

Efectos de la contaminación por metales pesados en un suelo con uso agrícola



Effects of the Pollution by Heavy Metals in a Soil with Agricultural Use

<http://opn.to/a/UZ5jD>

MSc. Ambar Rosa Guzmán-Morales ^{1*}, Dr.C. Orestes Cruz-La Paz ¹, Dr.C. Ramiro Valdés-Carmenate ¹

¹Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Agronomía, Grupo Científico FITOPLANT, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

RESUMEN: La comunidad científica reconoce la importancia del suelo como recurso esencial y la necesidad de establecer indicadores que mejoren su productividad con la protección, además, del ambiente, la salud humana y la inocuidad alimentaria. Elementos traza que pueden presentarse en concentraciones elevadas en estos suelos son tóxicos alimentarios y sus efectos negativos sobre la salud se manifiestan a largo plazo. Se reporta el incremento de casos de cáncer, lesiones del sistema nervioso y enfermedades genéticas, como resultado del consumo de aguas y alimentos contaminados con elementos tóxicos. La Fluorescencia de Rayos X Dispersiva en Energía es un método analítico que ha demostrado gran eficacia y adecuados límites de detección. Es una técnica nuclear no destructiva, que permite el análisis multielemental de grandes volúmenes de muestras, a un bajo costo. Por ello el Grupo científico FITOPLANT de la UNAH estudia agroecosistemas afectados por la contaminación ambiental en el municipio San José de las Lajas y propone: evaluar las condicionales de contaminación presentes en suelos con uso agrícola que reciben desechos industriales. El análisis reveló que el suelo se clasifica como medianamente contaminado en Cr, Co, Zn y Pb y con necesidad de remediación urgente debido al contenido de Ni y Cu.

Palabras clave: metales pesados, contaminación.

ABSTRACT: The scientific community recognizes the importance of soil as an essential resource and the need to establish indicators that improve their productivity by protecting them, and, at the same time, the environment, human health and food safety. Trace elements that can be present in high concentrations in these soils are food toxics and their negative effects on health are manifested in the long term. The increase in cancer cases, nervous system injuries and genetic diseases is reported, because of the consumption of water and food contaminated with toxic elements. Energy Dispersive X-ray Fluorescence is an analytical method that has demonstrated high efficiency and adequate detection limits. That non-destructive nuclear technique allows multi-element analysis of large volumes of samples at a low cost. Therefore, the scientific group FITOPLANT of UNAH studies agro ecosystems affected by environmental pollution in the municipality of San José de las Lajas. It proposes to evaluate pollution conditionality in agricultural land that receives industrial waste. The analysis revealed that the soil is classified as moderately contaminated in Cr, Co, Zn and Pb and it needs urgent remediation due to the content of Ni and Cu.

Keywords: heavy metals, pollution.

*Autor para correspondencia: Ambar Rosa Guzmán Morales, e-mail: ambar@unah.edu.cu

Recibido: 15/07/2018

Aceptado: 10/12/2018

INTRODUCCIÓN

El suelo es condición necesaria para la existencia de la vida, aunque no goza de un verdadero reconocimiento de su valor ecológico y su relación con la salud humana. La comunidad científica internacional y las autoridades a nivel mundial han planteado la necesidad de establecer indicadores de calidad del suelo para conservar o mejorar la productividad de la tierra protegiendo al mismo tiempo la calidad ambiental, la salud humana y la calidad de los alimentos. El desarrollo de determinadas actividades industriales puede constituir un riesgo moderado de contaminación ambiental. Dicho riesgo no es solo debido a las emisiones atmosféricas sino también a mala gestión de sus residuos o a un deficiente almacenamiento de las materias primas y productos, que pueden ocasionar fugas de componentes que se acumulan en el suelo ([Valdés et al., 2015](#)). Estos elementos traza son tóxicos alimentarios y sus efectos negativos sobre la salud se manifiestan a largo plazo.

