



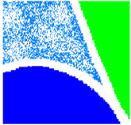
UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS
TRABAJO DE DIPLOMA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO

Evaluación de la inocuidad de las hortalizas en zonas urbanas de Cienfuegos, respecto a los contaminantes metálicos.

Autor: Danitza Garlobo de León

Tutores: DraC. Rita Y. Sibello Hernández
Prof. José Ramón Mesa Reinaldo

Abreus, diciembre 2023



CENTRO DE ESTUDIOS AMBIENTALES DE CIENFUEGOS

Apartado Postal 5, Código Postal 59350. Ciudad Nuclear, Cienfuegos.

Tel. 965146, 965566, 965584. Fax 53-43-965146. E-mail: ceac@ceac.cu

Ciudad Nuclear, 5 de Septiembre de 2023

Año 65 de la Revolución

AVAL

El trabajo de Diploma “Evaluación de la inocuidad de las hortalizas urbanas respecto a los contaminantes metálicos, en Cienfuegos”, para optar por el grado de Ingeniero Agrónomo, ha sido desarrollado en el Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos. Esta investigación se enmarcó en el Proyecto de Investigación Científica Técnica Territorial “Contribución al fortalecimiento de la gestión de la inocuidad alimentaria en la provincia de Cienfuegos, apoyado en un programa de monitoreo de contaminantes químicos como herramienta” Acrónimo SEGAL, el cual tributa al Programa de Investigación de la Delegación de la Agricultura Seguridad Alimentaria en Cienfuegos. La autora del trabajo, Danitza Garlobo de León, ha estado involucrada en las actividades del proyecto, desempeñando un papel importante en la evaluación de la inocuidad de los productos agrícolas de la ciudad de Cienfuegos. El tema de investigación tiene gran vigencia puesto que tributa a la Ley de Soberanía Alimentaria y Seguridad Alimentaria y Nutricional en Cuba (Ley SSAN).

MC. Alejandro García Moya
Director del CEAC
CEAC

MC. Yan Miguel Gallo
Sub-Director Científico del

MC. Yusmila Helguera Pedraza
Responsable del Departamento de ECA
SEGAL

Dra.C. Rita Y. Sibello Hernández
Responsable del proyecto

RESUMEN

Uno de los más grandes desafíos al que se enfrenta actualmente la humanidad, es la seguridad alimentaria. Se hace necesario hacer más eficientes las producciones de alimentos para garantizar una dieta variada y nutritiva a la población. En este sentido la Agricultura Urbana (AU) aporta grandes beneficios a la seguridad alimentaria de la ciudad, al proporcionar vegetales frescos y diversos. Sin embargo, el hecho de que se desarrolla cerca de las carreteras; la influencia de grandes industrias en muchas ocasiones; así como el uso de diferentes sustratos, no siempre con toda la claridad necesaria de su procedencia, la convierten en un punto vulnerable a la contaminación que pudiera ser tóxica para los seres humanos. Entre estos contaminantes están los contaminantes metálicos, entre ellos los metales pesados (MP) tales como, el Plomo (Pb), el Arsénico (As), el Mercurio (Hg), Cadmio (Cd), el Cromo (Cr), el Cobre (Cu) y el Manganeso (Mn), principalmente. Los MP son tóxicos y cancerígenos a diferentes concentraciones. En esta investigación, el objetivo principal fue evaluar la inocuidad alimentaria en las hortalizas de la AU en la ciudad de Cienfuegos, respecto a los contaminantes metálicos. La determinación de estos elementos se realizó por el método de Espectrometría por Fluorescencia de Rayos X por Dispersión de Energía (EDFRX), en el Laboratorio de Ensayos Ambientales (LEA) del Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos (CEAC). Para la evaluación de la inocuidad se controló el cumplimiento de la NC 493:2015 Contaminantes Metálicos en Alimentos – Regulaciones Sanitarias. Algunos vegetales superaron los Límites Máximos Establecidos en la NC.

Palabras Clave: Agricultura, Seguridad Alimentaria, Inocuidad Alimentaria

SUMMARY

One of the greatest challenges that humanity currently faces is food security. It is necessary to make food production more efficient to guarantee a varied and nutritious diet for the population. In this sense, urban agriculture brings great benefits to the food security of the city, by providing fresh and diverse vegetables. However, the fact that it is developed near roads, also influenced by the proximity in many cases to large

industries, as well as the use of different substrates, not always with all the necessary clarity of their origin, make it a point vulnerable to contamination that could be toxic to humans. Among these contaminants are metallic contaminants, including heavy metals (HM) such as Lead (Pb), Arsenic (As), Mercury (Hg), Cadmium (Cd), Chromium (Cr), Copper (Cu) and Manganese (Mn), mainly. HMs are toxic and carcinogenic at different concentrations. In this research, the main objective was to evaluate food safety in vegetables from urban agriculture in the city of Cienfuegos, with respect to metal contaminants. The determination of these elements was carried out by the X-ray Fluorescence Spectrometry method, in the Environmental Testing Laboratory (LEA) of the Center for Environmental Studies of Cienfuegos (CEAC). For the safety evaluation, compliance with NC 493:2015 Metallic Contaminants in Foods – Health Regulations was controlled. Some vegetables exceeded the Maximum Limits Established in the NC.

Key words: Agriculture, Food Safety, metal contaminants

(...) “Debemos proclamar con toda energía que tenemos derecho a respirar aire puro, a beber agua que no esté contaminada..., alimentarnos y que esos alimentos sean sanos, a que se nos eduque, a que se atienda nuestra salud, a ser menos pobres cuando otros son cada vez más ricos”

Fidel Castro (1996)

Agradecimientos

Agradezco infinitamente, en primer lugar, a mis padres, por brindarme su apoyo incondicional en todo momento; a mi pequeña hija Aliana, a la cual le he restado tiempo de atención para poderme dedicar a mis estudios y quien es mi mayor inspiración; agradezco con mucho cariño; a mis profesores de la carrera, por toda su enseñanza; a mis tutores, por el tiempo dedicado, a mi tutora DraC. Rita Y. Sibello Hernández, por la dirección de este trabajo de Diploma y por darme la oportunidad de participar en el proyecto de investigación SEGAL que ejecuta el CEAC y al Profesor José R. Mesa Reinaldo, por su ayuda incondicional. Por último y no menos importante, a todos mis compañeros de estudio, quienes durante todos estos años me han brindado su apoyo y cariño. A todos, muchas gracias.

Dedicatoria

Dedico esta tesis, fruto de mis esfuerzos durante varios años, con todo mi cariño a mis padres María y Manuel y a mi pequeña hija Aliana, quienes han sido para mí, bastión e inspiración permanente.

ÍNDICE

	Contenidos	Pág.
	RESUMEN	
	INTRODUCCIÓN	1
	CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.	5
1.1	La inocuidad alimentaria como tema prioritario en la agricultura urbana.	5
1.2	Los contaminantes metálicos de mayor importancia toxicológica y sus daños a la salud.	9
1.3	Algunos reportes de las concentraciones de metales pesados (MP) en vegetales	14
	CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS.	17
2.1	Ubicación de los organopónicos identificados en la ciudad de Cienfuegos contemplados en el Programa de Monitoreo	17
2.2	Preparación de las muestras para su posterior análisis.	19
2.3	Medición de las concentraciones de contaminantes metálicos en las hortalizas	22
2.4	Elaboración de un Plan de Medidas para dar solución a los incumplimientos de la NC 493:2015	22
	CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
	CONCLUSIONES	34
	RECOMENDACIONES	34
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	

INTRODUCCIÓN

En la Cumbre Mundial de Alimentación, celebrada en Roma, en 1996, se declaró que la Seguridad Alimentaria se consigue, cuando a nivel de individuo, hogar, nación y global, todas las personas en todo momento tienen acceso físico y económico a suficiente alimento, seguro y nutritivo, para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias, con el objeto de llevar una vida activa y sana. Unido al concepto de Seguridad Alimentaria también se define como una característica necesaria de esta, la Inocuidad Alimentaria. Esta se entiende como el conjunto de condiciones y medidas necesarias durante la producción, almacenamiento, distribución y preparación de alimentos para asegurar que una vez ingeridos, no representen un riesgo para la salud. La inocuidad se refiere a todos aquellos riesgos asociados a la alimentación que pueden incidir en la salud de las personas, tanto riesgos naturales, como originados por contaminaciones, por incidencia de patógenos, o bien que puedan incrementar el riesgo de enfermedades crónicas como cáncer, enfermedades cardiovasculares y otras (Canadá. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO. (1996)).

Para el gobierno cubano es de vital importancia garantizar la alimentación de la población, es por eso que en el 2022 quedó aprobada por la Asamblea Nacional del Poder Popular la **Ley de Soberanía Alimentaria y Seguridad Alimentaria y Nutricional en Cuba (Ley SSAN)**, la cual sirve de sustento jurídico del plan estratégico con que cuenta el país en esta materia (Cuba. Asamblea Nacional del Poder Popular, 2022)

Para Cuba, lograr la soberanía alimentaria es un reto prioritario y debe entenderse como la capacidad de la nación para producir alimentos de forma sostenible y dar acceso a toda la población a una alimentación suficiente, diversa, balanceada, nutritiva, inocua y saludable, reduciendo la dependencia de medios e insumos externos, con respecto a la diversidad cultural y responsabilidad ambiental. En el contexto cubano actual se hace imprescindible sustituir las importaciones y desarrollar los recursos endógenos de los territorios que son ejes estratégicos del Plan Nacional de Soberanía Alimentaria y Educación Nutricional (SAN) (Rendón, 2022).

En este sentido, juega un papel importante en la producción de alimentos la Agricultura Urbana (AU). La AU es considerada como un movimiento por el cual se producen alimentos en ciudades, pueblos y asentamientos poblacionales utilizando al máximo los recursos locales, bajo principios de agricultura sostenible (Rodríguez, et al., 2010).

A raíz de producirse, con la caída del bloque socialista de Europa del Este en la década del 90, una crisis económica que cambió por completo la vida de los cubanos, toma auge la AU en Cuba, concibiéndose a partir de esta etapa como un movimiento de carácter nacional. Fundamentales también en el aporte al quehacer agrícola con medios propios o locales, resultaron las tecnologías desarrolladas por científicos y otros profesionales vinculados al sector agrario, que se dedicaron, mucho antes de la mencionada crisis, a la búsqueda e implementación de soluciones alternativas al modelo de la llamada “Revolución Verde”. La comunidad científica venía constatando serios problemas con la degradación ambiental, provocada por el elevado nivel de utilización de maquinaria agrícola; así como de fertilizantes y pesticidas, que se manejaban en la carrera por elevar, a todo coste, los rendimientos agrícolas (Delgado, 2014).

En estos años en Cuba, debido a la crisis, ocurrió una disminución del consumo de los fertilizantes minerales y con ello, la necesidad de encontrar alternativas para el mantenimiento de la producción agrícola. Con este fin, el empleo de abonos orgánicos de diversos orígenes en los organopónicos de la AU, resultó una alternativa eficaz, así como una nueva forma para la producción de alimentos con bajos insumos (Rodríguez, et al., 2007). En este caso, el estiércol de diferentes orígenes, la cachaza (residuo de la industria azucarera), el humus de lombriz, la gallinaza, el guano de murciélago, los residuos de cosecha, los lodos residuales, biosólidos y los compost de diversos materiales, son materiales que comúnmente comenzaron a ser utilizados como abonos orgánicos para elevar la fertilidad de los suelos y mejorar los rendimientos agrícolas (García, 2008 & Rodríguez, et al., 2012).

La AU tiene múltiples bondades para la alimentación de las poblaciones urbanas, sin embargo, tiene riesgos que no lo tiene la agricultura convencional. El hecho de que se desarrolla cerca de carreteras e industrias, así como el uso de diversos materiales

utilizados como sustratos, no siempre con la calidad necesaria, la hacen vulnerable a la contaminación. Entre estos contaminantes con mayores probabilidades de afectaciones a los productos agrícolas de la AU, están los contaminantes metálicos. Entre ellos se destacan por su importancia toxicológica los metales pesados (MP) (Anaya, et al., 2022).

