidativo de cadmio y plomo han evidenciado respuestas desfavorables en los procesos fisiológicos, bioquímicos y moleculares (Kaya et al., 2019), efectos que pueden variar entre especies, variedades, estructuras anatómicas u organismos vivos, por citar en los animales y seres humanos a concentraciones bajas de Cd, sus células se deterioran más en comparación con los vegetales (Hernández-Bautista et al., 2015). También se ha evidenciado en plantas de tomate expuestas a diversas concentraciones de Cd, estrés oxidativos, un incremento de especies reactivas de oxígeno (ROS) que destruyen o modifican su sistema de defensa, representadas por las enzimas antioxidantes, cuyas respuestas son empleadas como datos de referencia en las mediciones de los niveles de concentraciones de metales pesados (Machín et al., 2017). Los niveles máximos permisibles (NM) en concentración de metales pesados en alimentos, propuestos por la unión europea y la FAO, respecto a las hortalizas y frutos que incluyen al pimiento dulce, han sido fijados en  $0,05 \text{ mg.kg}^{-1}$  y  $0,1 \text{ mg.kg}^{-1}$  para Cd y Pb respectivamente (Reyes et al., 2016). Según (Liu et al., 2021) en su estudio realizado con diferentes tratamientos para cultivo de *Capsicum annuum* L., los niveles de concentraciones de Cd en la fruta varían, tanto en masa seca (dw) como masa fresca (fw) como promedio obtenido de tres réplicas. Adicionalmente (Tokaloğlu et al., 2019) en su estudio con hojuela de pimiento establece concentraciones medias para Pb en  $0,27$  y para Cd en  $0,16 \text{ mg.kg}^{-1}$ .

Esto ha generado un gran interés por continuar con estos estudios, evaluando y monitoreando permanentemente sus niveles de concentración y los efectos a corto, mediano y a largo plazo que estos contaminantes producen en el mundo, principalmente en los países en vía de desarrollo, en los que existen menos controles o regulaciones que establezcan la obligatoriedad de dichos análisis (Mahecha et al., 2017). En este sentido se establece que los métodos de análisis cuantitativo que se pueden emplear en la determinación de metales pesados son muy diversos, en función del tipo de muestra que se desea evaluar; en los últimos tiempos se viene empleando el método de la espectrometría de masa con plasma acoplado por inducción (ICP-MS), por su alta sensibilidad, límites de detección, y eficacia en general en los análisis de trazas y ultra trazas de metales pesados contenidas en muestras de productos alimenticios (Tokaloğlu et al., 2019). Otros estudios afirman que la espectrofotometría de absorción atómica (EAA) con nebulización directa en llama o por horno de grafito, permite determinar metales pesados como: Cd, Cr, Ni, Cu, Pb y Zn. Los metales Se y As en muy bajas cantidades, deben ser determinados por generación de hidruros; la generación de vapores fríos se emplea para evaluar el Hg. Estas técnicas permiten obtener adecuados parámetros de validación como: selectividad, linealidad, sensibilidad, exactitud, precisión, robustez, límite de detección y cuantificación, etc. (Pérez y Barrantes, 2017), (Affum et al., 2020).

En respuesta a los resultados obtenidos en la evaluación de contaminación por metales pesados se puede sugerir la aplicación de técnicas de remediación con efectos de corto o largo período de restauración (Munive et al., 2018). En *Capsicum annuum* L. se han empleado técnicas exógenas de remediación para estrés oxidativo por cadmio, aplicando silicio en forma de  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  (Kaya et al., 2020 b), fitohormonas sintéticas brasinoesteroides (BR), epibrassinolida (EB) en complementación endógena con enzimas nitrato reductasas (NR) (Kaya et al., 2020 a) y óxido de nitrógeno (NO) para

reducir las concentraciones de Cd (Yan et al., 2019) y otros metales como Cd, Pb, Zn, Cu, Ni, Co y Hg, en las diversas estructuras biológicas de los vegetales, disminuyendo así el estrés oxidativo y mejorando sus comportamientos fisiológicos y mecanismos bioquímicos (Sharma et al., 2019).

La información bibliográfica revisada permite ofrecer una pauta para emprender esta investigación, que persigue el objetivo de determinar las concentraciones de los metales pesados plomo y cadmio en el pericarpio de la fruta de *Capsicum annuum* L. (pimiento dulce), para proporcionar información segura, eficaz y eficiente que contribuya a la seguridad alimentaria y, por tanto, a la salud de la población de la comuna Joá del Cantón Jipijapa.

El pimiento dulce es el cultivo de ciclo transitorio de mayor producción, consumo y comercialización en la comuna Joá del Cantón Jipijapa, lo cual justifica el interés en analizar dicho producto. El método analítico de elección en este caso es la espectrofotometría por absorción atómica con vaporización directa en una llama de acetileno – aire (Ipeaiyeda y Ayoade, 2017).

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Descripción del área de estudio

El presente estudio se realizó en la comuna Joá, que limita al norte con los cantones Montecristi y Portoviejo, al sur con las provincias del Guayas y Santa Elena, al este con los cantones Jipijapa, Paján y 24 de mayo, al oeste con la parroquia rural Puerto Cayo y el Océano Pacífico, sus coordenadas geográficas fueron (01°-10 min.) (01°-47 min.) latitud sur y a (80°-25 min.) (80°-52 min.) de longitud oeste, su altitud va entre 184 - 283 msnm, su temperatura promedio es de 24 °C, caracterizada por un clima cálido seco, dos temporadas la seca (mayo – octubre) y de lluvia (noviembre – abril), con un nivel de precipitación anual de 1280 mm (Figura 1).