El análisis de suelos urbanos se realiza por diferentes técnicas analíticas. En el caso específico de la determinación de los metales pesados, un método que ha demostrado gran eficacia y adecuados límites de detección en el estudio de suelos urbanos es la Fluorescencia de Rayos X Dispersiva en energía técnica nuclear no destructiva, que permite el análisis multielemental de grandes volúmenes de muestras, de manera independiente del estado físico en que se encuentre y a un costo relativamente bajo ([Echevarría, 2010](#)). En el marco de las alianzas entre la Universidad Agraria de La Habana con el Laboratorio de Análisis Ambiental del Instituto de Tecnología Nuclear (InSTEC), se realiza la determinación de los niveles de contaminación de los suelos agrícolas aledaños a la Empresa Cerámica Blanca de San José de las Lajas, cita en la provincia Mayabeque, donde se cultivan hortalizas de importancia alimenticia y que son reportadas como especies acumuladoras de metales pesados en sus tejidos ([Echevarría, 2010](#)). Por esta razón se propone como objetivo: evaluar las condicionales de contaminación presentes en suelos con uso agrícola que reciben desechos industriales.

MÉTODOS

Ubicación geográfica de la zona de estudio

Las muestras de suelo fueron tomadas en un área de producción aledaña a la zona de vertimiento de la Empresa Cerámica Blanca “Adalberto Vidal”. En esta área desde hace cinco años se advierte el peligro que puede ocasionar el estar produciendo hortalizas en esas tierras, ya que en su mayoría presentan elevados contenidos de metales pesados lo cual puede ser peligroso para la salud humana y animal ([Alarcón et al., 2015](#)) ([Figura 1](#)).

Preparación de muestras y materiales de referencia certificados (MRC)

Los análisis se realizaron en el Laboratorio Analítico del Departamento de Física Nuclear de InSTEC. Las muestras de suelo se tomaron manualmente a una profundidad de 0 - 20 cm, despreciando la capa más superficial. Fueron colocadas en bolsas de polietileno y al igual que los materiales de referencias certificados secadas en estufa a 60 °C hasta peso constante.

Se recolectaron un total de 5 submuestras por parcela en forma de cruceta; las submuestras tomadas en los vértices del rectángulo se obtuvieron con una separación aproximada de 1 m del límite de la parcela, las submuestras de cada parcela se homogenizaron para constituir una muestra única.

Se retiraron de forma manual piedras, plantas, etc. y se tamizaron a 125 µm para luego ser mezcladas con celulosa en una relación 4:1. Después de homogeneizadas se confeccionaron pastillas “infinitamente gruesas”, prensadas a 15 toneladas. La irradiación de las pastillas se realizó por 6h de tiempo vivo, y el tiempo muerto estuvo en todos los casos por debajo del 1 %.

Se utilizaron los siguientes materiales de referencia certificados (MRC): IAEA Soil-5 “SoilSample”, IAEA Soil-7 “SoilSample”, IAEA-356 “Polluted Marine Sediment”, IAEA SL-1 “Lake Sediment” (todos suministrados por la OIEA), BCSS-1 “Marine Sediment” del Consejo Nacional de Investigaciones de Canadá, BCR-2 “Basalt Columbia River”, SGR -1 “Green RiverShale” y MAG-1 “Marine Sediment” estos últimos del Servicio Geológico de los EE.UU. ([PNO.09, 2007](#)).