La contaminación ambiental por MP se produce fundamentalmente de forma antrópica, producto de los elementos depositados y distribuidos como resultado de la actividad directa o indirecta de los seres humanos. Todos los elementos trazas clasificados como tóxicos, esenciales o benéficos, (Rehman, et al., 2018) cuando se encuentran en niveles superiores al límite de tolerancia, provocan trastornos metabólicos que atentan contra el normal desarrollo de las plantas, pudiendo conllevar a la muerte del vegetal y finalmente afectar la calidad de vida del ser humano. Los riesgos para la salud debido a la acumulación de MP en las plantas son numerosos (Rehman, et al., 2019; Gupta, et al., 2021 & Tibbett, et al., 2021).

El uso de estos productos como sustratos y abonos orgánicos presupone, por ende, una evaluación sistemática de sus contenidos en MP, porque pueden acumularse (Kabata & Mukherjee, 2007; Chaoua, et al., 2019 & Xiang, et al., 2021), provocar alteración en el equilibrio biológico (Ken, et al., 2010) y afectar el rendimiento de los cultivos y la salud humana (Alloway, 2008).

En el año 2006, el Instituto de Suelos del Ministerio de la Agricultura de Cuba, emitió una circular donde se prohíbe el uso de los residuos sólidos urbanos como fuente de abono orgánico en la agricultura, por la posibilidad de presentar contenidos elevados de MP, que pueden ser incorporados al suelo y a los sustratos empleados para la producción agrícola (García, 2008). Siendo necesario estudiar las concentraciones de MP en los diversos cultivos bajo condiciones de hidroponía.

Las reflexiones realizadas permiten plantear el siguiente **problema de investigación**:
¿Cómo contribuir al fortalecimiento de la gestión de la actividad de la inocuidad alimentaria del Programa de la Seguridad Alimentaria de la Delegación de la Agricultura de Cienfuegos?

Hipótesis: la ejecución de un programa de monitoreo sistemático de las hortalizas cosechadas en la agricultura urbana, así como la determinación de las concentraciones existentes de los elementos metálicos, permitirá evaluar la inocuidad alimentaria de estos alimentos basados en la NC: 493:2015 en relación al cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles establecidos para cada elemento en este tipo de alimentos.

Objetivo de la investigación: Evaluar la inocuidad alimentaria de las hortalizas en zonas urbanas de Cienfuegos, respecto a los contaminantes metálicos.

Objetivos específicos

1. Determinar las concentraciones de elementos metálicos de importancia toxicológica en las muestras representativas de las hortalizas cosechadas en la agricultura urbana de Cienfuegos.
2. Evaluar la inocuidad alimentaria respecto a los contaminantes metálicos de los vegetales monitoreados según la NC 493:2015.
3. Elaborar un Plan de Medidas para dar solución a los incumplimientos de la NC 493:2015.

CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 La inocuidad alimentaria como tema prioritario en la agricultura urbana.

En el marco de la Agenda 2030 para alcanzar el Desarrollo Sostenible se han propuesto catorce objetivos básicos, el segundo de ellos, el Objetivo del Desarrollo Sostenible (ODS 2), es precisamente poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible en América Latina y el Caribe. Sin embargo, según datos de la FAO, la seguridad alimentaria es crítica para los países del Caribe, ya que en algunos países los alimentos representan hasta el 50% de las importaciones, en comparación con el promedio mundial del 7%. Se estima que, al menos en siete países del Caribe, se importa el 80% o más de los alimentos disponibles (Chile. Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL. (2019)).

Algunas de las causas principales de las tendencias negativas en relación con el logro del ODS 2 son la recesión económica, que reduce la capacidad fiscal de los países para proteger a las poblaciones más vulnerables ante el aumento de los precios y la pérdida de ingresos, condiciones climáticas adversas que afectan la disponibilidad de los alimentos y sus precios, y los conflictos armados prolongados. Para reducir el hambre y la pobreza, mejorar la seguridad alimentaria, crear empleos y generar resistencia ante los desastres y emergencias es esencial la inversión en el sector agrícola. Se debe poner especial atención en aumentar la productividad agrícola y los ingresos de los pequeños productores de alimentos, implementar prácticas agrícolas sostenibles y garantizar el adecuado funcionamiento del mercado a fin de limitar la extrema volatilidad de los precios de los alimentos (Chile. CEPAL, 2019)).

En este sentido, en Cuba, desde la conceptualización del Modelo Económico y Social Cubano, sustentada en los Lineamientos para el período 2021 – 2026, aprobados en el Sexto y Séptimo Congreso del Partido Comunista de Cuba, se destaca entre otros, el derecho de la población a la seguridad alimentaria, constituyendo esto un objetivo prioritario para la dirección del país (Cuba. Comité Central del Partido Comunista. (2021)).

De este modo quedó aprobada por la Asamblea Nacional del Poder Popular en la sesión extraordinaria de mayo de 2022, la Ley de Soberanía Alimentaria (SSAN), la cual se propone lograr la soberanía alimentaria y nutricional, y garantizar progresivamente el derecho a la alimentación en Cuba. Esta ley “regula la organización de los sistemas alimentarios locales, soberanos y sostenibles que articulan la producción, comercialización y consumo de alimentos”. Para contribuir a su cumplimiento se han creado comisiones de Soberanía Alimentaria y Seguridad Alimentaria y Nutricional, que son dirigidas por los máximos órganos de gobierno en los distintos niveles, nacional, provincial y municipal y de las que forman parte los productores agropecuarios, buscando encadenamientos productivos para aprovechar los recursos y utilizarlos de forma racional (Cuba. Asamblea Nacional del Poder Popular, 2022).

El tema de la soberanía alimentaria ha estado presente en los debates académicos y gubernamentales de Cuba en los últimos años, en un contexto marcado por la crisis económica y serias dificultades para la producción de alimentos en el país, que se reflejan en el déficit de ofertas y el sostenido incremento de los precios. En este escenario, las autoridades han implementado medidas y estrategias en busca de aumentar la producción agrícola, reducir su dependencia de las importaciones y mejorar la educación nutricional de su población, sin que estos planes hayan alcanzado hasta el momento los resultados esperados (Marrero Cruz, 2022 & Peña, 2022).

En esta dirección ha sido creado el plan SAN, que es el Plan Nacional de Soberanía Alimentaria y Educación Nutricional, el cual se sustenta en la capacidad de Cuba para la agricultura sostenible. Este plan pretende que la población cubana acceda a una alimentación balanceada, nutritiva e inocua. El gobierno cubano implementa varios programas nacionales para garantizar una producción nacional de alimentos que satisfaga las necesidades de la población. En el proceso de creación del plan fue fundamental el aporte de la FAO, la cual lo ha acompañado desde sus inicios aportando sus experiencias relacionadas con la seguridad alimentaria en la región (Soler, 2023).

Las principales acciones del Plan SAN están dirigidas al aumento de la producción nacional y la cultura nutricional. Este, está constituido por 63 medidas dirigidas a

transformar la agricultura y el cumplimiento de las mismas marcaría la diferencia, ya que facilitan el trabajo de los propios productores y animan a un mayor rendimiento. Entre estas medidas se incluye la disminución de las tarifas de electricidad y agua, favorecer los costos en la producción de alimentos, disminución de precios de los piensos nacionales para la producción porcina en un 60 %, seguro agropecuario y reorientar en el Presupuesto del Estado los fondos de fomento para estimular el crecimiento de las producciones. Además, se estimula el programa de la agricultura urbana, suburbana, así como la siembra de patios y parcelas, para que desde lo personal y local se contribuya al cultivo de alimentos (Soler, 2023).

Según el informe del 2020, “El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo” (Canadá. FAO, 2020), Cuba es en el área latinoamericana y caribeña, junto a Brasil y Uruguay, una de las tres naciones con mejores resultados en ese sentido, ya que reporta una prevalencia de hambre inferior al 2,5 %, a pesar de sus limitaciones. No obstante, el principal problema radica en la soberanía alimentaria, ya que depende mayormente de la importación de productos para su subsistencia. En este sentido, el estado cubano desde su gestión debe facilitar la organización de sistemas alimentarios locales, soberanos y sostenibles que integren la producción, transformación, comercialización y consumo de alimentos y el fomento de una cultura alimentaria y educación nutricional que contribuya a la salud del pueblo.

Desde 1994, de forma organizada y centralizada por el Estado, se inició oficialmente el Movimiento Nacional de Organopónicos y Huertos Intensivos como una de las alternativas para incrementar la disponibilidad de alimentos en el país. En este año se creó el Grupo Nacional de Organopónicos, convertido posteriormente en Grupo Nacional de Agricultura Urbana, con la participación de especialistas de seis Ministerios y diecisiete instituciones científicas relacionadas con la producción de hortalizas, lo que permitió la recepción de las experiencias acumuladas, el análisis colectivo de estas y la elaboración conjunta de medidas técnicas y organizativas, que a la vez impulsaron el desarrollo de los organopónicos (Delgado, 2014).

La producción hortícola desarrollada en organopónicos ha ido paulatinamente avanzando en la solución de un problema de alta sensibilidad para la población: el

abasto de hortalizas frescas durante todo el año, con la mirada puesta en que la mesa familiar disponga diariamente, como mínimo, de 300 gramos per cápita de hortalizas.

El impacto de la AU en Cuba se hace sentir en diversos órdenes. Entre otros aspectos que ilustran dicho impacto destacan el importante aporte a la nutrición humana, especialmente por su contribución a la mejora del suministro de vitaminas, minerales y fibra, así como de calorías y proteínas, gracias al incremento del consumo de vegetales y frutas, entre otros productos (Companioni, et al., 2017 & Extremera, et al., 2022).

Por otra parte, no es suficiente que la población tenga acceso a suficiente alimento, sino que es necesario también, que estos alimentos sean inocuos y no representen riesgo para la salud de los consumidores. En abril de 2020, se aprobó el Decreto Ley No. 9 sobre la Inocuidad de los Alimentos, que establece las regulaciones y principios que garantizan alimentos inocuos y nutritivos que proveen una adecuada protección a la salud a lo largo de la cadena con un enfoque preventivo e integral (Cuba. Ministerio de Justicia. (2020).

La importancia de la inocuidad de los alimentos radica en la protección de la salud de las personas que los consumen. Esto, debido a que los alimentos contaminados pueden causar una amplia gama de enfermedades: desde una leve intoxicación alimentaria hasta enfermedades graves (Alosman, et al., 2019 & Briffa, et al., 2020).

Dentro de la Política de Ciencia, Tecnología, Innovación y Medio Ambiente en Cuba, se aboga por garantizar las acciones requeridas para perfeccionar la atención a la inocuidad alimentaria (Cuba. Comité Central del Partido Comunista. (2021).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que las enfermedades de transmisión por los alimentos (ETAs) afectan a 1 de cada 10 personas, provocan la pérdida de 33 millones de años de vida saludable, 420000 muertes anuales y el 30 % de estas muertes ocurren en niños menores de 5 años (Estados Unidos. Organización Panamericana para la Salud, (OMS), 2015).

En este contexto, la Asamblea General de la Organización de Naciones Unidas (ONU) en su sesión del 20 de diciembre de 2018, resolvió designar el 7 de junio día mundial de la Inocuidad de los Alimentos, con la finalidad de generar conciencia y de asegurarse de que las normas del Codex se traduzcan en acción en todas partes. La inocuidad de los alimentos es fundamental para lograr el cumplimiento de varios

Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), y la conmemoración de un día específico de las Naciones Unidas la situaría al centro de la atención, ayudando, de este modo, a prevenir, detectar y gestionar los riesgos de enfermedades transmitidas por alimentos (Estados Unidos. OMS, 2023).

Esta disertación pretende mostrar cómo influye la inocuidad de los alimentos en la seguridad alimentaria, desde la premisa que los alimentos se han convertido en uno de los principales vehículos de enfermedades gastrointestinales causada por bacterias, virus, parásitos o sustancias químicas nocivas para la salud. Debido al incremento de actividades humanas como procesos industriales, ganaderos y producción de alimentos, la preocupación por la contaminación de MP en nuestro entorno debería aumentar y de manera notoria en los productos agrícolas provenientes de la AU (Anaya, et al., 2022).

