

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

Evaluation of the food safety in vegetables from urban areas of Cienfuegos, regard to metallic contaminants

Rita Y. Sibello Hernández^{1*}E mail: ritayvelicesibellohernandez65@gmail.comORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1308-2917>Danitza Garlobo de León²E mail: dgleon@ucf.edu.cuORCID: <https://orcid.org/0009-0004-9661-1136>José R. Mesa Reinaldo²E mail: jrmesa@ucf.edu.cuORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5987-4528>¹ Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos, Cuba.²Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez", Cuba.

*Autor para la correspondencia

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Sibello Hernández, R. Y., Garlobo de León, D. y Mesa Reinaldo, J. R. (2024). Evaluación de la inocuidad de hortalizas en zonas urbanas de Cienfuegos, respecto a contaminantes metálicos. *Revista Científica Agroecosistemas*, 12(2), 81-87. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>**Resumen**

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, la convierten en un punto vulnerable a la contaminación que pudiera ser tóxica para los seres humanos. Entre estos contaminantes están los metales pesados (MP) tales como, el Plomo (Pb), el Arsénico (As), el Zinc (Zn), el Hierro (Fe) y el Cobre (Cu). Los MP son tóxicos y cancerígenos a diferentes concentraciones. Así, el objetivo principal en esta investigación fue evaluar la inocuidad alimentaria de 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 Permisibles (LMP) establecidos en la NC incumpliendo la misma.

Palabras clave:

Agricultura, Seguridad Alimentaria, Inocuidad Alimentaria.

Abstract

Nowadays, 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 quality, 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), Zinc (Zn), Iron (Fe) and Copper (Cu). 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.

Keywords:

Agriculture, Food Safety, Metal contaminants.

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 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., 2007).

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., 2019) 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).

En este contexto, el objetivo principal de esta investigación fue evaluar la inocuidad alimentaria de las hortalizas en zonas urbanas de Cienfuegos, Cuba, respecto a los contaminantes metálicos, con el propósito de proponer a las autoridades sanitarias y agrícolas medidas para garantizar la inocuidad de los productos hortícolas.

Materiales y Métodos

Esta investigación se desarrolló en 17 organopónicos de la ciudad de Cienfuegos durante el período comprendido de enero a noviembre de 2023.

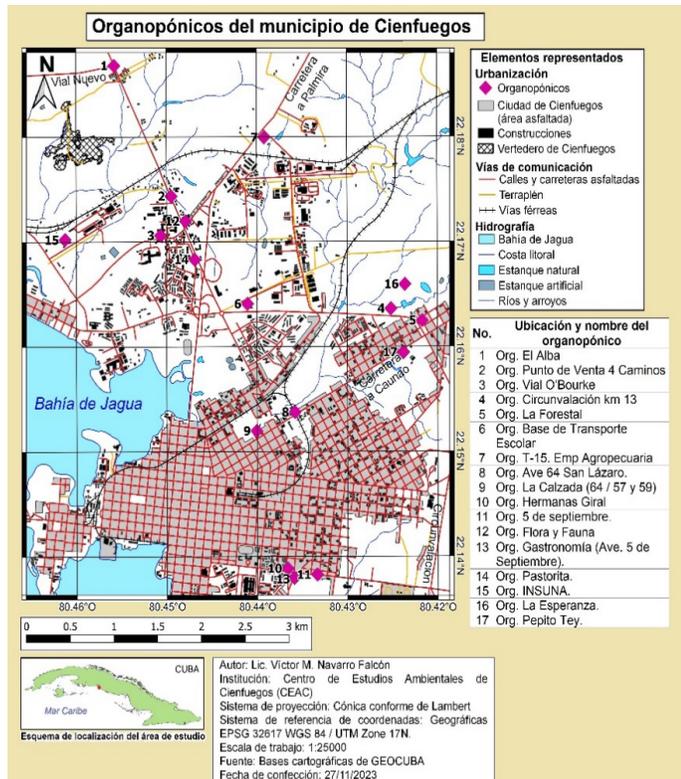
Toma de muestras de las hortalizas existentes en los organopónicos identificados

La toma de muestras se realizó en los organopónicos identificados en la ciudad de Cienfuegos, Cuba. 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 monitoreados, así como sus nombres de identificación en esta investigación.