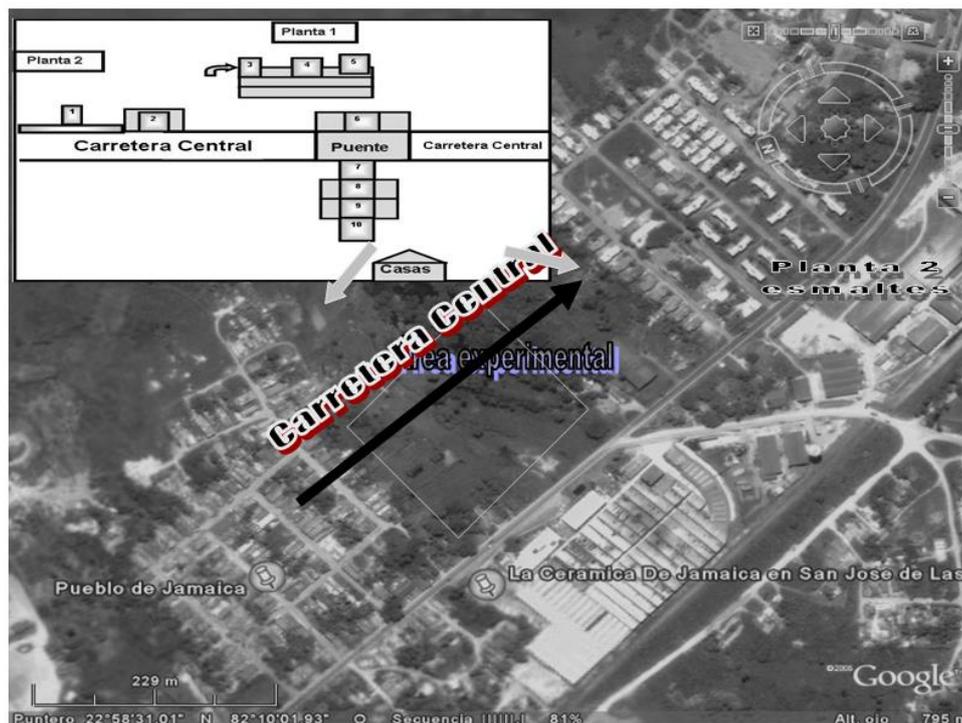


FIGURA 1. Ubicación geográfica del área estudiada.

La intensidad de la radiación característica de cada elemento en cada muestra fue obtenida a partir del procesamiento de los espectros en el programa **winAXIL**, el cual se realizó bajo la premisa de que la composición de las muestras y la de los materiales de referencia es aproximadamente la misma.

Determinación de metales pesados

La concentración de metales pesados se realizó con un detector de alta resolución de Si(Li) para la espectrometría de rayos X y una fuente radioisotópica de ^{238}Pu de fotones de baja energía mediante Fluorescencia de Rayos X-Dispersiva en Energía. Se utilizó una cámara de excitación de aluminio con un colimador para la radiación con características de 1 cm de diámetro y altura del portamuestra ajustable. La mínima distancia fuente-detector fue de 18 mm, la excitación radioisotópica directa fue suministrada por AMERSHAND, la cual tiene un tiempo de vida media de 87 años, una energía de emisión (U - L) de 12-17 KeV con un esquema de desintegración α . Todos los espectros fueron procesados con el código WinAxil versión 4.5.2.

Calidad del Análisis

Para verificar la calidad del análisis de cuantificación, se utilizó el criterio de McFarell

(Quevauviller y Marrier, 1995 según [Echevarría \(2010\)](#)).

En la base de este criterio, hay tres categorías: si $\text{SR} \leq 25\%$, el método se considera *excelente* para el análisis; si $25\% \leq \text{SR} \leq 50\%$, se considera *aceptable* y para valores de $\text{SR} > 50\%$, el método se considera *inaceptable* para la cuantificación.

El análisis del MRC IAEA-Soil-7 (Pszonicki, 1984 según [Echevarría \(2010\)](#)), se presenta en la [Tabla 1](#). Todos los metales pesados a excepción del Cr y del Ni son excelentes. En el caso de los dos metales mencionados anteriormente su alto SR estriba en la poca estadística de conteo, debido a que en suelos naturales sus concentraciones son muy pequeñas.

Evaluación toxicológica y de contaminación de metales pesados en suelos

Según la *Guía holandesa de toxicidad de suelos* ([Figura 2](#)) se establecen las acciones a tomar en caso de contaminación de suelos y de aguas superficiales.

De esta guía se derivan dos valores estándar que garantizan la calidad de los suelos; el *valor de referencia* y el *valor de intervención* ([Swartjes, 1999](#)).

Ambos estándares están basados en riesgos potenciales al ecosistema y al hombre. El valor

de referencia se refiere a un riesgo para el ecosistema, mientras que el valor de intervención incluye también un riesgo potencial para la salud humana.