1.2 Los contaminantes metálicos de mayor importancia toxicológica y sus daños a la salud.

La contaminación del aire, agua y suelo representa una severa problemática. A nivel internacional, se ha discutido el problema y sus posibles soluciones, pero las respuestas han sido ineficaces. Actualmente el problema se enfoca en el daño del medio ambiente y en sus consecuencias en la salud (Rehman, et al., 2019).

El estilo de vida occidental ha aumentado la contaminación por MP, tanto en países desarrollados como en vías de desarrollo. Los MP están presentes naturalmente en los suelos, pero en los últimos años se ha presentado una acumulación antropogénica por las actividades industriales, agrícolas y la disposición de residuos de todo tipo (Giuffré, et al., 2005 & Durán, et al., 2017).

El rápido crecimiento urbano e industrial ha contribuido a elevar los niveles de MP en el ambiente urbano de los países en vías de desarrollo tales como Egipto (Radwan & Salama, 2006; Iran Kharazi, et al., 2021 & China Wan, et al., 2021) y la India (Gupta, et al., 2021). Las emisiones de MP por las industrias y vehículos pueden ser depositados en la superficie de los vegetales durante su producción, transporte y

comercio. Estos metales tienen varios efectos sobre la salud del ser humano, por tanto, su control es de gran importancia para evitar que sean perjudiciales.

Se considera MP aquel elemento que tiene una densidad igual o superior a 5 g cm^{-3} cuando está en forma elemental, o cuyo número atómico es superior a 20 (excluyendo los metales alcalinos y alcalino-térreos) (García & Dorronsoro, 2005 & Edelstein & Ben-Hurb, 2018). Son de gran importancia por su alto potencial tóxico, debido a su alta difusión, con importancia biológica ya que pueden ser peligroso al acumularse en animales o plantas.

Los MP pueden ser absorbidos por las plantas dependiendo de su disponibilidad en el suelo y de los mecanismos de selectividad propios de cada especie, variedad o genotipo. La absorción de MP a través de las raíces de las plantas está determinada por muchos factores, como el contenido soluble de MP en el suelo, el nivel de pH, la materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico, las etapas de crecimiento de las plantas, el tipo de cultivo, los fertilizantes y el tipo de suelo (Zhang, et al., 2018). Las aguas superficiales utilizadas para el riego de cultivos agrícolas, contaminadas con aguas residuales de origen doméstico o industrial, son una de las fuentes principales de MP en el suelo. Las hortalizas cultivadas en suelos agrícolas irrigados continuamente y a largo plazo con aguas residuales suelen tener altos niveles de acumulación de MP (Rehman, et al., 2019).

Los efectos de los contaminantes sobre la vegetación y la agricultura dependen de una serie de factores, entre ellos el tiempo de exposición y características morfológicas de las plantas, tales como: tamaño de la hoja, índice del área foliar y cobertura (Eissa & Negim, 2018).

La incorporación de los MP en la cadena alimentaria suele ocurrir a través de suelos contaminados, las fuentes de agua y la deposición atmosférica (Muhammad, et al., 2019). La contaminación de los vegetales con MP no puede ser subvalorada, ya que las verduras son un importante componente de la dieta humana. Los vegetales son fuentes ricas de vitaminas, minerales y fibras y también pueden tener efectos antioxidantes. Sin embargo, la ingesta de vegetales contaminados con MP puede constituir un riesgo para la salud humana. La contaminación de los productos

alimenticios con MP es uno de los aspectos más importantes del aseguramiento de la calidad de los alimentos (Rehman, et al., 2019).

En general, estos metales son tóxicos para los humanos, incluso en concentraciones bajas (Rehman, et al., 2019 & Gupta, et al., 2021). El prolongado consumo de concentraciones inseguras de MP a través de los productos alimenticios puede provocar la acumulación crónica de MP en los riñones y en el hígado del organismo humano causando la ruptura de numerosos procesos bioquímicos, desencadenando enfermedades nerviosas, cardiovasculares, renales y óseas (Estados Unidos. OMS. 1992 & Jarup, 2003).

Los principales metales basados en su toxicidad son: mercurio (Hg), plomo (Pb), cadmio (Cd), cromo (Cr), arsénico (As), cobre (Cu), manganeso (Mn), zinc (Zn), níquel (Ni) y plata (Ag). Los elementos, arsénico (As) y selenio (Se), se consideran como metaloides, pero por su efecto contaminante se incluyen dentro de los MP (Tibbett, et al., 2021).

Los MP más comunes y ampliamente distribuidos como contaminantes ambientales incluyen Pb, Cd, Hg y el As, que no son esenciales para las plantas o animales (Reilly, 2002 & Tibbett, et al., 2021). El Cd, el Pb, el As, y el Cr actúan como carcinógenos (Trichopoulos, 1997). Altas concentraciones de MP (Cu, Cd and Pb) en frutas y vegetales fueron relacionados a una alta prevalencia del cáncer gastrointestinal (Turkdogan, et al., 2002).

Algunos MP tales como el Fe, Cu, Zn, Mn, Co y Mo actúan como micronutrientes para el crecimiento de animales y de los seres humanos cuando están presentes en cantidades trazas (Mendoza, 2006; Gupta et al., 2021 & Tibbett, et al., 2021).

Las actividades humanas vierten en algunas ocasiones, sobre los recursos de suelo y agua grandes cantidades de metales, generando excesos por acumulación de Cd, Hg, Ni y Pb, entre otros, afectando así las relaciones de las plantas y otros organismos, lo cual origina toxicidades en los ecosistemas (Montenegro, 2002).

En general, estos metales no son biodegradables y, por consiguiente, pueden acumularse en órganos vitales del cuerpo humano, produciendo efectos tóxicos progresivos (González, et al. 2020 & Liu, et al., 2021).

El Pb es altamente tóxico. Su presencia en el aire se debe a la industria, minería, quema de combustibles y pinturas. Puede también fijarse al suelo, agua y plantas. Se absorbe por inhalación, por la piel y por ingesta. Se deposita en hígado, riñones, sistema cardiovascular, huesos y dientes. Sus efectos dependen de la cantidad de exposición al mismo. Los niños y mujeres jóvenes o gestantes tienen mayor riesgo de los efectos por exposición a plomo. También son más susceptibles los individuos con deficiencia de hierro (Fe) o calcio (Ca), por una mayor absorción gastrointestinal. El Pb tiene la capacidad de reemplazar otros cationes como Ca, Mg, Fe y Na afectando el metabolismo celular. Su exposición se clasifica en aguda y crónica. La exposición aguda causa pérdida de apetito, cefalea, hipertensión, dolor abdominal, disfunción renal, fatiga, vértigo, alucinaciones; y la crónica, retraso mental, psicosis, pérdida de peso, hiperactividad, debilidad muscular, daño renal y neurológico. Además, según la Agencia de Protección Ambiental, EPA. (2014), el Pb es carcinógeno. Los niveles altos de Pb en sangre han disminuido en las últimas cuatro décadas, sin embargo, aún se considera un problema para la salud. La exposición durante el embarazo puede ser causa de abortos, óbitos, parto pretérmino, restricción del crecimiento e hipertensión (Estados Unidos. Agencia de Protección Ambiental, EPA. (2014)). La exposición a Pb en la niñez causa alteraciones en la función cognitiva y el desarrollo neurológico. Al respecto la OMS expresa que no existen niveles seguros de exposición. (Estados Unidos. OMS, 2015).

El arsénico (As) está clasificado como un carcinógeno potencial para el ser humano. Puede provocar afectaciones gastrointestinales, interfiere en la fosforilación oxidativa y a largo plazo se asocia como agente causal de cáncer de piel y pulmón (Estados Unidos. EPA, 2014 & Rodríguez, 2017).

El Cd es el séptimo metal más tóxico según la clasificación de la *Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR)*. Es relativamente raro y un subproducto de la fundición del Zn. Proviene de explosiones volcánicas, pues está en rocas y suelos. Otra fuente es la antropogénica, por uso de combustibles, actividad industrial,

agrícola, etc. Se acumula en plantas, suelo y sedimentos. Las formas de exposición de la población son por vía oral y por inhalación. El mecanismo por el cual produce enfermedad no está claro. A partir de la exposición se absorbe, pasa a la circulación y se acumula en el hígado o en el riñón. Es altamente tóxico para el ser humano, puede producir enfermedad aguda y crónica. La intoxicación crónica produce lesiones hepáticas, renales, óseas, pulmonares y cáncer. Se clasifica como un carcinógeno de grupo 1 para humanos por la *International Agency for Research on Cancer (IARC)*, relacionado con el cáncer de pulmón y próstata; y este riesgo aumenta si está asociado a otro MP como el As. Otros problemas de salud asociados al cadmio son: anemia, problemas gastrointestinales, edema agudo de pulmón, cefalea, enfisema, osteomalacia y neumonía (Estados Unidos. *Agency for Toxic Substances and Disease Registry, ATSDR*. (2008).

El Cu a altas dosis es potencialmente tóxico. Es uno de los MP más abundantes. Se puede extraer de minas, suelos, volcanes, rocas y mar. El origen antropogénico está relacionado con combustibles fósiles, basurales y producción de madera. Es ampliamente utilizado por el hombre, principalmente en construcción, industria, tecnología, maquinaria, medios de transporte y pesticidas. Es un elemento contaminante de suelos, fuentes de agua y aire. Cuando el Cu es liberado al ambiente, penetra en plantas, tierra, rocas y sedimentos. Al entrar en contacto con el agua se adhiere a partículas en suspensión. También puede difundirse a través del aire. La intoxicación por Cu es rara, normalmente se produce por: el consumo accidental por parte de niños, contaminación e intentos de suicidio. La intoxicación crónica es infrecuente, por la capacidad del hígado de excretarlo. Los síntomas de intoxicación aguda son: dolor abdominal, diarrea y vómito, insuficiencia cardíaca, falla renal, necrosis hepática, hemólisis, encefalopatía y la muerte (Estados Unidos. EPA, 2014).

El Zn es un metal relativamente no tóxico, pero los niveles altos podrían tener consecuencias para la salud. Puede ingresar al organismo por inhalación, contacto con la piel o ingesta, la mayoría por fuentes industriales. Al ser inhalado en forma de óxido de zinc puede provocar síntomas respiratorios, fiebre, dolor muscular, náusea, vómito, fatiga, dolor de pecho, tos, disnea e incremento de los leucocitos bronquiales. Su concentración se ha asociado con inflamación de la vía aérea en niños. La ingesta

puede producir anemia, dolor abdominal, náusea, vómito, letargia, déficits neuronales focales y mareo. También se ha visto que la ingesta de suplementos altos en zinc se asocia con deficiencia de cobre, debido a que compiten por su absorción en los eritrocitos. Se presume que el consumo de zinc está implicado en la patogenia y progresión del cáncer de próstata. Además, estudios in vivo han demostrado que un exceso de este puede alterar la función linfocitaria frente a citoquinas (Estados Unidos. EPA, 2014).

El estaño (Sn) puede provocar irritaciones gástricas en determinados grupos sensibles de la población (NC 493:2015). Las concentraciones de Sn en frutas, hortalizas, productos lácteos, carne, etc, son menos de 2 partes por millón (ppm), es decir menos de 2 mg/kg de alimento. Es posible que el Sn cause daños al hígado y al riñón. La exposición alta puede afectar al sistema nervioso (Estados Unidos. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, ATSDR, 2023).

El mercurio (Hg) es un neurotóxico potente y no existen evidencias de carcinogenicidad provocada por el mismo (NC 493:2015). Las mayores concentraciones de mercurio se encuentran en los organismos marinos. La acumulación de Hg en el organismo puede afectar el sistema nervioso, renal y causar daños en la piel y en la vista (Estados Unidos. Agencia de Salud, 2023).

1.3 Algunos reportes de las concentraciones de metales pesados (MP) en vegetales

En este acápite se describe la información reportada en diferentes publicaciones científicas, con relación a los niveles de concentración de metales pesados en hortalizas en distintas partes del mundo.