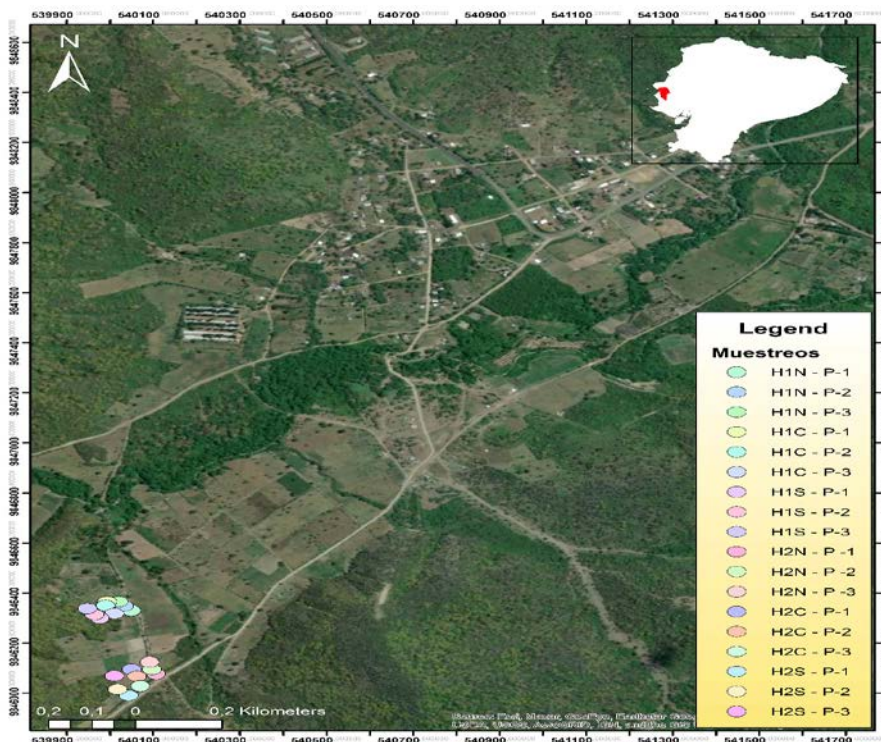


Figura 1. Localización geográfica de la zona de estudio

En el lugar existió un vertedero de basura orgánica e inorgánica y presenta vertientes naturales de agua azufrada producidas por el volcán inactivo Chocotete, canteras de donde se explota el mineral caliza (lastre), red vial estatal, presenta áreas de cultivos de ciclos perenne, transitorios y pastizales y está provista de una laguna de oxidación que funciona con flujo a gravedad y métodos biológicos naturales para el tratamiento de aguas residuales, efluente vertido al río Jipijapa, cuyo caudal “aguas abajo” es empleado como sistema hídrico de riego en las áreas de cultivo cuyos productos agrícolas son comercializados a nivel local, provincial y nacional en Ecuador (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Jipijapa, 2019).

## **2.2. Diseño experimental**

Se empleó el sistema de posicionamiento global (GPS Status), complementado con el programa ArcGIS-ArcMap 10,8 para indicar la ubicación espacial geográfica de los dos lotes de cultivo a campo abierto que fueron divididos con metodología aleatoria simple en seis sub-lotes norte (1-2), centro (1-2), sur (1-2) y cada sub-lote distribuido en tres puntos a distancia de 20 m, de donde se obtuvieron los 18 puntos de recolección de las muestras de *Capsicum annuum* L. (pimiento dulce), pertenecientes a las 90 ha de la finca San Luis - familia Quimis, en donde se cultivan productos agrícolas de ciclo perenne y transitorios (plátano, maracuyá, limón, tomate, pimiento, sandía, melón, maíz, entre otros) localizada en la vía al recinto Mero Seco (Figura 1). La recolección de la muestra fue al azar y se realizó el día 12 de abril de 2021; se ubicó directamente en fundas de polietileno estériles tipo “ziploc” una cantidad de masa de pimiento entre 100 y 130 g se selló la cremallera, se etiquetaron las muestras y se transportaron a temperatura ambiente para su posterior tratamiento y estudio en el laboratorio de análisis de alimentos, aguas y afines LABOLAB con acreditación N° SAE LEN 06-001, requerimiento de la norma ISO/IEC 17025. La fruta fue conservada a temperatura de  $4\pm 2^{\circ}\text{C}$  durante el tiempo hasta la realización de los análisis de identificación y cuantificación de metales pesados (Affum et al., 2020).

## **2.3. Análisis de las muestras**

Se utilizó un espectrofotómetro de absorción atómica “Analysis 200”, con lámparas de cátodos huecos para Cd y Pb con sus respectivos mecheros para llama de acetileno-aire, y una plancha de calentamiento para la digestión. La programación del software del equipo para su calibración y lectura de las muestras se realizó con los estándares y el blanco de  $\text{HNO}_3$  al 1 %; se lavaron las muestras con agua purificada, se pesaron 3 g de masa fresca por cada una de las 18 muestras y se procedió con la digestión húmeda, empleando ácido nítrico, clorhídrico y perclórico.