Para normalizar la aproximación y obtener la concentración real del elemento se estandarizaron a un material de fondo y se definió un factor de enriquecimiento adimensional (FE) como:

$$FE = \frac{\left(\frac{X}{Y}\right)_{muestra}}{\left(\frac{X}{Y}\right)_{fondo}}$$

Donde: X es la concentración del metal potencialmente enriquecido e Y es la concentración del metal de referencia utilizado.

La validez de este factor de enriquecimiento varía con los valores utilizados para los niveles de fondo regionales.

Un factor de enriquecimiento superior a la unidad significa la existencia de una contribución no natural en la concentración determinada de un elemento. La [Tabla 2](#) presenta la clasificación del grado de enriquecimiento en dependencia del valor FE (Birch, 2003 citado por [Echevarría \(2010\)](#).

Para este trabajo se utilizó como metal de referencia para la normalización el hierro, debido a que es un elemento mayoritario de la corteza terrestre, que es apenas influenciado por fuentes

TABLA 1. Análisis por FRX del MRC Soil - 7. Las concentraciones ± su Desviación Estándar están expresados en mg.kg⁻¹, excepto la indicada

Metal	Valor calculado	Valor reportado	SR (%)
Cr	59.9 ± 17.3	60.00	48
Fe (%)	2.13 ± 0.1	2.57	18
Co	9.1 ± 1	8.90	25
Ni	23.3 ± 5.0	26.00	48
Cu	10.1 ± 0.3	11.00	15
Zn	103.6±4.6	104.00	9
Pb	56.1±2.8	60.00	3

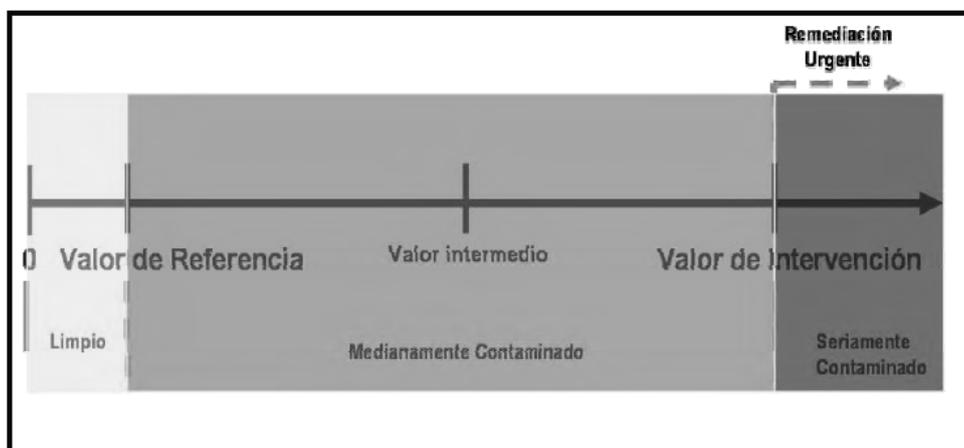


FIGURA 2. Esquema que muestra la relación entre el valor de referencia y el valor de intervención según la guía holandesa de toxicidad de suelos.

TABLA 2. Grado de Enriquecimiento

FE	Grado de Enriquecimiento
> 50	Enriquecimiento extremadamente severo.
25 - 50	Enriquecimiento muy severo.
10 - 25	Enriquecimiento severo.
5 - 10	Enriquecimiento moderado a severo.
3 - 5	Enriquecimiento moderado.
1 - 3	Enriquecimiento menor.
< 1	Sin enriquecimiento.

antropogénicas debido a los altos niveles naturales de este elemento (Pérez, 2016).

Se determinó el índice de polución (IP) y el índice integral de polución (IPI) cuyas ecuaciones aparecen a continuación y según los mismos, los suelos se clasifican en ($IPI \leq 1.0$, $IP \leq 1.0$) pocos contaminados, ($1.0 < IPI \leq 2.0$, $1.0 < IP \leq 3.0$) medianamente contaminados o ($IPI > 2.0$, $IP > 3.0$) altamente contaminados, basados en el criterio de (Martínez et al., 2008):

$$PI = C_i/S_i$$

donde

C - concentración del metal a determinar.