Según Anaya, *et al.*, (2022), en los artículos revisados relacionados con esta temática, se observa que las concentraciones de MP varían significativamente entre las hortalizas recolectadas de las zonas de investigación. Así mismo, estos investigadores encontraron que las concentraciones más altas de Cd, Pb y Cr, en los artículos revisados, se registraron en la lechuga. Eissa y Negim (2018), determinaron una concentración de 2 mg/kg de Pb para este cultivo, sobrepasando el LMP para

este elemento. Estos mismos investigadores reportaron un valor de 5 mg/kg de Pb, en la espinaca, sobrepasando en mucho, el límite permisible de este elemento en hortalizas.

Según criterios de los investigadores Anaya, *et al.*, (2022), los contenidos de MP en los cultivos están determinados por el suelo y la contaminación de estos estará influenciada por la irrigación con aguas residuales, la excesiva aplicación de abonos y la contaminación atmosférica con material particulado de metales pesados.

En Cuba, en la ciudad de la Habana, Olivares, *et al.*, (2013) investigaron las concentraciones de Cd, Pb, Cu y Zn en las hortalizas cultivadas en la AU. En esta investigación se encontraron los siguientes rangos de concentraciones: para el Cu, (0,06-4,71); para Pb (<0,08-0,28); para el Zn (0,3-20,7) y para el Cd (<0,025-0,100) mg/kg de peso fresco. En total fueron analizadas 73 muestras, en 8 de las cuales se sobrepasaron los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en la Norma Cubana; (0,1 mg/kg) de peso fresco para el Pb, en tres muestras para el Zn (10 mg/kg) de peso fresco y en una para Cd (0,1 mg/kg) de peso fresco. En este caso el área de estudio está caracterizada por una intensa actividad industrial y urbana que tiene una influencia negativa sobre el ambiente de la zona.

Rodríguez, *et al.*, (2010), determinaron en la ciudad de Santa Clara, las concentraciones de MP (Pb, Zn, Cd, Fe, Co, Ni, Mn y Cu) en tejidos de lechuga, en cuatro organopónicos, tres ubicados en áreas urbanas con fuerte contaminación ambiental y uno ubicado en la periferia de la ciudad, donde existía mejor calidad ambiental. Según estos autores, no se observaron diferencias estadísticas para las concentraciones de Fe, Co y Zn entre los organopónicos ubicados en la zona urbana y en la periferia. Sin embargo, para el resto de los elementos metálicos, se encontraron diferencias en las concentraciones entre los organopónicos, reflejando los mayores valores en las áreas más contaminadas. Estos autores reportaron valores de MP en los siguientes rangos: Pb (3,6 – 10,6); Fe (194,3 – 279,4); Cu (6,73 – 12,9); Zn (5,15 – 38,4); Ni (5,9 – 14,8); Mn (30,9 – 52,3); Co (3,4 – 4,2); Cd (0,9 -2,06) mg/L X 100 g de tejido seco. Ellos concluyeron que en los organopónicos investigados del área urbana las concentraciones de metales pesados superaron en todos los casos los Límites Permisible, con posible riesgo en algunos casos para la salud humana.

En la provincia de Cienfuegos Jassa, et al., (2013), determinaron las concentraciones de Cd, Pb y Hg en habichuela de cuatro organopónicos de la ciudad cienfueguera. Las concentraciones de estos MP estuvieron en los siguientes rangos: Pb (0,033 -0,087) mg/kg PF (peso fresco), siendo estos valores menores que el LMP establecido en la Norma Cubana. Para el caso del Hg el rango de concentración determinado fue (0,049 – 0,102) mg/kg PF, siendo estas concentraciones menores que la concentración máxima permisible de 0,5 mg/kg PF establecida en la Comisión Regulatoria de la Unión Europea para el Hg. Los valores determinados para el Cd por este autor, también cumple con los valores normados y no sobrepasaron las concentraciones máximas estipuladas por esta comisión (Austria. European Commission Regulation. EC,2006).

De lo explicado hasta aquí, se deduce la importancia de realizar monitoreos sistemáticos para controlar el cumplimiento de los límites máximos permisibles para estos contaminantes en los alimentos.

CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se desarrolló en 17 organopónicos de la ciudad de Cienfuegos durante el periodo comprendido de enero a noviembre de 2023.

Para cumplimentar los objetivos de la investigación, se desarrollaron las siguientes tareas:

2.1. Toma de muestras de las hortalizas existentes en los organopónicos identificados.

La toma de muestras se realizó en 16 de los 17 organopónicos identificados en la ciudad de Cienfuegos (un organopónico no estaba en producción). De cada tipo de hortaliza en cada organopónico, se tomaron muestras compuestas de aproximadamente 2 kg de peso fresco, formada por muestras simples tomadas al azar de los distintos canteros, de todos los cultivos que estaban en producción. En la Figura 1 están representados los organopónicos investigados y en la Tabla 1 se detallan las coordenadas geográficas de cada uno de ellos.

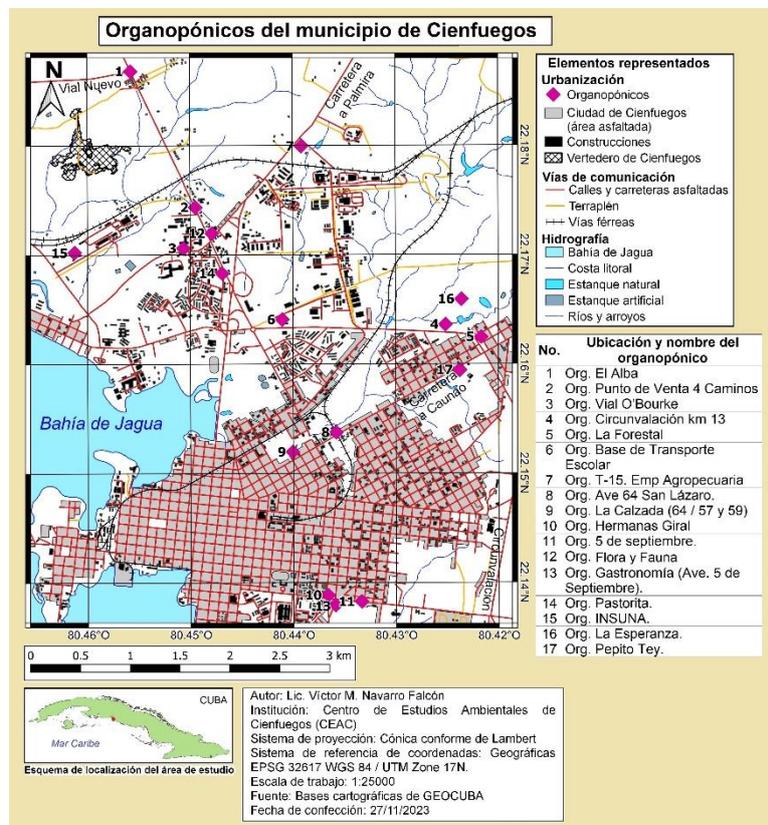


Figura 1. Mapa con la ubicación de los organopónicos de la ciudad de Cienfuegos, identificados en esta investigación.

Tabla 1. Coordenadas geográficas de los organopónicos investigados.

Punto	Nombre del organopónico	Localización (Sistema WGS 84)
1.	Org. El Alba. CP. Paraíso.	N:22.18681 ⁰ W:080.45575 ⁰
2.	Org. Cuatro Caminos. CP .Pastorita. Semiprotegido.	N:22.17435 ⁰ W:080.44947 ⁰
3.	Org. Vial Oburke (Univ) / 27 y 29	N:22.17061 ⁰ W:080.45065 ⁰
4.	Org. Circunvalación km 13	N:22.16361 ⁰ W:080.42515 ⁰
5.	Org. La Forestal.	N:22.16247 ⁰ W:080.42168 ⁰
6.	Org. Base de Transporte Escolar	N:22.16408 ⁰ W:080.44105 ⁰
7.	Org. T-15.	N:22.17995 ⁰ W:080.43916 ⁰
8.	Org. Ave 64 Línea San Lázaro	N:22.15375 ⁰ W:080.43580 ⁰
9.	Org. La Calzada (64 / 57 y 59)	N:22.15197 ⁰ W:080.44005 ⁰
10.	Org. Hermanas Giral.(Ave 5 de Septiembre)	N:22.13886 ⁰ W:080.43663 ⁰
11.	Org. 5 de Septiembre.	N:22.13828 ⁰ W:080.43338 ⁰
12.	Org. Flora y Fauna	N:22.18681 ⁰ W:080.45575 ⁰
13.	Org. Gastronomía (Ave 5 de septiembre, atrás del Org. Hermanas Giral a mano izquierda).	N:22.13797 ⁰ W:080.43593 ⁰
14.	Org. Pastorita.	N:22.16831 ⁰ W:080.44688 ⁰
15.	Org. INSUNA (Calle 56# 6104/31 y 29, Oburque)	N:22.17022 ⁰ W:080.46124 ⁰
16.	Org. La esperanza.	N:22.16593 ⁰ W:080.4236 ⁰
17.	Org. Pepito Tey (Frente a la Escuela Pepito Tey)	N:22.15938 ⁰ W:080.42374 ⁰

Las muestras recolectadas se identificaron correctamente, se ubicaron en bolsas de polietileno y se rotuló la identificación de cada una en las bolsas que las contenían (tipo de hortaliza, organopónico y fecha de muestreo). Posteriormente las muestras fueron trasladadas al Laboratorio de Ensayos Ambientales (LEA) del Centro de

Estudios Ambientales de Cienfuegos (CEAC) donde se realizó la preparación y posterior medición de las muestras. En la Figura 2 se muestran momentos de la toma de muestras.



Figura 2. Toma de muestras de hortalizas en los organopónicos de la ciudad de Cienfuegos.

2.2 Determinación de las concentraciones de los contaminantes metálicos en las muestras tomadas.

Para la posterior medición, las muestras pasan por una serie de procesos de preparación.

Limpieza de las muestras

Las muestras se limpiaron, eliminando todo aquello que no formó parte de ellas (terrones, piedras, otros materiales ajenos a las muestras).

Determinación del Contenido de Humedad

El Contenido de Humedad (CH) de las muestras, se determinó como será descrito a continuación, según el procedimiento del Sistema de Gestión de la Calidad establecido en el Laboratorio de Ensayos Ambientales (LEA), basado en las Norma ISO: 17025. Las muestras de las hortalizas ya limpias, se pesan y se anota el peso fresco (PF). Se corta la muestra en porciones pequeñas, se bate y se congela en una nevera. Posteriormente se liofiliza utilizando una liofilizadora modelo 101021 de fabricación CHRIST, con bombas de vacío modelo RZ-2, por un tiempo de 24 horas y luego se vuelve a repetir la misma operación por 8 horas, se anota el peso y se introduce en la estufa a 45 °C. Se determina si la muestra está totalmente seca, colocando la muestra en una desecadora hasta que se enfríe, se pesa, y se coloca de nuevo en la estufa durante 30 minutos y se repite el paso anterior. Se considera la

muestra seca cuando no existan variaciones mayores de un 5% entre tres valores de peso de la muestra. Debe cumplirse la siguiente expresión: $(\sigma_p/P)*100 \leq 5\%$, donde P es el promedio de tres pesos sucesivos y σ_p es la desviación estándar de esos tres pesos sucesivos con respecto a su promedio. Se anota el peso seco (PS) de la muestra. Así, se determina gravimétricamente el contenido de humedad de la muestra. Posteriormente, la muestra se muele o tritura en un mortero y se envasa. La muestra así preparada, pasa a la Sección de Metales del LEA, donde se determina el contenido de los contaminantes metálicos. Conocer la relación PS/PF es importante para poder expresar los resultados de cualquier ensayo en relación con su peso seco o su peso fresco indistintamente. Todos estos procesos están representados en la Figura 3. Flujograma de la preparación de las muestras para su posterior medición.