Una vez tratada la muestra se agregó una disolución de  $\text{HNO}_3$  hasta el aforo de 10 mL en un matraz volumétrico; se puso en funcionamiento el programa iniciando con el lavado del nebulizador aspirando  $\text{HNO}_3$  al 1 %. Seguidamente se dejó fluir los estándares y las muestra para determinar automáticamente la absorbancia y calcular la concentración de Cd y Pb por medio de las curvas de calibración almacenadas, teniendo en cuenta obviamente criterios de aceptación, rechazos fijados, materiales de referencia PE 1038-20 ML lote LRAB3070, para el Cd y el Pb y un análisis por triplicado lo que sustentó la precisión y exactitud del método.

### 2.4. Distribución espacial de concentraciones de Cd y Pb en pimiento dulce

Para caracterizar la distribución espacial a escala regional se emplearon técnicas de mapeo GIS e interpolación espacial IDW, de acuerdo a (González et al., 2020) el método IDW pondera los valores medidos circundantes para calcular una predicción de una ubicación sin mediciones. La distribución espacial se realizó empleando el software ArcGis 10.8.

### 2.5. Análisis estadísticos

Se utilizó la prueba de Kruskal Wallis con ayuda del software infostat, para identificar si existen diferencias estadísticamente significativas en las concentraciones de cadmio y plomo provenientes de las zonas y lotes evaluados. Se tomó como base los niveles máximos del *Codex Alimentarius* para identificar si existe contaminación.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dieciocho muestras de pulpa de pimiento dulce recolectadas de los seis sub-lotes (norte 1-2) (centro 1-2) (sur 1-2) perteneciente a los lotes de cultivos 1 y 2, fueron analizadas como materia fresca, aplicando el método aleatorio simple y la espectrofotometría de absorción atómica.

### 3.1. Cuantificación del Cd y Pb (EAA)

Se empleó la técnica de espectrofotometría de absorción atómica con llama de acetileno-aire, la cuantificación de estos dos metales se realizó por medio de las curvas de calibración, confeccionadas a partir de disoluciones estándares de Cd y Pb de 1000 mg.L<sup>-1</sup> y medidas contra blanco de reactivos. En la figura 2 se observan las concentraciones: 0,03; 0,05; 0,10; 0,15; 0,20 mg.L<sup>-1</sup> y 0,25; 0,50; 1,00; 2,00; 3,00 mg.L<sup>-1</sup>, que fueron utilizadas para diseñar las curvas de calibración tanto para el Cd y el Pb respectivamente.

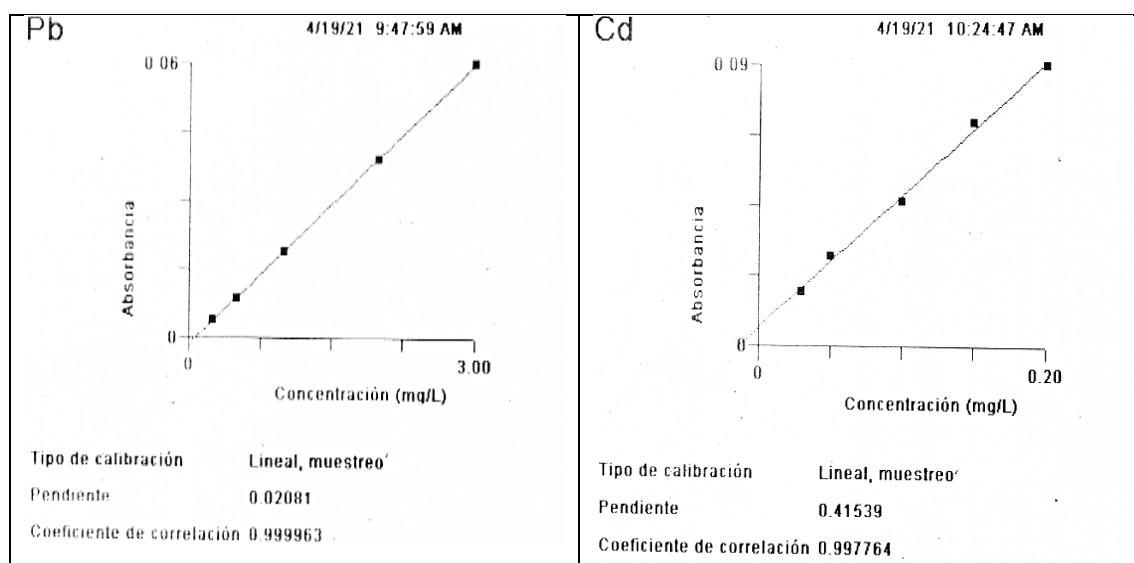


Figura 2. Curvas de calibración de Pb y Cd

Al analizar los coeficientes de correlación de Cd y Pb, se puede evidenciar que los valores son siempre superiores a 0,99 lo cual demuestra la existencia de una buena

correlación entre la variable independiente (concentración) y la variable dependiente (absorbancia). Las ecuaciones de dichas curvas fueron utilizadas como fórmula para el cálculo de las concentraciones.