S - concentración del fondo.

$$IPI = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n PI_i$$

n- número de metales pesados.

Se halló el índice de enriquecimiento (IE) a partir de un promedio de la división de la concentración del elemento entre el nivel permisible. El nivel permisible se origina de las concentraciones umbrales del elemento en suelos alrededor de las cuales cultivos producidos son considerados peligrosos para la salud humana (Valdés et al., 2015):

$$IE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C}{LSP}$$

donde:

LSP - es el límite superior permisible.

Si el IE es mayor que 1 en promedio la concentración de los elementos son mayores que los niveles permisibles, lo que es señal de riesgo para la actividad agrícola en la zona de estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido de elementos en el suelo. Valoraciones

Los niveles de concentración de los metales pesados determinados en las muestras de suelo en estudio se muestran en la [Tabla 3](#).

Como era de esperar la concentración de los elementos traza en las muestras de suelo contaminado es muy superior a la determinada en el suelo descontaminado, a excepción del cobalto, donde la diferencia es de solamente 5 unidades. Los valores del suelo contaminado son superiores a los valores de referencia propuestos en las Normas Holandesa de suelos [Swartjes \(1999\)](#), y en el caso del níquel y el cobre, el valor supera al límite de intervención de dichas normas, lo cual clasifica a dicho suelo como medianamente contaminado en Cr, Co, Zn y Pb y con necesidad de remediación urgente debido a las concentraciones de Ni y Cu. A su vez, éstos valores a excepción del cobalto, son muy superiores a los reportados para la corteza terrestre y los propuestos como Límites Superiores Admisibles de ([Kabata-Pendias, 2010](#)).

Los valores encontrados están relacionados directamente con los desechos provenientes de la Empresa Cerámica Blanca “Adalberto Vidal”. Aunque muchos autores reconocen a las emisiones vehiculares como factor importante en el aporte de metales pesados a los suelos [Mohamed y Asem \(2018\)](#) y cabe resaltar que la zona de producción donde se hacen los estudios y la Empresa caracterizada como contaminante

TABLA 3. Concentración de metales pesados en los suelos estudiados en las áreas agrícolas del municipio de San José de las Lajas

	Cr ± std	Co ± std	Ni ± std	Cu ± std	Zn ± std	Pb ± std	Fe(%)± std
Descontaminado	118± 42	15± 4	84± 29	364± 98	117± 40	90± 27	4.54± 1
Contaminado	154± 38	20± 38	317± 25	421± 32	415± 24	173± 31	5.95± 1
VR ^a	100	9	35	36	140	85	
VI ^a	380	240	210	190	720	530	
LSP ^b	100	50	75	100	300	100	
CT ^c	100	25	74	55	70	13	5

a-Valores de Referencia (VR) y de Intervención (VI) de las Normas Holandesas.

b- Límite Superior Permisible en suelos.

c-Valores reportados para la Corteza Terrestre.

están separadas por una carretera de constante movimiento de vehículos (Alarcón *et al.*, 2015).

La normalización al hierro como metal de referencia mostró que existe un Enriquecimiento menor, a excepción del Cu, el cual no presenta enriquecimiento, en los elementos de interés estudiados (Figura 3).

Los métodos de normalización dependen completamente del fondo escogido, en este caso se empleó como fondo muestras de suelo de Playa Baracoa. Lugar alejado de industrias y del tráfico urbano, con lo cual se pretendió obtener un suelo lo menos contaminado posible. Una forma muy sencilla de comprobar si el fondo realmente no está contaminado, es volver a calcular el Factor de Enriquecimiento con un fondo que esté reconocido realmente como tal (Raimundo *et al.*, 2018). Por lo cual se repitieron los cálculos anteriores, pero esta vez utilizando

como fondo la línea de base de La Habana (Echevarría, 2010).

Los nuevos cálculos de Factor de Enriquecimiento muestran diferencias con respecto al Ni y al Cu, los cuales ahora pasan a tener un Enriquecimiento Moderado. El caso más significativo es el Cu, que en el cálculo anterior se clasificaba como No Enriquecido; esto viene relacionado con las concentraciones de Cu, presentes en la muestra escogida como fondo, la cual posee valores de Cu mayores que los reportados para La Habana (Figura 4).