Medición de las concentraciones de contaminantes metálicos en las muestras de hortalizas

El método utilizado para la determinación de los contaminantes metálicos fue la Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X por Dispersión de Energías (EDXRF) y el Procedimiento utilizado fue el L-SA-419 (Aplicación Analítica para Material Biológico) del Sistema de Gestión de la Calidad del LEA, del CEAC. Este ensayo está acreditado.

Control interno de la calidad de la medición

Para el control de la calidad de los ensayos se realizó la medición de uno o varios materiales de referencia certificados (NIST-1573^a; IAEA-413). El criterio de aceptación es de acuerdo a lo establecido en el procedimiento de gráficos de control. Se comprobó que el ensayo estaba en control.

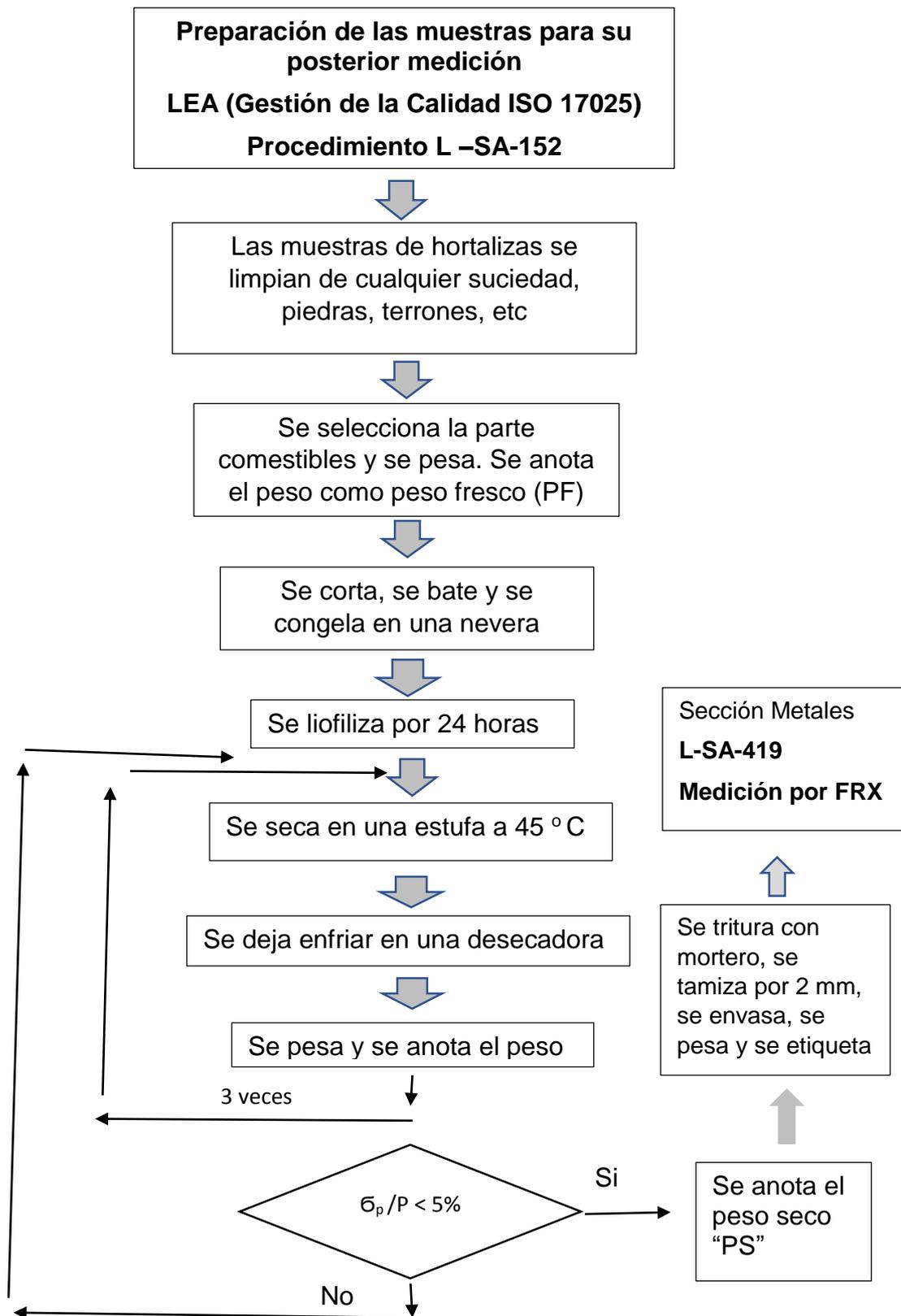


Figura 3. Flujograma de la preparación de las muestras para su posterior medición.

2.3 Evaluación de la inocuidad alimentaria respecto a los contaminantes metálicos de los vegetales monitoreados según la NC 493:2015.

La evaluación de la inocuidad alimentaria de las hortalizas monitoreadas se realizó comparando los valores obtenidos para los diferentes metales, con los valores de referencia establecidos como Límites Máximos Permisibles (LMP) en la NC 493: 2015 respectivamente para cada elemento, en vegetales frescos (Cuba. Norma Cubana 493. (2015).

Teniendo en cuenta que para vegetales frescos aún no se han establecido en la NC: 493:2015 los LMP para los siguientes elementos: As, Zn, Fe, y Cu, la comparación se hizo con valores establecidos en otras normas o por artículos científicos reportados por otros autores. Se consultó la *Commission Regulation (EC) No 1881/2006* (Austria. EC. (2006) y el (Codex, 1999).

2.4 Elaboración de un Plan de Medidas para dar solución a los incumplimientos de la NC 493:2015

A partir de los resultados de la evaluación de la inocuidad de las hortalizas monitoreadas se propuso un Plan de Medidas para minimizar los daños potenciales dados por violar los LMP para los contaminantes metálicos investigados.

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2. se muestran los resultados del contenido de humedad y de las concentraciones de los contaminantes metálicos considerados en la NC 493:2015. (Las concentraciones están referidas al peso fresco (PF) de las muestras); en las hortalizas monitoreadas en organopónicos de la ciudad de Cienfuegos.

El método de determinación por Fluorescencia de Rayos X por Dispersión de Energía (EDXRF), tiene la limitación que los límites de cuantificación (LC) de los elementos son, en muchos casos, superior al Límite Máximo Permisible (LMP) establecidos para los contaminantes metálicos en los alimentos, dificultando la evaluación de la inocuidad alimentaria correspondiente. Tal es el caso del plomo (Pb). Según la NC 493:2015, el LMP para este elemento en vegetales frescos es 0,1 mg/kg. Observando los valores de Pb reportados en la Tabla 2 se puede decir entonces que para la mayoría de los valores reportados como “menores que” es imposible hacer una afirmación en cuanto al cumplimiento de la NC para estos casos. Sin embargo, sí se puede afirmar que el LMP para el Pb ha sido superado para la lechuga cultivada en los organopónicos El Alba, en el del Punto de Venta Cuatro Caminos y en el de Flora y Fauna (en este último caso el valor del Pb en lechuga duplica el LMP para este elemento). También hay violación de la NC en el ajo puerro cosechado en el organopónico del T-15 (en este caso el LMP es triplicado). De igual manera, en el caso de la acelga cosechada en el organopónico Gastronomía, el valor del Pb está cerca de triplicar el LMP. (Ver Figura 4). La absorción y translocación de Pb por deposición atmosférica en las hojas puede llegar a ser de un 73 a 95 % del contenido de Pb total en plantas de hoja (Kabata & Pendias, 2000). Se conoce que el plomo en las plantas proviene de la absorción de los suelos o de la deposición atmosférica. Cuando la vía de contaminación es a través de la absorción del plomo de los suelos, la mayor acumulación ocurre en las raíces de las plantas. Una de las vías de contaminación de las hojas y frutos con plomo es la deposición de este metal procedente del polvo atmosférico y de los suelos contaminados. El plomo es absorbido por las células de las hojas y aunque parte del mismo puede eliminarse por el lavado, una fracción importante pasa al tejido de la planta. Es entonces significativo que las partes de las hortalizas contaminadas con plomo fueron las hojas, lo que sugiere esta vía como fuente de contaminación (Olivares, et al., 2013).

Tabla 2. Ubicación de los organopónicos monitoreados y concentraciones de contaminantes metálicos en las hortalizas muestreadas

Nombre y Ubicación del Organopónico	Hortaliza	C. Humed (%)	U (CH) (%)	Pb (mg/kg PF)	U(Pb) (mg/kg PF)	As (mg/kg PF)	Zn (mg/kg PF)	U (Zn) (mg/kg PF)	Fe (mg/kg PF)	U(Fe) (mg/kg PF)	Cu (mg/kg PF)	U (Cu) (mg/kg PF)
1.Org. El Alba. A la entrada del Vial. Carretera Rodas, esquina Vial. N:22°.18'58.1'' W:080°.45'57.5''	Ají (<i>Capsicum annuum</i>)	93,9	1,9	<0,12	--	<0,12	1,44	0,13	<6,52	--	1,16	0,12
	Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>)	93,3	1,9	<0,13	--	<0,13	2,73	0,25	<7,16	--	0,94	0,094
	Lechuga (<i>Lactuca sativa</i>)	93,0	1,9	0,14	0,023	<0,14	3,16	0,29	19,95	2,24	0,98	0,098
2.Org. Punto de Venta 4 Caminos. Semiprotegido. N:22°.17'43.5'' W:080°.44'54.7''	Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>)	92,6	1,9	<0,15	--	<0,15	<0,44	--	<7,91	--	>3,05 (14,50)	--
	Lechuga (<i>Lactuca sativa</i>)	91,5	1,8	0,17	0,028	<0,17	3,34	0,306	22,015	2,46	3,06	0,30
3.Org. Vial Oburke (Univ) / 27 y 29 N:22°.17'06.1'' W:080°.45'06.5''	Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>)	91,9	1,8	<0,16	--	<0,16	1,10	0,10	<8,66	--	1,22	0,11
	Ajo Puerro (<i>Allium ampeloprasum</i>)	87,0	1,7	<0,26	--	<0,26	8,008	0,741	30,81	3,51	1,43	0,14
4.Org. Circunvalación Calle 113. N:22°.16'36.1'' W:080°.42'51.5''	Lechuga (<i>Lactuca sativa</i>)	95,2	1,9	<0,092	--	<0,10	1,88	0,17	5,95	0,67	>1,98 (2,21)	--
	Ajo Puerro (<i>Allium ampeloprasum</i>)	87,6	1,8	<0,25	--	<0,24	13,36	1,23	23,68	2,73	2,98	0,28
	Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>)	95,4	1,9	<0,096	--	<0,091	0,50	0,046	<4,92	--	0,83	0,083

Tabla 2. (Continuación) Ubicación de los organopónicos monitoreados y concentraciones de contaminantes metálicos en las hortalizas muestreadas

Nombre y Ubicación del Organopónico	Hortaliza	C. Humed (%)	U (CH) (%)	Pb (mg/kg PF)	U(Pb) (mg/kg PF)	As (mg/kg PF)	Zn (mg/kg PF)	U (Zn) (mg/kg PF)	Fe (mg/kg PF)	U(Fe) (mg/kg PF)	Cu (mg/kg PF)	U (Cu) (mg/kg PF)
5.Org. La Forestal, al lado del edificio de la Circunvalación. Atrás de los amarillos., entre la carretera de Caonao, en el Jardín de Flores. N:22°.16´24.7" W:080°.42´16.8"	Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>)	91,3	1,8	<0,174	--	<0,17	2,47	0,23	<9,30	--	1,39	0,14
	Lechuga (<i>Lactuca sativa</i>)	91,4	1,8	<0,17	--	<0,17	2,93	0,28	19,69	2,24	>3,55 (3,96)	--
6.Org. Base de Transporte Escolar N:22°.16´40.8" W:080°.44´10.5"	Lechuga (<i>Lactuca sativa</i>)	90,7	1,8	<0,19	--	<0,18	4,52	0,42	26,41	2,98	>3,83 (3,81)	--
7.Org. T-15.Emp Agropecuaria por la carretera de Palmira antes de la Delegación de la Agricultura (Semi - Protegido). N:22°.17´59.5" W:080°.43´51.6"	Pepino (<i>Cucumis sativus</i>)	96,2	1,9	<0,076	--	<0,075	<0,23	--	<4,06	--	>1,56 (13,95)	--
	Lechuga (<i>Lactuca sativa</i>)	90,6	1,8	<0,19	--	<0,19	5,74	0,53	20,87	2,35	1,034	0,94
	Ajo Puerro (<i>Allium ampeloprasum</i>)	90,2	1,8	0,30	0,048	<0,19	4,66	0,43	73,70	8,23	>4,04 (6,27)	--