A continuación, la tabla 1 muestra los resultados de las concentraciones de Cd y Pb obtenidos en las 18 muestras de pulpa de la fruta del pimiento dulce, recolectadas en los 2 lotes y sub-lotes con direcciones norte, centro y sur, con sus respectivas coordenadas UTM.

**Tabla 1.** Concentraciones de Cd y Pb presentes en la pulpa de la fruta del pimiento dulce analizadas

LOTE N° 1							
Fecha de recolección	Zonas de muestreo lote N°1	Distancia de recolección de muestra (20 m)	Códigos de muestras	Concentraciones metales pesados mg.kg <sup>-1</sup> analizados		Coordenadas estándar UTM	
				Cd	Pb	ESTE (X)	NORTE (Y)
12/4/2021	NORTE	Punto 1	H1N - P-1	< 0,01	0,12	540048,7	9846331,1
12/4/2021		Punto 2	H1N - P-2	< 0,01	0,14	540032	9846348,8
12/4/2021		Punto 3	H1N - P-3	< 0,01	< 0,02	540019,7	9846366,5
12/4/2021	CENTRO	Punto 1	H1C - P-1	< 0,01	< 0,02	539993	9846366,5
12/4/2021		Punto 2	H1C - P-2	< 0,01	< 0,02	539989,7	9846351
12/4/2021		Punto 3	H1C - P-3	< 0,01	< 0,02	540009,7	9846319
12/4/2021	SUR	Punto 1	H1S - P-1	0,03	< 0,02	539976,3	9846301,3
12/4/2021		Punto 2	H1S - P-2	0,03	< 0,02	539964,1	9846314,6
12/4/2021		Punto 3	H1S - P-3	< 0,01	< 0,02	539947,4	9846338,9
LOTE N° 2							
Fecha de recolección	Zonas de muestreo lote N°2	Distancia de recolección de muestra (20 m)	Códigos de muestras	Concentraciones metales pesados mg/kg analizados		Coordenadas estándar UTM	
				Cd	Pb	ESTE (X)	NORTE (Y)
12/4/2021	NORTE	Punto 1	H2N - P -1	< 0,01	< 0,02	540106,5	9846078
12/4/2021		Punto 2	H2N - P -2	< 0,01	< 0,02	540096,5	9846095,7
12/4/2021		Punto 3	H2N - P -3	< 0,01	< 0,02	540090,9	9846125,5
12/4/2021	CENTRO	Punto 1	H2C - P-1	0,04	< 0,02	540049,7	9846096,8
12/4/2021		Punto 2	H2C - P-2	< 0,01	< 0,02	540062	9846068,1
12/4/2021		Punto 3	H2C - P-3	< 0,01	< 0,02	540069,7	9846029,4
12/4/2021	SUR	Punto 1	H2S - P-1	< 0,01	< 0,02	540043	9845991,8
12/4/2021		Punto 2	H2S - P-2	< 0,01	< 0,02	540017,5	9846016,1
12/4/2021		Punto 3	H2S - P-3	< 0,01	< 0,02	540009,7	9846070,3

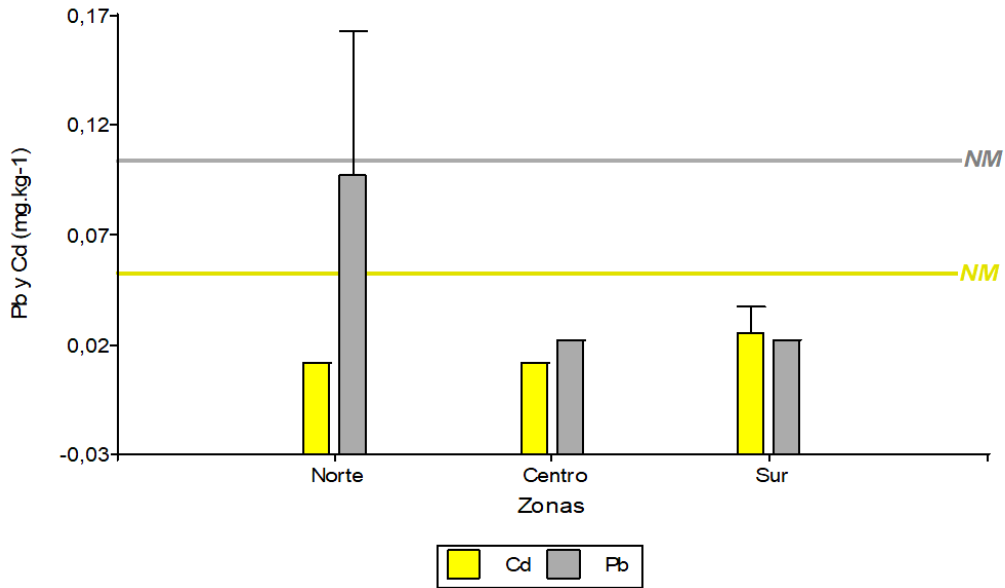
H1N= Hectárea 1 norte; H1C= Hectárea 1 centro; H1S= Hectárea 1 sur

### 3.2. Análisis estadísticos

La prueba de Kruskal Wallis demostró que no existen diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ) en las concentraciones de cadmio y plomo proveniente de las