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.

Las hortalizas que conformaron las muestras fueron las siguientes (entre paréntesis está el nombre científico correspondiente): ají (*Capsicum annum*); tomate (*Solanum lycopersicum*); lechuga (*Lactuca sativa*); ajo puerro (*Allium porrum*); espinaca (*Spinacia oleracea L.*); acelga (*Beta vulgaris var. Cicla*); remolacha (*Beta vulgaris*) y la habichuela (*Phaseolus vulgaris*).

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



Fuente: Elaboración propia

Determinación de las concentraciones de los contaminantes metálicos en las muestras

Para la posterior medición, las muestras pasaron 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).

Secado y tamizado de las muestras

El secado de las muestras se realizó 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 limpiadas, 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.

Posteriormente, la muestra se muele o tritura en un mortero, se tamiza por una malla de 125 μ m 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.

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

La determinación de los contaminantes metálicos se realizó por Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X por Dispersión de Energías (EDXRF), utilizando el Espectrómetro Epsilon 3XLE (Malvern – Panalytical, Almelo, Holanda) existente en el LEA y el procedimiento utilizado fue el de Aplicación Analítica para Material Biológico del Sistema de Gestión de la Calidad del LEA, del CEAC. Este ensayo está acreditado.

De cada una de las muestras tamizadas, se tomaron 5 g y se vertieron en moldes de acero, procurando una distribución homogénea, garantizando que la densidad másica fuera constante, luego se le aplicó 11 ton de presión por un min, utilizando una prensa Carver (Modelo 3762CE, USA), formando pastillas de 31 mm de diámetro. Estas pastillas de cada muestra de vegetal se midieron por EDXRF para la determinación de los metales. El software utilizado en el procesamiento de los resultados de la EDXRF fue el Epsilon 3. El Límite de Cuantificación del Método (LCM) es 2 mg/kg de Peso Seco (PS).

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.

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 la norma para otros alimentos o con artículos científicos reportados por otros autores. Se consultó la *Commission Regulation* (EC) No 1881/2006 (Austria. EC. (2006) y el (Codex, 1999).

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 a las autoridades sanitarias y agrícolas para garantizar la inocuidad de los productos hortícolas.

Resultados y discusión

En la (Tabla 1) se muestran los rangos en los que variaron las concentraciones (en peso fresco) de los cinco elementos estudiados en las hortalizas analizadas y se comparan con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en la Norma Cubana (NC 493 2015).

Como se puede observar en la (Tabla 1), en 5 muestras de las 52 analizadas se sobrepasan los niveles límites para el Pb de la Norma Cubana, en 2 para el Zn y en 13 para el Fe, lo que representa un 38 % del total de muestras analizadas.

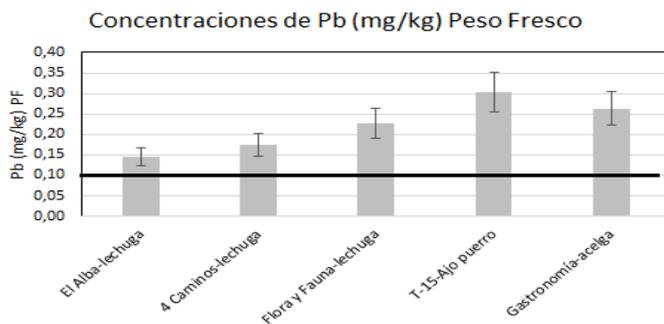
Tabla 1. Cumplimiento de la Norma Cubana sobre contaminantes metálicos en alimentos.

| | Concentración (mg/kg) peso fresco (n = 52) | | | | |
|--|--|---------------|---------------|---------------|--------------|
| | Pb | As | Zn | Fe | Cu |
| Niveles encontrados en las hortalizas | <0,086 – 0,30 | <0,075 – 0,20 | <0,44 – 14,41 | <4,06 – 73,70 | 0,43 – >4,49 |
| LMP | 0,1 | 0,3 | 10 | 15 | 5 |
| Número de muestras que excedieron los LMP | 5 (9%) | 0 | 2 (3%) | 13 (25%) | 0 |

Fuente: Elaboración propia

La mayor concentración de Pb se encontró en la muestra de ajo puerro (*Allium porrum*), del organopónico T-15; seguido por la acelga (*Beta vulgaris var. Cicla*) perteneciente al organopónico Gastronomía. En la lechuga (*Lactuca sativa*), 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 (Ver Figura 2).