Tabla 2. (Continuación) Ubicación de los organopónicos monitoreados y concentraciones de contaminantes metálicos en las hortalizas muestreadas

Nombre y Ubicación del Organopónico	Hortaliza	C. Humed (%)	U (%)	Pb (mg/kg PF)	U(Pb) (mg/kg PF)	As (mg/kg PF)	Zn (mg/kg PF)	U (Zn) (mg/kg PF)	Fe (mg/kg PF)	U(Fe) (mg/kg PF)	Cu (mg/kg PF)	U (Cu) (mg/kg PF)
8.Org. Ave 64 Línea San Lázaro. Frente a Fab de Refrescos N:22°.15'37.5" W:080°.43'58.0"	No producción	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.Org. La Calzada (64 / 57 y 59) N:22°.15'19.7" W:080°.44'0.05"	Lechuga (<i>Lactuca sativa</i>)	91,0	1,8	<0,18	--	<0,178	1,071	0,099	9,72	1,08	>3,71 (19,89)	--
	Pepino (<i>Cucumis sativus</i>)	95,7	1,9	<0,086	--	<0,085	0,6149	0,0602	<4,5967	--	>1,77 (2,71)	--
10.Org. Hmanas Giral.(Ave 5 de Septiembre) N:22°.13'88.6" W:080°.43'66.03"	Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>)	92,6	1,9	<0,148	--	<0,146	1,7316	0,1628	<7,91	--	0,888	0,0814
	acelga	90,6	1,8	<0,188	--	<0,186	5,2264	0,4794	22,466	2,538	0,89582	0,0846
	Ají (<i>Capsicum annum</i>)	91,5	1,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11.Org. 5 de Septiembre. Granja Urbana (Elpidio Valdés). N:22°.13'52.8" W:080°.43'33.8"	Lechuga (<i>Lactuca sativa</i>)	91,9	1,8	<0,162	--	<0,160	0,87399	0,08019	16,2	1,863	>3,34 (7,94)	--

Tabla 2. (Continuación) Ubicación de los organopónicos monitoreados y concentraciones de contaminantes metálicos en las hortalizas muestreadas

Nombre y Ubicación del Organopónico	Hortaliza	C. Humed (%)	U (%)	Pb (mg/kg PF)	U(Pb) (mg/kg PF)	As (mg/kgPF)	Zn (mg/kgPF)	U (Zn) (mg/kg PF)	Fe (mg/kg PF)	U(Fe) (mg/kg PF)	Cu (mg/kg PF)	U (Cu) (mg/kg PF)
12. Org. Flora y Fauna (Carretera Rodas, Paraíso) N:22°.18'56.6" W:080°.45'46.7"	Lechuga (<i>Lactuca sativa</i>)	89,3	1,8	0,23	0,363	<0,21	4,86	0,45	37,99	4,28	2,14	0,20
	Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>)	92,1	1,8	<0,16	--	<0,16	1,38	0,13	<8,44	--	1,34	0,13
	remolacha	83,7	1,7	<0,33		<0,32	4,55	0,42	<17,42	--	1,408	0,13
13. Org. Gastronomía (Ave 5 de Septiembre, atrás del Org. Hermanas Giral a mano izquierda). N:22°.13'79.7" W:080°.43'59.03"	acelga	89,5	1,8	0,26	0,042	<0,21	4,69	0,43	54,08	6,09	>4,33 (6,51)	--
	Lechuga (<i>Lactuca sativa</i>)	89,1	1,8	<0,22	--	<0,22	3,13	0,29	14,17	1,64	>4,49 (7,85)	--
	Ají (<i>Capsicum annum</i>)	91,2	1,8	<0,18	--	<0,17	2,30	0,21	<9,41	--	0,97	0,097
	Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>)	92,1	1,8	<0,16	--	<0,16	2,086	0,20	<8,44	--	0,64	0,06004
14.Org. Org. Pastorita. N:22°.16'83.1" W:080°.44'68.08"	habichuela	85,8	1,7	<0,28	--	<0,28	6,73	0,62	<15,18	--	1,70	0,16
15. Org. INSUNA (Calle 56# 6104/31 y 29, Oburque)N:22°.17'0.22" W:080°.46'12.4"	Ajo porro	91,8	1,8	<0,16	--	<0,16	4,72	0,43	17,14	1,97	0,77	0,073
	espinaca	95,6	1,9	<0,088	--	<0,087	2,40	0,22	<4,70	--	0,57	0,057

Tabla 2. (Continuación) Ubicación de los organopónicos monitoreados y concentraciones de contaminantes metálicos en las hortalizas muestreadas

Nombre y Ubicación del Organopónico	Hortaliza	C. Humed (%)	U (%)	Pb (mg/kg PF)	U(Pb) (mg/kg PF)	As (mg/kg PF)	Zn (mg/kg PF)	U (Zn) (mg/kg PF)	Fe (mg/kg PF)	U(Fe) (mg/kg PF)	Cu (mg/kg PF)	U (Cu) (mg/kg PF)
16. Org. La esperanza. (por los Camilitos) N:22° 16' 59.3" W:080° 42' 36.0"	Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>)	94,1	1,9	<0,12	--	<0,12	1,30	0,12	<6,31	--	0,52	0,049
	Lechuga (<i>Lactuca sativa</i>)	87,50	1,8	<0,25	--	<0,25	4,74	0,4375	21,13	2,38	1,38	0,14
17. Org. Pepito Tey (Frente a la Escuela Pepito Tey) N:22° 15' 93.8" W:080° 42' 45.4"	Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>)	93,4	1,9	<0,13	--	<0,13	1,41	0,13	<7,055	--	0,89	0,081

Datos técnicos:

1. La incertidumbre U es expandida y se determinó multiplicando la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura k=2, que define un intervalo con nivel de confianza de aproximadamente 95%.
2. Límite de cuantificación: Para los resultados reportados menores que un valor, se considera el límite de cuantificación del método expresado para peso fresco de la muestra.
3. Las coordenadas geográficas fueron determinadas con un GPSMAP 64sx Garmin, el sistema de coordenadas utilizado fue el WGS84.
4. Resultados entre paréntesis: Los resultados reportados entre paréntesis corresponden a valores obtenidos por encima del rango de trabajo al realizar la extrapolación de la recta de calibración. Estos resultados no tienen su incertidumbre reportada debido a que en la validación del método el estudio de la incertidumbre solo se hace en el rango de trabajo. Adicionalmente, la técnica de EDXRF tiene la característica de presentar rangos de trabajo dinámicos, lo que se traduce en que los valores obtenidos fuera del rango de trabajo (por encima) pueden utilizarse como valores informativos. (En adición, los valores han sido recalculados para el peso fresco de la muestra)

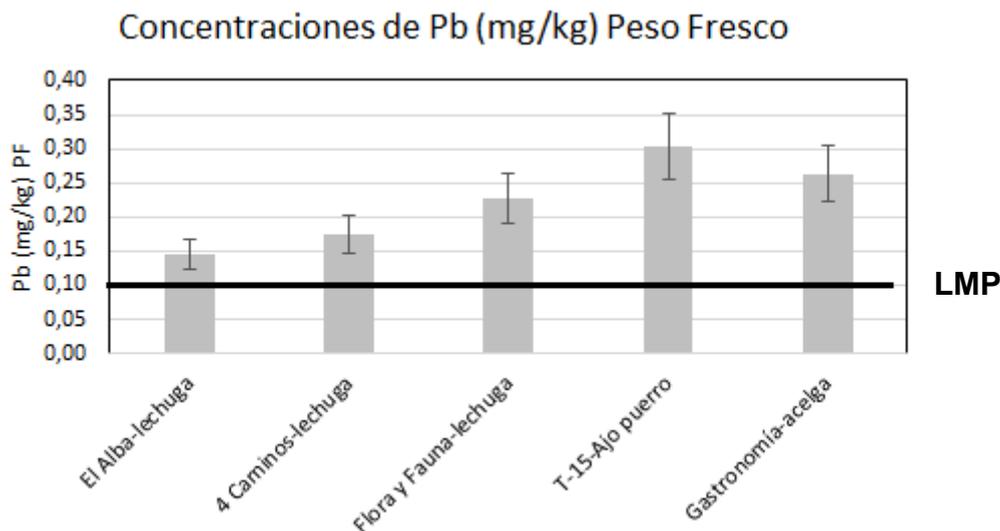


Figura 4. Violación de los LMP establecidos para el Pb (0,1 mg/kg PF) en hortalizas frescas

De un total de 35 muestras de hortalizas, 5 tuvieron valores cuantificables que superaron el LMP para el Pb, lo que representa el 14,3 %. Estos cultivos no son inocuos respecto al Pb. Sin embargo, 24 muestras tienen valores menores que el LC, pero mayores que el LMP, lo que representa un 68,6 %, de las cuales no se puede afirmar si cumplen o no con el LMP para el Pb establecido en la NC. Para la evaluación de la inocuidad de las mismas sería necesario una técnica analítica con LC menores que los LMP establecidos. Sólo se puede afirmar, que el resto de las muestras, que representan un 17,1 % del total, sí son inocuas con respecto al Pb.

La mayor concentración de Pb se encontró en la muestra de ajo puerro del organopónico T-15; seguido por la acelga perteneciente al organopónico Gastronomía. En la lechuga los mayores valores se encontraron, en orden de mayor a menor, en el organopónico Flora y Fauna; en el organopónico Cuatro Caminos y en el organopónico El Alba. Comparando los resultados obtenidos en este cultivo, con los resultados de Jassa, et al. (2013), en los organopónicos La Calzada, Vial y T-15, se constata que hay correspondencia en los niveles de Pb determinados en ambas investigaciones. En las hortalizas de fruto en todos los organopónicos, los valores de Pb estuvieron por debajo del LC.

Está reportado que entre las fuentes de plomo más comunes están las emisiones industriales y el uso de compuestos plomados en la gasolina. Por otra parte,

también puede introducirse como parte de los fertilizantes fosfóricos, el compost, los lodos residuales y por la aplicación de pesticidas (Rehman, et al., 2019). Todas estas fuentes de plomo es muy probable que coexistan en los organopónicos investigados, muchos de ellos están ubicados en áreas colindantes a grandes avenidas y carreteras de mucho tráfico, como es el caso de los organopónicos en los que se encontraron los valores más altos de Pb. Con respecto a la evaluación de la inocuidad de los alimentos en relación al arsénico (As), al zinc (Zn), al hierro (Fe) y al cobre (Cu), existe el inconveniente de que en la NC 493: 2015, aún no han sido establecidos los LMP para estos elementos en hortalizas.

Los valores de As obtenidos en esta investigación, están en todas las hortalizas monitoreadas, por debajo del LC, todos los valores son menores que 0,32 mg/kg (LC determinado para la remolacha del Organopónico Flora y Fauna). La ingesta diaria admisible (IDA) para el As, establecida en la NC 493:2015, es 0,05 mg/kg de peso corporal. El LMP establecido en las normas Codex Alimentarius (FAO/OMS) para el As es 0,5 mg/kg PF (Grandez, 2021). En ninguna de las hortalizas monitoreadas se sobrepasa este valor, lo que indica que las hortalizas son inocuas respecto al As.