La comparación del Factor de Enriquecimiento utilizando como fondo la línea de base propuesta por Echevarría (2010), muestra resultados similares, lo que válida la elección del fondo. La única diferencia notable viene con respecto al Cu, el cuál pasa de la categoría de Sin

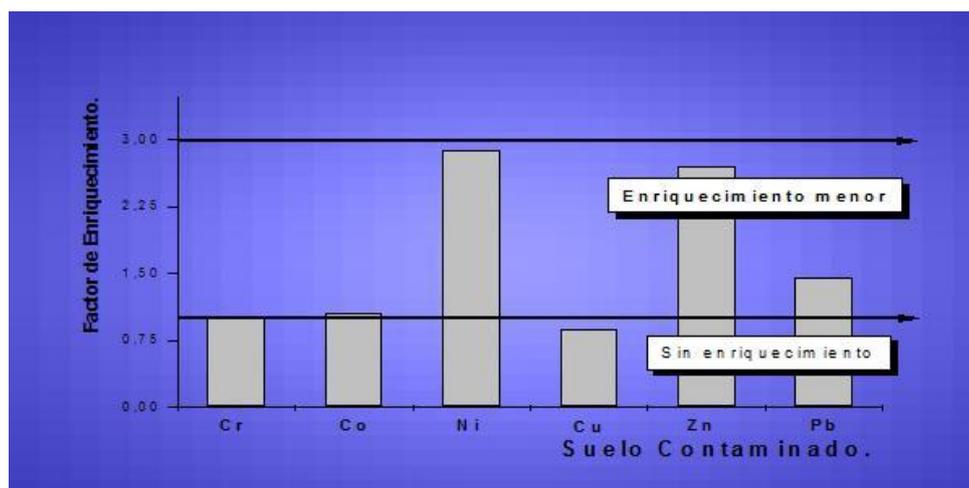


FIGURA 3. Factor de Enriquecimiento (Fondo Playa Baracoa).

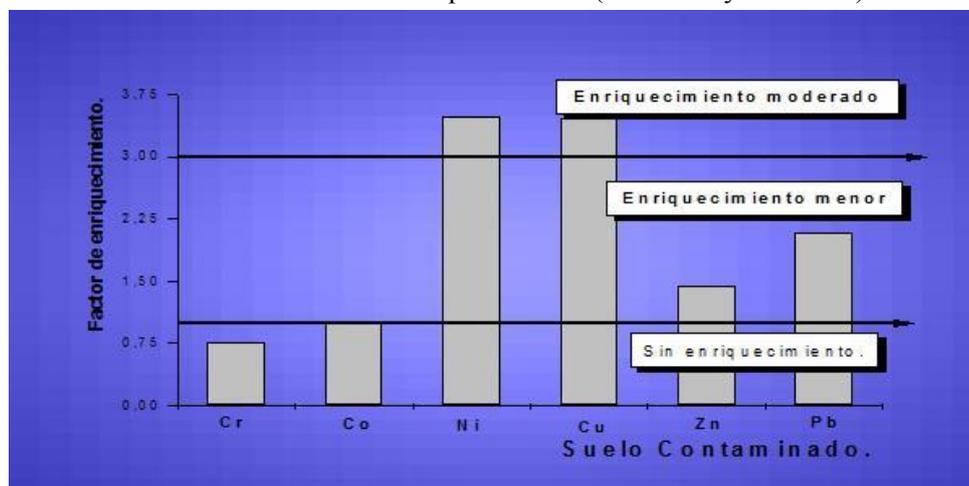


FIGURA 4. Factor de Enriquecimiento (Fondo La Habana).

enriquecimiento (categoría más baja) a Enriquecimiento Moderado (escala tres de cinco posibles); de lo que pudiera sospecharse una contaminación por Cu en los suelos tomados como fondo.