Fig. 2. En cinco de los diecisiete organopónicos monitoreados se determinaron concentraciones de plomo en algunas hortalizas que sobrepasaron los LMP establecidos en la NC 493:2015, lo que constituye un incumplimiento de la misma.



Fuente: Elaboración propia

Con excepción de estas 5 muestras que sobrepasaron el LMP para el Pb establecido en la NC (Figura 2), el resto mostraron concentraciones de Pb por debajo del Límite de Cuantificación del método (< 2mg/kg PS). Comparando los resultados para el Pb en esta investigación, en el rango <0,086 – 0,30 mg/kg PF con los reportados por

Olivares, et. al, (2013), para este elemento (<0,08-0,28) mg/kg PF, en hortalizas de una zona altamente urbanizada, se constata una buena correspondencia.

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).

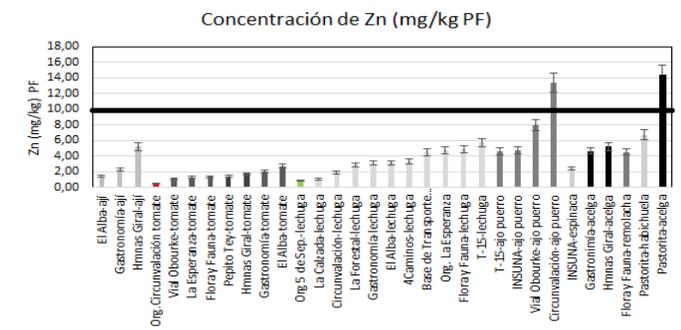
Está reportado que entre las fuentes de plomo más comunes están las emisiones industriales y el uso de compuestos plomados en la gasolina. Por otra parte, también puede introducirse como parte de los fertilizantes fosfóricos, el compost, los lodos residuales y por la aplicación de pesticidas (Rehman, 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.

Los valores de As obtenidos en esta investigación, están en todas las hortalizas monitoreadas, por debajo del LC, todos los valores son menores que 0,5 mg/kg en PF (LC determinado para la acelga del Organopónico Pastorita). 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 de Zn en las hortalizas muestreadas en la presente investigación, van desde un valor < 0,44 hasta un valor máximo de 14,41 mg/kg de peso fresco (PF), los cuales están en el mismo orden de magnitud que los valores reportados para hojas de lechuga (Olivares, et al., 2013 & Jassa, 2014). 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 y la acelga del organopónico Pastorita, que sí lo sobrepasan (Figura 3).

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

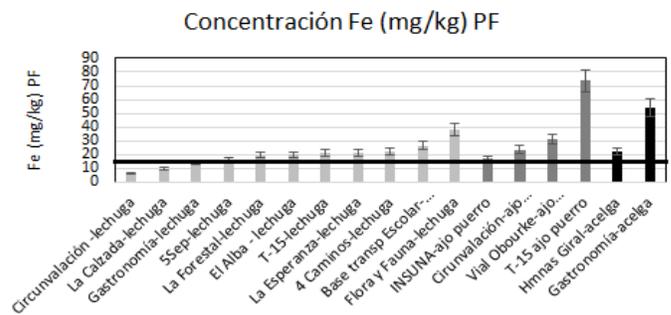
Fig.3. Valores de Zn determinados en las hortalizas investigadas.



Fuente: Elaboración propia

Los valores de Fe estuvieron en un rango de (<4,06 mg/kg PF hasta un valor máximo de 73,70 mg/kg). Estos valores están también en el mismo orden de magnitud que los valores reportados previamente por Jassa (2014), (22,9 – 72,5) mg/kg de PF, en hortalizas cosechadas en organopónicos cienfuegueros. Como puede observarse en la (Figura 4), 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. La IDA para el Fe es 0,8 mg/kg de peso corporal/día (NC 493:2015). De las concentraciones de Fe representadas, 13 superan el límite admisible establecido (15 mg/kg) para este elemento en puré de frutas para niños; jugos y néctares en la NC (en hortalizas no se ha establecido el LMP para el Fe en la NC); sin embargo, es poco probable que se supere la IDA para este elemento.