Los resultados obtenidos en la presente investigación de Zn, en las hortalizas muestreadas, van desde un valor < 0,44 hasta un valor máximo de 13,36 mg/kg de peso fresco (PF), los cuales están en el mismo orden de magnitud que los valores reportados para hojas de lechuga (Phillip, et al., 2000; Rodríguez, et al., 2010 & Olivares, et al., 2013). Estos valores son considerados como normales (Chen, 2023). La Ingesta Diaria Permisible (IDA) para el Zn establecida en la NC 493:2015 es 1,0 mg/kg de peso corporal/día, la cual indica que es muy poco probable que se supere por el consumo de las hortalizas monitoreadas, indicando que los cultivos monitoreados son inocuos respecto al Zn. Por otra parte, tomando como referencia el LMP establecido para el Zn en la NC 493:2015, para conservas de hortalizas en envases de hojalata, que es 10 mg/kg de PF, todos los valores están por debajo del límite admisible, indicando su inocuidad respecto a este elemento, con excepción del ajo puerro del organopónico Circunvalación que sí lo sobrepasa (Figura 5).

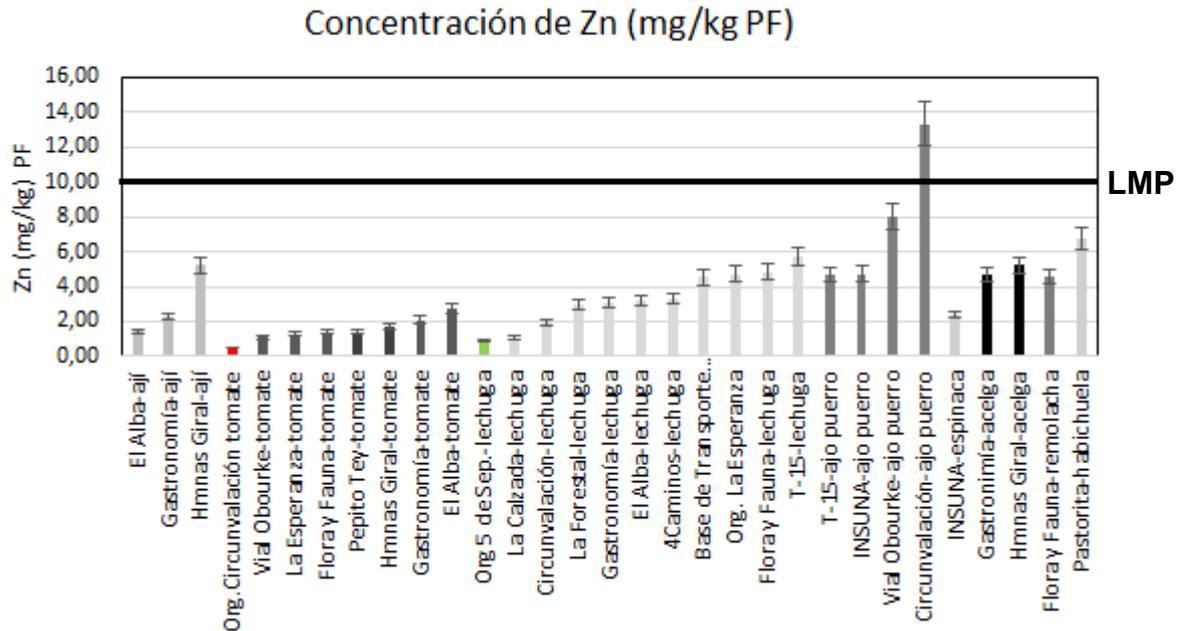


Figura 5. Valores de Zn en las hortalizas monitoreadas

Los mayores valores tanto del Zn como del Pb, que sobrepasaron los LMP, se encontraron en el ajo puerro, aun cuando provienen de organopónicos diferentes (para el caso del Pb del organopónico T-15 y para el Zn, del organopónico Circunvalación) lo que sugiere que esta hortaliza tiene la capacidad de acumular más estos elementos que el resto de los cultivos.

Los valores de Fe estuvieron en un rango de (<6,52 mg/kg hasta un valor máximo de 73,70 mg/kg). Estos valores están también en el mismo orden de magnitud que los valores reportados por los autores Phillip, et al., 2000 & Rodríguez, et al., 2010, mencionados anteriormente; sin embargo, los valores encontrados en la presente investigación son ligeramente mayores. Como puede observarse en la Tabla 2, los mayores valores de Fe se encontraron en la lechuga, acelga y ajo puerro, lo cual es indicativo del valor nutricional de estas hortalizas respecto a este microelemento, esencial para la formación de la hemoglobina en el organismo. Las concentraciones de Fe están representadas en la Figura 6. La IDA para el Fe es 0,8 mg/kg de peso corporal/día (NC 493:2015).

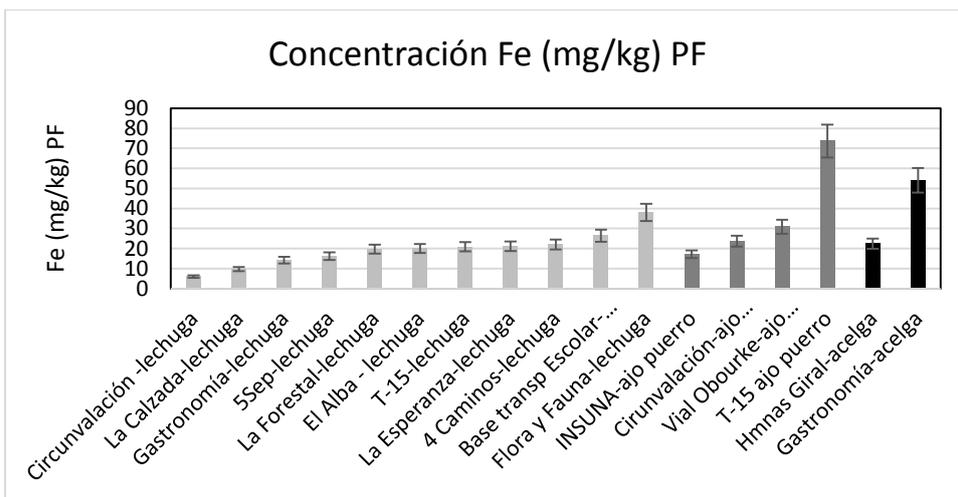


Figura 6. Valores de Fe fueron encontrados en la lechuga, ajo puerro y acelga.

Del total de muestras de hortalizas, 10 fueron de tomate y en ellas, los valores de Fe estuvieron por debajo del LC del método. De igual forma en las muestras de ají, habichuela y pepino, no se pudieron cuantificar las concentraciones de Fe, por estar siempre por debajo del LC. Dicho en otras palabras, podemos decir que las hortalizas de fruto tuvieron los valores más bajos de Fe.

El Cu es uno de los elementos más estudiados en la última década por la toxicidad que puede provocar. Los valores de Cu en las hortalizas monitoreadas están desde un valor mínimo de 0,52 mg/kg hasta un valor máximo mayor de 4,49 mg/kg. Estos resultados están en el mismo orden de magnitud que los reportados por Rodríguez et al., (2010) y específicamente para la lechuga, (6,73 – 12,87) mg/L X 100 g, son valores muy similares. También los valores determinados son similares a los reportados por Olivares, et al., (2013), esto es en el rango (0,06 – 4,71) mg/kg PF. En ninguno de los cultivos analizados se sobrepasó el LMP establecido para este elemento (5 mg/kg PF) para conservas de frutas y puré de frutas para niños, concluyendo que las hortalizas monitoreadas son también inocuas respecto al Cu (Figura 7). Valores de Cu entre 2 y 250 mg/kg de Cu pueden ser tóxicos para las plantas cultivadas Adriano (2001).

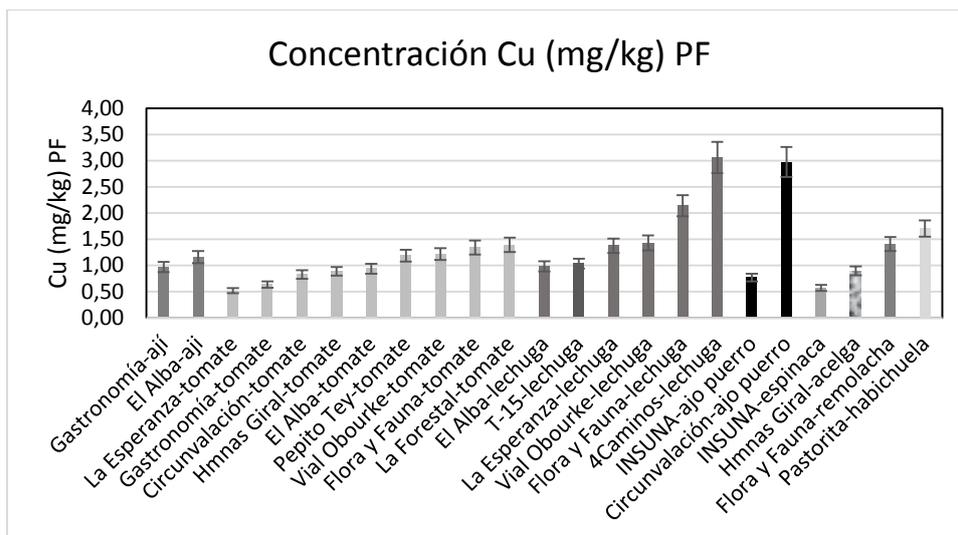


Figura 7. Concentraciones de Cu en las hortalizas monitoreadas.

Los resultados obtenidos de la evaluación de la inocuidad alimentaria de las hortalizas cosechadas en los organopónicos de la ciudad de Cienfuegos respecto al Pb, As, Zn, Fe y Cu en relación a los LMP establecidos en la NC 493:2015, sugieren la necesidad de tomar medidas para garantizar la inocuidad de las producciones hortícolas de la AU.

PLAN DE MEDIDAS PARA DAR SOLUCIÓN A LOS INCUMPLIMIENTOS DE LA NC 493:2015.

1. Incrementar el control de los tenores de plomo en los productos alimenticios que se pondrán en circulación.
2. Analizar los sustratos de los organopónicos en que fueron determinadas las violaciones de la NC así como los materiales orgánicos para su mejoramiento.
3. Analizar la calidad del agua del riego.
4. Cubrir los cultivos de los organopónicos con telas finas que limiten las deposiciones de contaminantes.
5. En los organopónicos donde se determinen altos contenidos de contaminantes utilizar cultivos no acumuladores.

CONCLUSIONES

1. Se determinaron las concentraciones totales de metales pesados de importancia toxicológica en las hortalizas producidos en la Agricultura Urbana de la Ciudad de Cienfuegos.
2. Se evaluó la inocuidad alimentaria de las hortalizas provenientes de la Agricultura Urbana teniendo en cuenta la NC 493:2015 y se comprobó que hay incumplimientos de esta norma, ya que los contenidos de plomo sobrepasan los Límites Máximos Permisibles en algunas de las hortalizas monitoreadas
3. Se elaboró el Plan de Medidas para minimizar los daños de la contaminación en los organopónicos.