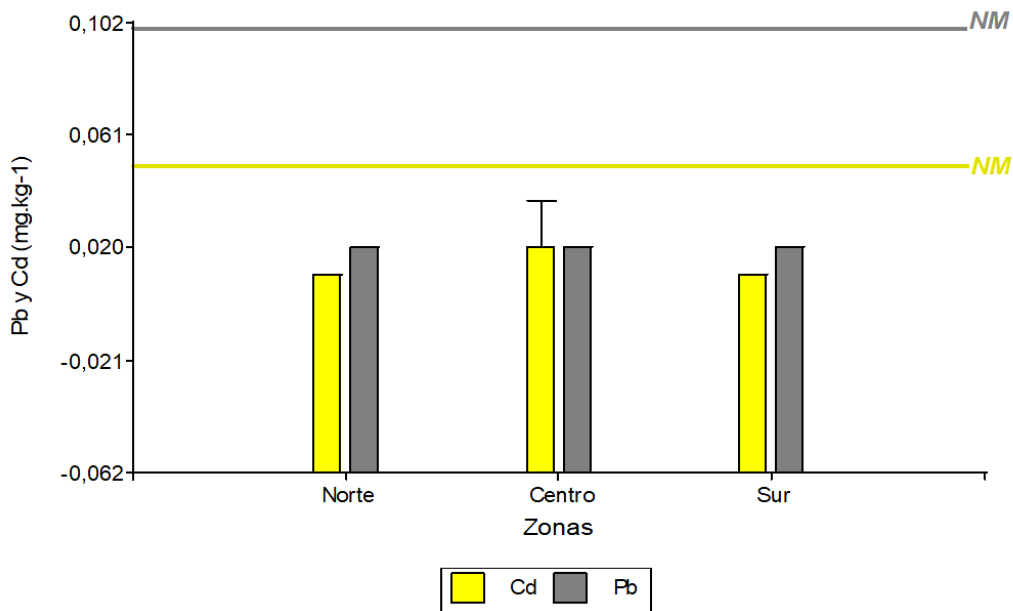


tres zonas evaluadas del lote uno. Estos promedios se encuentran dentro de los intervalos de los niveles máximos permitidos para cadmio y plomo  $0,05 \text{ mg.kg}^{-1}$ ;  $0,1 \text{ mg.kg}^{-1}$ , respectivamente (Figura 3) (Reyes et al., 2016).



**Figura 3.** Evaluación de las concentraciones de Cd y Pb en las 3 zonas del lote 1

La prueba de Kruskal Wallis demostró que no existen diferencias estadísticamente significativas ( $p>0,05$ ) en las concentraciones de cadmio y plomo proveniente de las tres zonas evaluadas del lote 2. Estos promedios se encuentran dentro de los intervalos de los niveles máximos establecidos (Figura 4) (Reyes et al., 2016).



**Figura 4.** Evaluación de las concentraciones de Cd y Pb en las 3 zonas del lote 2

Se demostró que no existen diferencias estadísticamente significativas ( $p>0,05$ ) en las concentraciones de cadmio y plomo proveniente del lote uno y dos. Estos promedios se encuentran dentro de los intervalos de los niveles máximos establecidos (Figura 5) (Reyes et al., 2016).

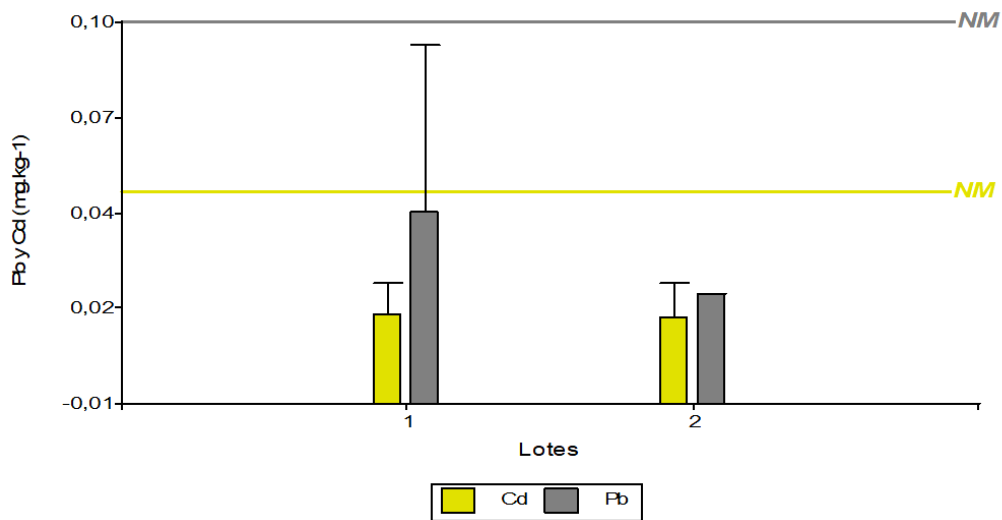


Figura 5. Evaluación de concentraciones de cadmio y plomo de los lotes 1 y 2

### 3.3. Distribución espacial del Cd y Pb contenidos en las frutas de *Capsicum annuum* L. en los dos lotes de cultivos

Esta representación espacial refleja y compara las concentraciones de los metales (Cd, Pb) en la pulpa del pimiento cosechados en los lotes 1 y 2 en función a las coordenadas UTM o puntos de muestreos (norte 1-2; centro 1-2; sur 1-2) (Figura 6).