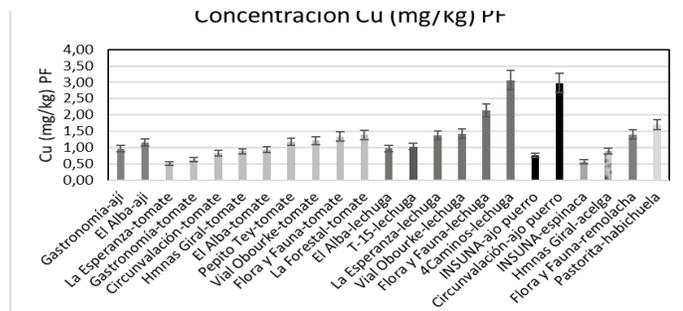
En las muestras de tomate, habichuela, ají y pepino los valores de Fe estuvieron siempre por debajo del LC del método, por lo que no se pudieron cuantificar sus concentraciones en estas hortalizas. Dicho en otras palabras, podemos decir que las hortalizas de fruto tuvieron los valores más bajos de Fe.



Fuente: Elaboración propia

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 0,43 mg/kg hasta un valor máximo mayor de 4,49 mg/kg en peso fresco. También estas concentraciones son similares a las reportadas 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 5). Valores de Cu entre 2 y 250 mg/kg de Cu pueden ser tóxicos para las plantas cultivadas Adriano (2001).

Fig. 5. Concentraciones de Cu en las hortalizas monitoreadas.



Fuente: Elaboración propia

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, hierro y zinc 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

Se determinaron las concentraciones totales de metales pesados de importancia toxicológica en las hortalizas producidos en la Agricultura Urbana de la Ciudad de Cienfuegos. 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, porque existen concentraciones de elementos metálicos que sobrepasan los Límites Máximos Permisibles en algunas de las hortalizas monitoreadas. Se redactó un Plan de Medidas para minimizar los daños de la contaminación en los organopónicos, puesto a disposición de las autoridades agrícolas y sanitarias.

Recomendaciones

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.

Se recomienda aplicar el Plan de Medidas propuesto y extender la investigación a otros organopónicos de la provincia

Agradecimientos

Al Programa Territorial de Ciencia y Técnica, Seguridad Alimentaria, de la Delegación de la Agricultura, por la aprobación y el financiamiento del proyecto 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, al cual tributan los resultados presentados; a la Ing. Yusdiany Pareira Cuellar y a los técnicos Víctor Fonseca y Santiago Gil, integrantes del proyecto y quienes participaron en las colectas de muestras; al Laboratorio de Ensayos Ambientales del Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos por la preparación y medición de las muestras.

Referencias Bibliográficas

- Adriano, D.C. (2001). Trace elements in terrestrial environments. *Biogeochemistry, bioavailability, and risks of metals*. Springer-Verlag
- 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*.
- 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.
- Chen, L.J. (2023, 7 de septiembre). *La función del zinc en el cultivo de plantas*. ED Bloodnic Blog. <https://pthorticulture.com/es>
- 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.
- Cuba. Norma 493 (2015). *Contaminantes Metálicos en Alimentos. Regulaciones Sanitarias. NC 493*.
- Grandez Alva B. J. (2021). *Evaluación de metales pesados en hortalizas de dos procedencias comercializadas en el mercado modelo de Chachapoyas, Amazonas*. [Tesis para obtener el título profesional de Ingeniería Ambiental]. Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental. 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. DOI: [10.1016/j.etap.2020.103563](https://doi.org/10.1016/j.etap.2020.103563)
- Kabata-Pendias, A. & Pendias H. (2000). Trace Elements in Soils and Plants, *CRC Press LLC, Third Edition*, Boca Raton and Estados Unidos
- 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
- 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. DOI: [10.1016/j.agwat.2019.105816](https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105816)
- 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. <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. 184 p.
- 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](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146260)