Los metales más enriquecidos según los cálculos son Ni, Cu y Pb; dichos elementos se encuentran en concentraciones muy superiores a los reportados para la media de los suelos agrícolas cubanos (Orroño, 2002; Núñez *et al.*, 2007; Pérez López *et al.*, 2012; Olivares *et al.*, 2013; Muñoz *et al.*, 2014; Pérez, 2016). En la Tabla 4 se muestra además la comparación con los niveles medios aceptables para la producción de alimentos sanos y los niveles medios considerados fitotóxicos, ambos valores quedan también muy por debajo de los obtenidos en los suelos de estudio (Fadigas *et al.*, 2006).

En la Tabla 5 aparecen los valores del IP, IPI y del IE. Como se puede apreciar en casi todos los puntos del área según los valores calculados del IP, para los valores tomados como fondo existe un nivel medio de polución a excepción de los metales Ni y Zn, mientras que el IP calculado con respecto a la Línea de Base de Ciudad de La Habana Echevarría (2010), da como resultado una contaminación alta también en el caso del

Cu. Los valores reportados para IPI reflejan un alto nivel de polución en todos los casos, en éstos el IE da mayor que la unidad, lo cual califica a los suelos como no aptos para el uso agrícola.

CONCLUSIONES

- Los valores del suelo contaminado se mostraron superiores a los valores de referencia propuestos en las Normas Holandesa de suelos.
- El suelo en estudio se clasificó como medianamente contaminado en Cr, Co, Zn y Pb y con necesidad de remediación urgente debido a las concentraciones de Ni y Cu, siendo muy superiores a los reportados para la corteza terrestre y los propuestos como Límites Superiores Admisibles.
- Los métodos de normalización empleados para identificar concentraciones anómalas de metales pesados en el suelo analizado, Factor de Enriquecimiento, clasificó al mismo como Muy Fuertemente Contaminado, la cual es la última y más grave clasificación que posee dicha normalización.

TABLA 4. Datos de tres elementos obtenidos comparados con los niveles medios aceptables para la producción de alimentos sanos y niveles medios considerados fitotóxicos

Metal	Conc. la	Niveles medios aceptables para la producción de alimentos sanos*	Niveles medios considerados fitotóxicos*	Niveles medios en los suelos agrícolas cubanos**
Ni	317	110	300	38
Cu	421	23	100	28,6
Pb	173	20	20	8,2

* (Kabata-Pendias, 2010).

** (Muñoz *et al.*, 2014).

TABLA 5. Resultados de los indicadores evaluados

	IP							IPI	IE
	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Pb			
Fondo	1,30	1,37	3,77	1,16	3,54	1,91	2,17	2,29	
Habana (Línea de Base)*	1,02	1,38	4,70	4,69	1,95	2,81	2,75		