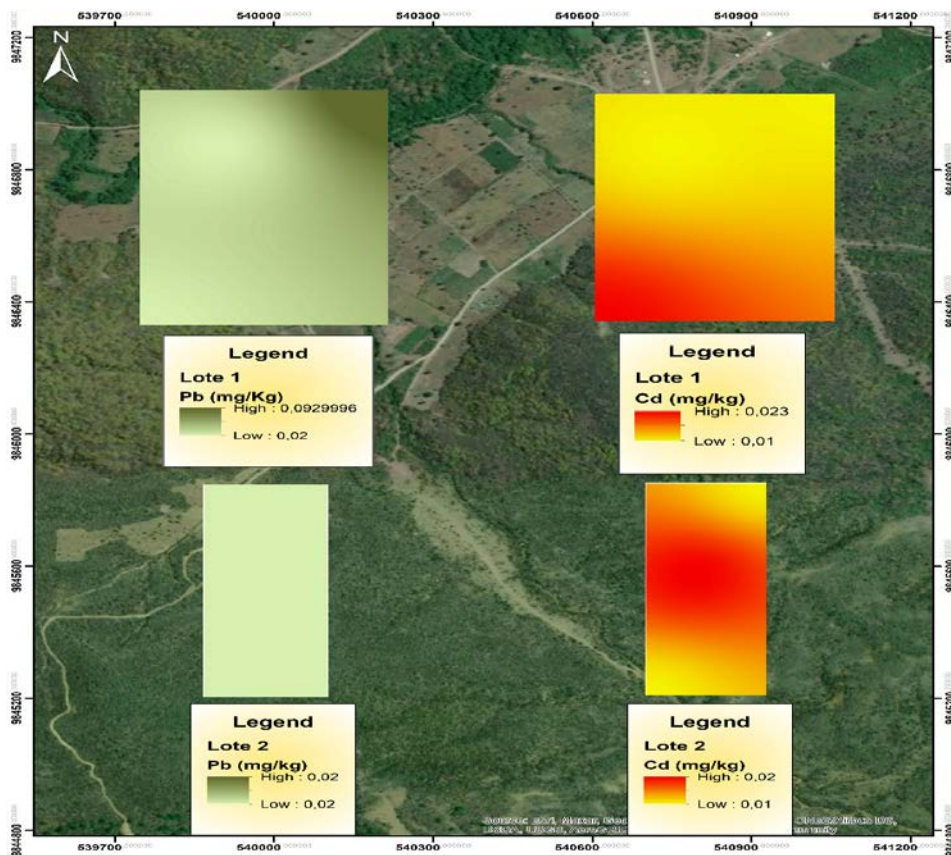


Figura 6. Distribución espacial del cadmio y plomo de los lotes 1 y 2

Con esta proyección se analizó que, a pesar de que los cultivos son irrigados con afluentes del río que capta aguas residuales tratadas en la laguna de oxidación y afectados por otras fuentes de contaminación del entorno, los resultados en

concentraciones de Cd y Pb en las 18 muestras de pulpa de pimiento dulce, reflejan una dispersión semejante de estos metales. En el lote 1 las concentraciones de Pb van de 0,02 a 0,0929 mg.kg<sup>-1</sup> y para Cd de 0,01 a 0,023 mg.kg<sup>-1</sup>. En el lote 2 las concentraciones de plomo no tuvieron mayor variación en concentraciones de 0,02 mg.kg<sup>-1</sup>, mientras para cadmio el rango de concentración evaluada es de 0,01 a 0,02 mg.kg<sup>-1</sup>, evidenciándose que estas concentraciones están por debajo de los niveles máximos permisibles para alimentos, establecidos por (Soto-Benavente et al., 2020).

Los valores obtenidos son similares al estudio realizado por (Obando y Vera, 2014) en su investigación con fruta del maíz (hortaliza fresca) realizado en el mismo lugar, donde obtuvo concentraciones de  $\leq 0,02$  y  $\leq 0,09$  mg.kg<sup>-1</sup> para Cd y Pb respectivamente.

En otro análisis realizado por (Affum et al., 2020) en Ghana se obtuvo una concentración media de Cd en *Capsicum annuum* L. de 0,024 mg.kg<sup>-1</sup> en masa seca, cultivados en suelos urbanos e irrigados por sistemas hídricos no tratados. Y de acuerdo a (Liu et al., 2021) en sus experimentos *in situ* con *Capsicum annuum* L. cultivados en suelos pronunciados y empleando diversos métodos de irrigación agrícolas, obtuvo concentraciones medias  $\pm$  desviación estándar de cadmio, basado en tres réplicas que variaron entre masa seca ( $0,48 \pm 0,08$ ;  $0,53 \pm 0,09$ ;  $0,40 \pm 0,02$ ;  $0,57 \pm 0,05$  mg.kg<sup>-1</sup>) y masa fresca ( $0,048 \pm 0,01$ ;  $0,053 \pm 0,01$ ;  $0,040 \pm 0,00$ ;  $0,057 \pm 0,01$  mg.kg<sup>-1</sup>) en la fruta.