RECOMENDACIONES

2. El Comité Técnico de Normalización deberá trabajar para el establecimiento de los Límites Máximos Permisibles que aún no han sido establecidos en la Norma Cubana NC:493: 2015.
3. Aplicar el Plan de Medidas propuesto.
4. Extender la investigación a otros organopónicos de la provincia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adriano, D.C. (2001). Trace elements in terrestrial environments. *Biogeochemistry, bioavailability, and risks of metals*. Springer-Verlag
- Al osman, M., Yang, F., & Massey, I. (2019). Exposure routes and health effects of heavy metals on children. *Biometals*, 32(4), 563-573. <https://doi.org/10.1007/s10534-019-00193-5>
- Alloway, B. J. (2008). *Micronutrient Deficiencies in Global Crop Production*. The University of Reading.
- Anaya, R. M.A.; Rangel, M. F.M; Iannacone, O.J.A.; Romero, E. L.M. (2022). Metales pesados en hortalizas y suelos agrícolas irrigados con aguas superficiales: una revisión sistemática. *IDESIA*, 40(3), 33-41.
- Austria. Commission Regulation. (2006). (EC) No 1881/2006 Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. IN COMMUNITIES, T. C. O. T. E. (Ed.), *Official Journal of the European Union*.
- Briffa, J., Sinagra, E., & Blundell, R. (2020). Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans. *Heliyon* 6(9), e04691. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04691>
- Canadá. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO. (1996). *El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo. Rome Declaration on World Food Security and World Food Summit Plan of Action*. <https://www.fao.org>
- Canadá. Organización para la Alimentación y la Agricultura, FAO. (2020). *El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo*. <https://www.fao.org>
- Chaoua, S.; Boussaa, S.; 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.
- Chen, L.J. (2023, 7 de septiembre). La función del zinc en el cultivo de plantas. *ED Bloodnic Blog*. <https://pthorticulture.com/es>
- Chile. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2019). *Tercera Reunión del Foro de los Países de América Latina y el Caribe sobre el Desarrollo Sostenible*. Santiago de Chile. www.cepal.org

- CODEX. (1999). *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.
- Companiononi, N., Rodríguez-Nodals, A. & Sardiñas, J. (2017). Avances de la agricultura urbana, suburbana y familiar. *Agroecología* 12 (1): 91-98.
- Cuba. Norma 493 (2015). *Contaminantes Metálicos en Alimentos. Regulaciones Sanitarias. NC 493*.
- Cuba. Ministerio de Justicia. (2020). Decreto Ley 9/2020 “Inocuidad Alimentaria”. Gaceta Oficial de la República de Cuba No. 76.
- Cuba. Comité Central del Partido Comunista. (2021). *Conceptualización del Modelo Económico y Social Cubano de Desarrollo Socialista. Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución para el período 2021-2026*. PCC
- Cuba. Ministerio de Justicia. (2022). *Reglamento de la Ley de Soberanía Alimentaria y Seguridad Alimentaria y Nutricional (GOC-2022-755-077). Ley 148/2022 Ley de Soberanía Alimentaria y Seguridad Alimentaria y Nutricional (GOC-2022-754-077). Decreto 67/2022. Gaceta Oficial No. 77. Ordinaria*
- Delgado, R. (2014). Concepción, desarrollo y consolidación de la agricultura urbana en Cuba. *Papeles de relaciones ecosociales y cambio global*. 124,125 – 134.
- Durán, A., González, M. I., Vargas, G., & Mora, D. 2017. Situaciones de riesgo potencial relacionadas con la aplicación de agroquímicos en los sistemas hortícolas. *Agronomía Costarricense*, 41(2), 67–77. <https://doi.org/10.15517/rac.v41i2.31300>
- Edelstein, M.; Ben-Hur, M. (2018). Heavy metals and metalloids: Sources, risks and strategies to reduce their accumulation in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, 234: 431-444.
- Eissa, M.A.; Negim, O.E. (2018). Heavy metals uptake and translocation by lettuce and spinach grown on a metal-contaminated soil. *Journal of soil science and plant nutrition*, 18(4): 1097-1107.
- Estados Unidos. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, ATSDR. (2008) *A Toxicological Profile for Cadmium*. <https://atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tps.pdf>

- Estados Unidos. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, ATSDR. (2023). Resúmenes de Salud Pública. Estaño y compuestos del estaño. https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs55.html
- Estados Unidos. Agencia de Protección Ambiental, EPA. (2014). <https://www.epa.gov>.
- Estados Unidos. Organización Panamericana de la Salud, OMS. (1992). *Cadmium. Environmental Health Criteria*, vol. 134, Geneva.
- Estados Unidos. Organización Panamericana de la Salud, OMS. (2015). *Enfermedades transmitidas por alimentos*. [.https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=10836:2015-enfermedades-transmitidas-por-alimentos-eta](https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=10836:2015-enfermedades-transmitidas-por-alimentos-eta)
- Estados Unidos. Organización Panamericana de la Salud, OMS. 2023. Día Mundial de los Alimentos. <https://www.paho.org/es/campanas/dia-mundial-inocuidad-alimentos-2023>
- Extremera Peregrín, D.A. (2022). *Agricultura urbana, suburbana y familiar en Cuba: Situación actual, retos y perspectivas*. <http://www.cubadebate.cu/especiales/2022/08/29/agricultura-urbana-suburbana-y-familiar-en-cuba-situacion-actual-retos-y-perspectivas-podcast/>
- García, I. & Dorronsoro, C. (2005). *Contaminación por metales pesados*. En: Tecnología de suelos. Departamento de Edafología y Química Agrícola, Universidad de Granada, España.
- García, C. (2008). *Evaluación de las características químicas y microbiológicas del humus de lombriz formado a partir de los residuales sólidos orgánicos urbanos (RSOU) tratados mediante la lombricultura*. (Tesis de Maestría). Universidad de La Habana.
- Giuffré, L.; S. Ratto; L. Marbán; J. Schonwald y R. Romaniuk (2005). Riesgo por metales pesados en horticultura urbana. *Ciencia del Suelo* 23(1), 101-106.
- González, C., Orué, R., Morel, M., Adorno, C., & Bañuelos, F. (2020). Factores de riesgo de enfermedades crónicas no transmisibles en estudiantes de odontología. *Revista Científica de Odontología*.2(1), 5–11.
- Grandez Alva B. J. (2021). *Evaluación de metales pesados en hortalizas de dos procedencias comercializadas en el mercado modelo de Chachapoyas, Amazonas*. (Tesis de Ingeniería). Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

- Gupta, N.; Yadav, K.; Kumar, V.; Krishnan, S.; Kumar, S.; Nejad, Z.; Alam, J. 2021. Evaluating heavy metals contamination in soil and vegetables in the region of North India: Levels, transfer and potential human health risk analysis. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 82: 103563. 10.1016/j.etap.2020.103563
- Jarup, L., 2003. Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin* 68, 167–182
- Jassa, C. E. (2014). *Evaluación de los niveles de Metales Pesados en el cultivo de Vinna unguiculata L. (Habichuela) en cuatro organopónicos de la provincia de Cienfuegos*. (Tesis de Maestría). Universidad de Cienfuegos.
- Kabata-Pendias, A. & Pendias H. (2000). Trace Elements in Soils and Plants, *CRC Press LLC, Third Edition*, Boca Raton and Estados Unidos
- Kabata-Pendias, A. & Mukherjee, A. B. (2007, 7 de noviembre). Trace Elements from Soil to Human. *Springer-Verlag*, Berlin Heidelberg. 519 p
- Ken, E. G.; W. Ernst & P. M. Steve. (2010). Heavy metals and soil microbes. *Soil Biol. Biochem.*, vol. 5, p. 1-7.
- Kharazi, A.; Mostafa Leili, M.; Khazaei, M. & Alikhani, M. (2021). Human health risk assessment of heavy metals in agricultural soil and food crops in Hamadan, Iran. *Journal of Food Composition and Analysis*, 100:103890. 10.1016/j.jfca.2021.103890
- Liu, X.; Gu, S.; Yang, S.; Deng, J. & Xu, J. (2021). Heavy metals in soil vegetable system around E-waste site and the health risk assessment. *Science of The Total Environment*, 779: 146438. 10.1016/j.scitotenv.2021.146438
- Marrero Cruz, M. (2022). *Balance nacional del Programa Agricultura Urbana, Suburbana y Familiar. Autoabastecimiento alimentario: un asunto de seguridad nacional*. <https://www.cubainformacion.tv/cuba/20221227/1-balance-nacional-del-programa-de-la-agricultura-urbana-suburbana-y-familiar>.
- Mendoza. P.M. (2006). Estudio de metales pesados en suelos bajo cultivos hortícolas de la provincia de Castellón. *Publicaciones Server*. Universidad de Valencia, Valencia, España.
- Muhammad, S.; Ullah, R.; Jadoon, I.A. (2019). Heavy metals contamination in soil and food and their evaluation for risk assessment in the Zhob and Loralai valleys, Baluchistan province, Pakistan. *Microchemical. Journal*, 149, 103971. 10.1016/j.microc.2019.103971

- Olivares Riemount S., García Céspedes D., Lima Carzola L., Saborit Sánchez I., Ilizo Casals A., Pérez Álvarez. (2013). Niveles de Cadmio, Plomo, Cobre y Zinc en hortalizas cultivadas en una zona altamente urbanizada de la Ciudad de la Habana, Cuba. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 29 (4) 285 – 294
- Peña Turruellas, E. (2022). *Balance nacional del Programa Agricultura Urbana, Suburbana y Familiar*. <https://www.cubainformacion.tv/cuba/>
- Phillip M., Robert C. James RC, Stephen MR. (2000): Principles of toxicology: environmental and industrial application. 2ed. A John Wiley & Sons. Inc publication. USA.
- Radwan, M.A., Salama, A.K., (2006). Market basket survey for some heavy metals in Egyptian fruits and vegetables. *Food and Chemical Toxicology* 44, 1273–1278.
- Rehman, K.; Bukhari, S.M.; Andleeb, S.; Mahmood, A.; Erinle, K.O.; Naeem, M.M.; Imran, Q. (2019). Ecological risk assessment of heavy metals in vegetables irrigated with groundwater and wastewater: The particular case of Sahiwal district in Pakistan. *Agricultural Water Management*, 226: 105816. 10.1016/j.agwat.2019.105816
- Reilly, C. (2002). Metal contamination of food. Its significance for food quality and human health. *Blackwell Science Ltd.*, Oxford, UK.
- Rendón, M.F. (2022, 21 de marzo). *Ley sobre soberanía y seguridad alimentaria*. En esta noticia: Cuba, Leyes, Legislación, Soberanía y Seguridad Alimentaria. Portal Cuba.Cu <http://cuba.cu/medio-ambiente/2022-03-21/ley-sobre-soberania-y-seguridad-alimentarias-en-cuba-por-que-es-necesaria-/59304>
- Rodríguez, A.; Companioni, N. y Peña, E. (2007). Manual técnico para Organopónicos, Huertos Intensivos y Organoponía Semiprotegida.
- Rodríguez, H. D. (2017). Intoxicación ocupacional por metales pesados. *MEDISAN*. 21(12):3372
- Rodríguez, R. R.; Núñez, C. V.; Alemán, P. R.; Mollineda, T. A. (2010). Contribución a la Gestión ambiental en el contexto de las producciones agrícolas urbanas en la ciudad de Santa Clara. *Revista Centro Agrícola*, 37 (4), 67 -74.
- Rodríguez, M. (2012). *Metales pesados en abonos orgánicos y sustratos utilizados para producir hortalizas*. XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, Argentina.

- Soler, M.L. (2023). Plan SAN y los avances para la soberanía alimentaria en Cuba. *CUBAHORA, Primera Revista Digital* <https://www.cubahora.cu/sociedad/plan-san-y-los-avances-para-la-soberania-alimentaria-en-cuba>
- Tibbett, M.; Green, I.R.; De Oliveira, V.; Whitaker, J. (2021). The transfer of trace metals in the soil-plant-arthropod system. *Science of The Total Environment*, 779, 146260. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.146260
- Trichopoulos, D. (1997). Epidemiology of cancer. In: DeVita, V.T. (Ed.), *Cancer, Principles and Practice of Oncology*. Lippincott Company, Philadelphia, pp. 231–258
- Turkdogan, M.K., Kilicel, F., Kara, K., Tuncer, I. (2002). Heavy metals in soil, vegetables and fruits in the endemic upper gastrointestinal cancer region of Turkey. *Environmental Toxicology and Pharmacology* 13, 175–179
- Wan, M.; Hu, W.; Wang, H.; Tian, K.; Huang, B. (2021). Comprehensive assessment of heavy metal risk in soil-crop systems along the Yangtze River in Nanjing, Southeast China. *Science of The Total Environment*, 780: 146567. 10.1016/j.scitotenv.2021.146567
- Xiang, M.; Li, Y.; Yang, J.; Lei, K.; Li, Y.; Li, F.; Cao, Y. (2021). Heavy metal contamination risk assessment and correlation analysis of heavy metal contents in soil and crops. *Environmental Pollution*, 278: 116911. 10.1016/j.envpol.2021.116911
- Zhang, J.; Li, H.; Zhou, Y.; Dou, L.; Cai, L.; Mo, L.; You, J. (2018). Bioavailability and soil-to-crop transfer of heavy metals in farmland soils: A case study in the Pearl River Delta, South China. *Environmental Pollution*, 235: 710-719