* Línea de Base de ciudad Habana (Echevarría, 2010).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALARCÓN, O.A.: ; SORÍ, A.L.: ; VALDÉS, R.: ; BULNES, C.A.: "Contaminación con metales pesados alrededor de la Empresa de Cerámica Blanca "Adalberto Vidal", San José de las Lajas", *Revista de Gestión del Conocimiento y el Desarrollo Local*, 2(1), 2015.
- ECHEVARRÍA, F.: *Niveles de concentración de metales pesados en suelos urbanos de La Habana por FRX*, 28pp., Tesis (en opción al D. thesis), Instituto de Tecnología Nuclear (InSTEC), Departamento de Física Nuclear, La Habana, Cuba, 2010.
- FADIGAS, F. de S. ; SOBRINHO, N.M. do A. ; MAZUR, N. ; CUNHA DOS ANJOS, L.H. "Estimation of reference values for cadmium, cobalt, chromium, copper, nickel, lead, and zinc in Brazilian soils", *Communications in soil science and plant analysis*, 37(7-8): 945-959, 2006.
- KABATA-PENDIAS, A.: *Trace elements in soils and plants*, Ed. CRC press, Third edition ed. , pp. 413, Boca Ratón, USA, 2010.
- MARTÍNEZ, J.; LLAMAS, J. ; DE MIGUEL, E. ; REY, J. ; HIDALGO, M.: "Soil contamination from urban and industrial activity: example of the mining district of Linares (southern Spain)", *Environmental geology*, ISSN-0943-0105, 54(4): 669-677, 2008.
- MOHAMED, A.Y.: ; ASEM, M.A.E.: "Accumulation and Translocation of Heavy Metals in Eggplant (*Solanum melongena* L.) Grown in a Contaminated Soil", *Journal of Energy, Environmental & Chemical Engineering*, 3(1): 9-18, 2018.
- MUÑIZ, O.L.: ; RODRÍGUEZ, M.: ; MONTERO, A.: ; MIRANDA, B.C.: ; DE AGUIAR, A.M.: ; ARAUJO, C.W.: "Criterios de calidad de los suelos cubanos en relación a metales pesados", [en línea] En: *Evento latinoamericano de suelos*, Universidad La Molina, Perú, 2014. Disponible en: <http://www.Lamolina.edu.pe> [Consulta: 6 de febrero de 2018].
- NÚÑEZ, A.: ; MARTÍNEZ, S.: ; MORENO, S.: ; CÁRDENAS, M.: ; GARCÍA, G.: ; HERNÁNDEZ, J.: ; RODRÍGUEZ, A.: ; CASTILLO, I.: ; FCB, U.: "Determinación de metales pesados (aluminio, plomo, cadmio y níquel) en rábano (*Raphanus sativus* L.), brócoli (*Brassica oleracea* L. var. italica) y calabacín (*Cucurbita pepo* L. var. italica)", *Laboratorio de Química Analítica de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México*, 1: 1-8, 2007.
- OLIVARES, S.: ; GARCÍA CÉSPEDES, D.: ; LIMA CAZORLA, L.: ; SABORIT SÁNCHEZ, I.: ; LLIZO CASALS, A.: ; PÉREZ ALVARES, P.: "Niveles de Cadmio, Plomo, Cobre y Zinc en Hortalizas cultivadas en una zona altamente urbanizada de la ciudad de la Habana, Cuba", *Revista internacional de contaminación ambiental*, 29(4): 285-294, 2013.
- ORROÑO, I.: "Acumulación de metales (cadmio, zinc, cobre, cromo, níquel y plomo) en especies del género *Pelargonium*: suministro desde el suelo, ubicación en la planta y toxicidad", *Universidad de Buenos Aires*, , 2002.
- PÉREZ LÓPEZ, Y. ; MOURA DO AMARAL SOBRINHO, N. ; BALBÍN ARIAS, M.I. ; VALDÉS CARMENATE, R. ; LIMA MAGALHÃES, M.O. "Contenido de elementos metálicos en suelos característicos del municipio San José de las Lajas", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21(1): 43-46, 2012.
- PÉREZ, Y.: *Valores de referencia de metales pesados para suelos agrícolas de Cuba*, Tesis (en opción al Dr. thesis), Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Agronomía, Departamento de Producción Agrícola, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, 2016.
- PNO.09: *Determinación de Cadmio, Plomo, Zinc y Cobre en vegetales frescos. Laboratorio de Análisis Ambiental* , GAA. PNO.09, 8pp., Servicio Geológico, USA, 2007.
- RAIMUNDO, N.D.: ; CHENG, Y.: ; SHI, W.: "Management of Soil Contaminants in Guinea-Bissau", *International Journal of*

Environmental Monitoring and Analysis, 6(1):
26-39, 2018.

SWARTJES, F.A.: "Risk-based assessment of soil and groundwater quality in the Netherlands: standards and remediation urgency", *Risk Analysis*, 19(6): 1235-1249, 1999.

VALDÉS, R.: ; GURIDI, F.: ; BALBIN, M.I.: "Riesgo agroambiental por MP en suelos con cultivares de *Oryza sativa* L. y *S. tuberosum* L.", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN-1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 24(1): 44-50, 2015.

Ambar Rosa Guzmán Morales, Prof. Auxiliar, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Agronomía, Grupo Científico FITOPLANT, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: ambar@unah.edu.cu

Orestes Cruz La Paz, e-mail: ambar@unah.edu.cu

Ramiro Valdés Carmenate, e-mail: ambar@unah.edu.cu

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.