#### 4. CONCLUSIONES

A pesar de las fuentes de contaminación identificadas en el sector, se determinaron bajos niveles de contaminación por los metales pesados Cd y Pb en el pericarpio de la fruta de *Capsicum annuum* L. (pimiento dulce), inferiores a los límites máximos permisibles, lo cual hace de este producto agrícola un alimento confiable y seguro para el consumo humano.

#### AGRADECIMIENTOS

A los docentes facilitadores del proceso de postgrado, docente cotutor y tutor de este trabajo de investigación de titulación, a compañeros y familiares que contribuyeron a un feliz término en esta fase de perfeccionamiento profesional.

#### REFERENCIAS

- Affum, A.O., Osa, S.D., Kwaansa-Ansah, E.E., & Miyittah, M.K., Quality assessment and potential health risk of heavy metals in leafy and non-leafy vegetables irrigated with groundwater and municipal-waste-dominated stream in the Western Region, Ghana., *Heliyon*, Vol. 6, No. 12, 2020, e05829. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05829>
- Ardisana, E.F., Respuesta Inducida a Enzimas Antioxidativas en arroz bajo estrés por plomo y níquel., *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, Vol. 10, No. 1, 2019, pp. 51–62. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i1.570>
- Chambi, L., Orsag, V., & Niura, A. Evaluation of the presence of heavy metals in agricultural soils and crops in three microbasins of the municipality of Poopó - Bolivia., *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, Vol. 4, No. 1, 2017, pp. 67–73.

- [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2409-16182017000100009&script=sci\\_abstract&tlng=en](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2409-16182017000100009&script=sci_abstract&tlng=en)
- García-Céspedes, D., Lima-Cazorla, L.A., Ruiz-Gutierrez, L., Santana-Romero, J.L., & Calderón-Peñalver, P.A., Agroecosistemas con probables riesgos a la salud por contaminación con metales pesados., *Revista Cubana de Química*, Vol. 28, No. 1, 2016, pp. 378–393. <https://www.redalyc.org/pdf/4435/443543743004.pdf>
- Delince, W., Valdés, R., López, O., Guridí, F., & Balbín, M.I., Riesgo agroambiental por metales pesados en suelos con cultivos de *Oryza sativa* L y *Solanum tuberosum* L., *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, Vol. 24, No. 1, 2015, pp. 44–50. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2071-00542015000100006](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542015000100006)
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Jipijapa., Plan de desarrollo y Ordenamiento Territorial, 2019, pp. 01-125. [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdocumentofinal/1360027320001PDyOT%20El%20Anegado%202015-2019\\_29-10-2015\\_23-00-31.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1360027320001PDyOT%20El%20Anegado%202015-2019_29-10-2015_23-00-31.pdf)
- González, B.B., Barragan, R. Simba, L., & Rivero, M., Influencia de las variables climáticas en el rendimiento de cultivos transitorios en la provincia Los Ríos, Ecuador., *Centro Agrícola*, Vol. 47, No. 4, 2020, pp. 54–64. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0253-57852020000400054](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852020000400054)
- Hernández-Bautista, L., Trejo-Téllez, L.I., Gómez-Merino, F.C., García-Morales, S., & Tejada-Sartorius, O., Physiological and nutrient changes in sweet pepper., *Rev. Int. Contam. Ambie.*, Vol. 31, No. 4, 2015, pp. 389–396. <https://www.redalyc.org/journal/370/37043336006/movil/>
- Ipeaiyeda, A.R., & Ayoade, A.R., Flame atomic absorption spectrometric determination of heavy metals in aqueous solution and surface water preceded by co-precipitation procedure with copper(II) 8-hydroxyquinoline., *Applied Water Science*, Vol. 7, No. 8, 2017, pp. 4449–4459. <https://doi.org/10.1007/S13201-017-0590-9>
- Kaya, C., Akram, N.A., Sürücü, A., & Ashraf, M., Alleviating effect of nitric oxide on oxidative stress and antioxidant defence system in pepper (*Capsicum annuum* L.) plants exposed to cadmium and lead toxicity applied separately or in combination., *Scientia Horticulturae*, Vol. 255, May, 2019, pp. 52–60. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.05.029>
- Kaya, C., Ashraf, M., Alyemeni, M.N., & Ahmad, P., The role of nitrate reductase in brassinosteroid-induced endogenous nitric oxide generation to improve cadmium stress tolerance of pepper plants by upregulating the ascorbate-glutathione cycle., *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Vol. 196, January, 2020 a, 110483. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110483>
- Kaya, C., Akram, N.A., Ashraf, M., Alyemeni, M.N., & Ahmad, P., Exogenously supplied silicon (Si) improves cadmium tolerance in pepper (*Capsicum annuum* L.) by up-regulating the synthesis of nitric oxide and hydrogen sulfide., *Journal of Biotechnology*, Vol. 316, April, 2020 b, pp. 35–45. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2020.04.008>
- Liu, Y., Hu, C., Li, B., Ding, D., Zhao, Z., Fan, T., & Li, Z., Subsurface drip irrigation reduces cadmium accumulation of pepper (*Capsicum annuum* L.) plants in upland soil., *Science of the Total Environment*, Vol. 755, 2021, 142650.

- <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142650>
- Machín, A., Sánchez, E., Héctor, E.F., Santos, M.E., & Pérez, S., Actividad de enzimas del estrés oxidativo en plantas de tomate cv. Amalia en respuesta al plomo., *Horticultura Brasileira*, Vol. 35, No. 2, 2017, pp. 216–223. <https://doi.org/10.1590/s0102-053620170210>
- Mahecha, J.D., Trujillo, J.M., & Torres, M.A., Análisis de estudios en metales pesados en zonas agrícolas de Colombia., *Orinoquia*, Vol. 21, 1 Sup, 2017, pp. 83–93. <https://doi.org/10.22579/20112629.434>
- Munive, R., Loli, O., Azabache, A., & Gamarra, G., Phytoremediation with corn (*Zea mays* L.) and Stevia compost on soils degraded by contamination with heavy metals., *Scientia Agropecuaria*, Vol. 9, No. 4, 2018, pp. 551–560. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.04.11>
- Obando, C., & Vera, H., Estudio de cultivo del maíz cosechado con agua residual procedente de la laguna de oxidación del Sitio Joa del Cantón Jipijapa, Periodo 2013., *Universidad Laica Eloy Alfaro De Manabí - Centro de Estudios de Posgrado, Investigación, Relaciones y Cooperación Internacional, CEPIRCI*, 2014. <https://repositorio.ulead.edu.ec/bitstream/123456789/1402/1/ULEAM-POSG-GA-0026.pdf>
- Pérez, E., & Barrantes, C., Evaluación de tres métodos para la recuperación de metales pesados en fertilizantes., *UNED Research Journal*, Vol. 9, No. 2, 2017, pp. 257–265. <https://doi.org/10.22458/urj.v9i2.1666>
- Reyes, Y.C., Vergara, I., Torres, O.E., Díaz, M., & González, E.E., Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria., *Ingeniería Investigación y Desarrollo*, Vol. 16, No. 2, 2016, pp. 66–77. <https://doi.org/10.19053/1900771x.v16.n2.2016.5447>
- Rodríguez, D., Occupational poisoning due to heavy metals., *Medisan*, Vol. 21, No. 12, 2017, pp. 3372 – 3385. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1029-30192017001200012&lng=es&nrm=iso&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1029-30192017001200012&lng=es&nrm=iso&tlng=en)
- Rodríguez, D., & Pérez, O., Educación ambiental vs. baja percepción acerca de la contaminación por metales pesados en comunidades costeras., *Ciencia en su PC*, Vol. 1, 2015, pp. 13–28. <https://www.redalyc.org/pdf/1813/181338814002.pdf>
- Rui, L., De-Wang, L., Hui - Ping, L., Chun - Lai, H., Ming - Yi, S., Zi - Xi, D., Jia - Wei, L., Jun, Z., & Huan - Xin, W., Enhancing iodine content and fruit quality of pepper (*Capsicum annuum* L.) through biofortification., *Scientia Horticulturae*, Vol. 214, 2017, pp. 165–173. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.11.030>
- Sharma, A., Soares, C., Sousa, B., Martins, M., Kumar, V., Shahzad, B., Sidhu, G.P.S., Bali, A.S., Asgher, M., Bhardwaj, R., Thukral, A.K., Fidalgo, F., & Zheng, B., Nitric oxide-mediated regulation of oxidative stress in plants under metal stress: a review on molecular and biochemical aspects., *Physiologia Plantarum*, Vol. 168, No. 2, 2019, pp. 318–344. <https://doi.org/10.1111/ppl.13004>
- Soto-Benavente, M., Rodríguez-Achata, L., Olivera, M., Arostegui, V., Colina, C., & Garate, J., Riesgos para la salud por metales pesados en productos agrícolas cultivados en áreas abandonadas por la minería aurífera en la Amazonía peruana., *Scientia Agropecuaria*, Vol. 11, No. 1, 2020, pp. 49-59.

[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2077-99172020000100049](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172020000100049)

Tokaloğlu, Ş., Dokan, F. K., & Köprü, S., ICP-MS multi-element analysis for determining the origin by multivariate analysis of red pepper flakes from three different regions of Turkey., *Lwt - Food Science and Technology*, Vol. 103, 2019, pp. 301–307. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.01.015>

Tun-Canto, G.E., Álvarez-Legorreta, T., Zapata-Buenfil, G., & Sosa-Cordero, E., Metales pesados en suelos y sedimentos de la zona cañera del sur de Quintana Roo, México., *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, Vol. 34, No. 3, 2017, pp. 157–169. <https://doi.org/10.22201/cgeo.20072902e.2017.3.433>

Yan, H., Lingli, L., Shengke, T., Senman, L., Xiaoxia, L., Xiaoyu, G., Weiwei, Z., & Xianyong, L., Cadmium-induced nitric oxide burst enhances Cd tolerance at early stage in roots of a hyperaccumulator *Sedum alfredii* partially by altering glutathione metabolism., *Science of the Total Environment*, Vol. 650, 2019, pp. 2761–2770. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.269>

### **CONFLICTO DE INTERÉS**

Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

### **CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES**

- Lic. Ramón Javier García Marcillo. Realizó el estudio, análisis y la escritura del artículo.
- Dr.C. Luis Ramón Bravo Sánchez. Realizó la revisión, aportaciones y corrección del artículo.
- Dr.C. Jean Carlos Pérez Parra. Realizó la revisión, aportaciones y corrección del artículo.